

# Analiza eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon

---

**Vdović, Kristina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:226819>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 26. svibnja 2015.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**  
Predmet: **Cestovna prijevozna sredstva**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 1796**

Pristupnik: **Kristina Vdović (0135223843)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon**


Opis zadatka:

U Završnom radu potrebno je analizirati glavne značajke vozila na alternativni pogon. Opisati vrste pogona cestovnih vozila te analizirati vrste alternativnih pogona kod cestovnih vozila. Objasniti tehničko - eksploatacijske karakteristike vozila na alternativni pogon te analizirati njihove prednosti i nedostatke.

Zadatak uručen pristupniku: 11. ožujka 2015.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
\_\_\_\_\_  
izv. prof. dr. sc. Goran Zovak

\_\_\_\_\_

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Kristina Vdović**

**ANALIZA EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI VOZILA NA  
ALTERNATIVNI POGON**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2015.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

**ANALIZA EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI VOZILA NA  
ALTERNATIVNI POGON**  
**EXPLOTATION ANALYSIS OF FEATURES FOR VEHICLES  
ON ALTERNATIVE DRIVE SYSTEM**

Mentor: prof. dr. sc. Goran Zovak

Student: Kristina Vdović, 0135223843

Zagreb, 2015

**SAŽETAK**

Svjedoci smo da se svaki dan povećava broj vozila po cestama. Povećanjem broja vozila na cestama sve je više ugroženiji okoliš u kojem živimo zbog ispušnih plinova iz tih istih vozila. Kako bi se smanjio štetni utjecaj ispušnih plinova na okoliš, autoindustrija sve više istražuje alternativna goriva koja bi koristila vozila, a koja njihovom uporabom ne bi toliko štetila okolišu. Postoje i drugi razlozi zašto bi trebali koristiti alternativna goriva a ne naftu. Jedan od razloga je taj što se uporabom alternativnih goriva smanjuje i buka koju stvaraju vozila tijekom svog rada. Jedan od važnijih razloga za sve većim proučavanjem alternativnih goriva je i taj što se sve više smanjuju rezerve nafte pa je do njene potrošnje potrebno istražiti alternativna goriva koja bi ju na kraju zamijenila. Korištenjem hibridnih vozila ili vozila koja su pogonjena na biodiezel, plin i struju štedimo i novac jer troše i manje goriva od vozila koja su pogonjena klasičnim gorivima.

Ključne riječi: alternativna goriva; vozilo; hibridna vozila; biodiezel; plin.

## **SUMMARY**

We are daily witnessing the increase in the number of vehicles on the roads. Due to this increase the environment in which we live is getting more and more endangered because of the exhaust fumes from those vehicles. In order to decrease the dangerous impact of exhaust fumes to the environment, automotive industry is carrying out a number of researches in alternative fuels used by vehicles which would not harm the environment in that extent. There are other reasons why we should use alternative fuels and not oil. One of the reasons is that by using alternative fuels the level of noise made by vehicles is reduced too. Another important reason for more extensive research into alternative fuels is that the oil reserves are reducing so it is necessary to investigate alternative fuels before we exploit oil. The usage of hybrid vehicles or vehicles run by biodiesel, gas or electricity also saves money because such vehicles consume less fuel than those run by classic fuels.

Key words: alternative fuels, vehicle, hybrid vehicles, biodiesel, gas.

## **SADRŽAJ**

|  |    |
|--|----|
| 1) UVOD.....   | 1  |
| 2) POGON CESTOVNIH VOZILA.....                             | 3  |
| 2.1. MOTORI S VANJSKIM IZGARANJEM.....                     | 4  |
| 2.2. MOTORI S UNUTARNJIM IZGARANJEM.....                   | 6  |
| 2.2.1. OPIS RADA DVOTAKTNOG MOTORA.....                    | 7  |
| 2.2.2. OPIS RADA ČETVEROTAKTNOG MOTORA.....                | 8  |
| 2.2.3. OPIS RADA BENZINSKOG MOTORA(OTTO MOTOR).....        | 9  |
| 2.2.4. OPIS RADA DIEZEL MOTORA.....                        | 11 |
| 3) EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE CESTOVNIH VOZILA.....          | 13 |
| 3.1. EKONOMIČNOST VOZILA.....                              | 13 |
| 3.2. DINAMIČNOST VOZILA.....                               | 14 |
| 3.3. POUZDANOST VOZILA.....                                | 15 |
| 3.4. KAPACITET VOZILA.....                                 | 15 |
| 3.5. UDOBNOST KORIŠTENJA VOZILA.....                       | 16 |
| 3.6. SIGURNOST KORIŠTENJA VOZILA.....                      | 16 |
| 3.7. PROHODNOST VOZILA.....                                | 17 |
| 3.8. POGODNOST KONSTRUKCIJE VOZILA ZA ODRŽAVANJE.....      | 18 |
| 4) VRSTE ALTERNATIVNIH POGONA CESTOVNIH VOZILA.....        | 19 |
| 4.1. BIODIEZEL KAO ALTERNATIVNO GORIVO.....                | 20 |
| 4.2. ELEKTRIČNA ENERGIJA KAO ALTERNATIVNO GORIVO.....      | 23 |
| 4.3. VODIK KAO ALTERNATIVNO GORIVO.....                    | 25 |
| 4.4. PLIN KAO ALTERNATIVNO GORIVO.....                     | 26 |
| 5) PREDNOSTI I NEDOSTACI VOZILA NA ALTERNATIVNI POGON..... | 28 |
| 5.1. HIBRIDNA VOZILA.....                                  | 28 |
| 5.1.1. PARALELNI HIBRID.....                               | 29 |
| 5.1.2. SERIJSKI HIBRID.....                                | 29 |

|   |    |
|---|----|
| 5.1.3. SERIJSKO-PARALELNI HIBRID.....                                   | 30 |
| 5.1.4. PLUG-IN HIBRID.....  | 30 |
| 5.1.5. HIBRID S GORIVIM ČELIJAMA.....                                   | 30 |
| 5.2. PREDNOSTI AUTOPLINA U ODNOSU NA BENZINSKO GORIVO.....              | 31 |
| 5.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI BIODIEZELA U ODNOSU NA DIEZEL<br>GORIVO..... | 32 |
| 5.4. PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE ELEKTROMOTORA.....                  | 34 |
| 5.5. PREDNOSTI I NEDOSTACI HIBRIDNIH VOZLA.....                         | 34 |
| 6) RAZVOJNE MOGUĆNOSTI CESTOVNIH VOZILA NA ALTERNATIVNI<br>POGON.....   | 36 |
| 7) ZAKLJUČAK.....   | 38 |
| LITERATURA.....   | 39 |
| POPIS SLIKA.....  | 40 |
| POPIS TABLICA.....  | 41 |

Vozilo je svako prijevozno sredstvo namijenjeno kretanju po cesti, osim dječjih prijevoznih sredstava, prijevoznih sredstava na osobni ili motorni pogon za osobe s invaliditetom ili starije osobe, ako se pritom ne kreću brzinom većom od brzine čovječjeg hoda. Cestovna vozila na motorni pogon su vozila za prijevoz putnika i robe na kopnu ali ne po tračnicama. Za prijevoz se koriste već izgrađenim prometnicama. To su osobni automobili, teretna vozila ili kamioni, kombinirana vozila ili kombiji te motocikli. Smatra se da je prvo samohodno vozilo – automobil pokretan parnom turbinom 1672. izradio belgijski jezuit Ferdinand Verbiest na dvoru kineskog cara.

U posljednjim se godinama pojavljuju osobni automobili s hibridnim pogonom kojeg čini kombinacija benzinskog i električnog motora. Na kratkim udaljenostima u gradu oni pokazuju ekološki gotovo idealne značajke. U današnje se doba također intenzivno radi na razvoju električnog automobila. U kratkom razdoblju čovječanstvo je postalo svjesno problema budućnosti Zemlje.

Naslov završnog rada je: **Analiza eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon.**

Rad je podijeljen na sedam cjelina:

1. Uvod
2. Pogon cestovnih vozila
3. Eksploatacijsko-tehnička obilježja cestovnih vozila
4. Vrste alternativnih pogona cestovnih vozila
5. Prednosti i nedostaci vozila na alternativni pogon
6. Prednosti i nedostaci vozila na alternativni pogon
7. Zaključak

U drugom je poglavlju opisana podjela klasičnih vozila s obzirom na pogon koji koriste. Opisan je rad motora s unutarnjim i vanjskim izgaranjem, rad dvotaktnih i četverotaktnih motora, njihove prednosti i mane te princip rada Otto i Diezel motora.

Treće poglavlje obuhvaća eksploatacijsko-tehnička obilježja cestovnih vozila. Osnovne eksploatacijske - tehničke značajke koje su opisane u trećem poglavlju su: dinamičnost, ekonomičnost, pouzdanost, vijek trajanja, kapacitet, kompleksna udobnost, sigurnost, prohodnost i pogodnost konstrukcije vozila za održavanje.



U četvrtom poglavlju nabrojane su vrste alternativnih goriva, kako se dobivaju alternativna goriva i pozitivni učinci hibridnih vozila te ostalih vozila na alternativni pogon nad standardnim vozilima.

Peto poglavlje obuhvaća sve prednosti i mane vozila na alternativni pogon u odnosu na vozila koja koriste klasične pogone.

U šestom su poglavlju obuhvaćeni odgovori na pitanja poput: zašto bi vozač želio hibridno vozilo, kakva je povezanost ekologije i hibridnih vozila, kakva je tendencija razvoja hibridnih vozila i zbog čega se sve više potiče čovjekova svijest o korištenju vozila na alternativni pogon.

## **1) POGON CESTOVNIH VOZILA**

Vozila se dijele prema različitim kriterijima, kao što su uporabna svojstva, konstrukcijske značajke, vrsta motora, sposobnost svladavanja terenskih prepreka i sl. Prema uporabnim kriterijima cestovna vozila mogu biti motorna vozila, prikjučna vozila (prikolice) i njihove kombinacije. Motorna se vozila dijele na automobile i motorkotače, a automobili mogu biti osobni, gospodarski, specijalni ili trkaći. Prema obliku karoserije, u kategoriji *osobnih automobila* razlikuju se: *limuzina* (zatvorena nadgradnja s čvrstim krovom), *coupé* (čvrsta nadgradnja, dvoja bočna vrata, smanjen prostor u predjelu stražnjega sjedala), *kabriolet* (mogućnost sklapanja krova), *kombi* (čvrsta nadgradnja, dvoja ili četvora bočna vrata i stražnja vrata, mogućnost prijevoza voluminoznog tereta, ili do 9 putnika), *terenski automobil* (viša izdignutost od tla, u pravilu pogon na sva 4 kotača). U skupinu *gospodarskih vozila* ubrajaju se autobusi i teretna vozila.

Cestovna motorna vozila dijele se na:

- bicikle s motorom i mopede
- motocikle
- automobile
- autobusi i trolejbusi
- teretna vozila
- vučna vozila
- specijalna vozila

Bicikl s motorom i moped je motorno vozilo na dva ili tri kotača čiji radni obujam benzinskog motora nije veći od  $50 \text{ cm}^3$  ili čija trajna snaga u slučaju elektromotora ne prelazi  $4 \text{ kW}$  i koje na ravnoj cesti ne može razviti brzinu veću od  $50 \text{ km}$  na sat. [11]

Motocikl je motorno vozilo na dva kotača čiji je radni obujam motora veći od  $50 \text{ cm}^3$  s bočnom prikolicom, ili bez nje i/ili koje na ravnoj cesti može razviti brzinu veću od  $50 \text{ km/h}$ . [11]

Osobni automobil je motorno vozilo namijenjeno za prijevoz osoba koje, osim sjedala za vozača, ima najviše osam sjedala. [11]

Autobus je motorno vozilo namijenjeno za prijevoz osoba koje, osim sjedala za vozača, ima više od osam sjedala. Autobus može biti izveden za gradski, prigradski, međugradski promet ili za turističke svrhe. [11]

Trolejbus je motorno vozilo namijenjeno za prijevoz osoba koje, osim sjedala za vozača, ima više od osam sjedala i koje je, radi napajanja motora električnom energijom, vezano za električni vodič. [11]

Teretno vozilo je svako motorno vozilo koje je namijenjeno za prijevoz stvari, a prema namjeni, može biti izvedeno sa zatvorenim, otvorenim ili prevrtnim tovarnim sandukom. [11]

Vučno vozilo je motorno vozilo koje je po svojoj konstrukciji i uređajima namijenjeno vuči priključnih vozila ili oruđa. [11]

Specijalna vozila su motorna vozila namijenjena za specijalne svrhe odnosno za prijevoz specijalnih tereta. Ovoj grupi vozila pripadaju: ambulantna i vatrogasna vozila, auto dizalice, vozila za odvoz smeća, vozila za čišćenje. [11]

Vrste motora cestovnih vozila su:

- Motori s unutarnjim izgaranjem (SUI)<sup>1</sup> koji se dijele na: klipne motore, rotacione (Wankel), plinska turbina
- Motori s vanjskim izgaranjem (SVI)<sup>2</sup>: stapni parni stroj, parna turbina, Stirling motor
- Električni pogon s izvorom energije: baterije, gorive ćelije, solarna energija

## 2.1. MOTORI S VANJSKIM IZGARANJEM

Stapni parni stroj je najstariji samostalni pogonski stroj. Iako je snaga vodene pare bila poznata još starim Greima, izumiteljem pravog parnog stroja smatra se James Watt krajem 18. stoljeća. Jedan od najstarijih automobila izradio je Francuz Nicolas Joseph Cugnot – 1769.g. Pokretao ga je parni stroj, a bio je namijenjen za transport topova. Upravljivost mu nije bila vrlina – na slici 1 se vidi kako se zabio u kameni zid.

---

<sup>1</sup> SUI motori su motori s unutarnjim izgaranjem kod kojih gorivo izgara u radnom prostoru koji služi i za pretvaranje kemijske energije goriva u toplinsku energiju, a potom iz toplinske energije u mehanički rad. Prema vrsti goriva i procesu koji se odvija u motorima razlikujemo: benzinski (*Otto-motor*) i dizelski motor.

<sup>2</sup> SVI motori s vanjskim izgaranjem

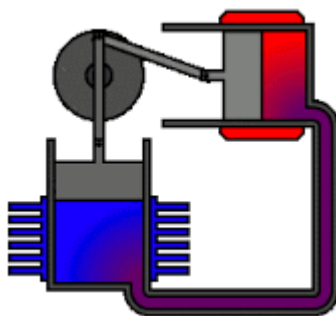


Slika 1. Prvi automobil 1769. godine.

Izvor: [12]

Prva cestovna vozila imala su parni, dok se nije usavršio benzinski motor. Parni strojevi su u početku bili brži i jači od benzinskih motora.

Slika 2 prikazuje Stirling motor koji je patentirao Robert Stirling 1816. god. Stirling motor spada u grupu toplinskih motora s najvišom termodinamičkom korisnošću i pri istim uvjetima postiže bitno višu termičku korisnost nego npr. dizel motor ili bilo koji motor s drugim kružnim procesom. Motor izvana dovedenu toplinu pretvara u mehanički rad, a toplina se potom dovodi plinovitom radnom mediju u “vrući” cilindar. Medij ekspankira i potiskuje klip u “hladnom” cilindru, te se tada hladi i smanjuje volumen. Ciklus se zatim ponavlja. Ne proizvodi se serijski, jer da bi bio ekonomski isplativ, motor mora raditi na ekstremnim temperaturama, koje danas raspoloživi materijali ne mogu zadovoljiti.



Slika 2 Stirling motor 1816. godine.

Izvor: [13]

## 2.2. MOTORI S UNUTARNJIM IZGARANJEM

Motori s unutarnjim izgaranjem su Wankel motori, plinska turbina te klipni motori.

Plinska turbina radi na istom principu kao mlazni motor. Umjesto snage mlaza, koristi se snaga na izlaznom vratilu. Plinska turbina se rijetko koristi kod cestovnih vozila. Danas se koristi za vojne potrebe.

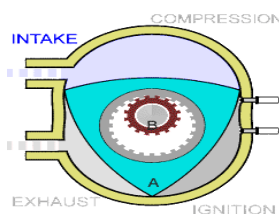
Rotacioni motor Wankel radi na principu Otto ili Diesel motora ali se radni ciklusi odvijaju u komorama u obliku trohoide oko trokutnog rotacionog klipa. Patentirao ga je 1960. Felix Wankel. [11]

Prednosti Wankel motora su:

- Jednostavnost – radni mehanizam ima samo dva pokretna dijela: trokutni rotor i izlazno vratilo. Iz tog razloga nema potrebu za ventilskim mehanizmom jer klip sam otvara i zatvara usis i ispuh.
- Trokutni klip vrši rotaciono gibanje – za razliku od klasičnih motora ne treba klipni mehanizam za pretvorbu linearnog u rotaciono gibanje
- Kompaktnost – postoje tri prostora pa pri svakom okretaju obavi tri radna takta
- Velika snaga iz male radne zapremine

Nedostaci Wankel motora su:

- Visoka emisija štetnih plinova
- Nedovoljna trajnost i visoka potrošnja goriva



Slika 3 Wankel motor

Izvor: [14]

Danas se za pogon cestovnih vozila najviše koriste klipni motori s unutarnjim izgaranjem, a to su Otto ( gorivo – benzin ili plin ) i Diesel ( gorivo – nafta ). Motor s unutarnjim izgaranjem pretvara toplinsku energiju u koristan mehanički rad. Mogu biti dvotaktni i četverotaktni.

### 2.2.1. OPIS RADA DVOTAKTNOG MOTORA

Princip rada dvotaktnog motora je jednostavan. Dvotaktni motor ima dva takta, prvi takt sadrži usis i komprimiranje zraka, dok je drugi takt radni, odnosno sadrži ekspanziju i ispuh. Kretanjem klipa iz donje mrtve točke (u daljnjem tekstu *DMT*) započinje prvi takt. Na donjem dijelu košuljice cilindra nalaze se usisni kanali za usisavanje svježeg zraka kojeg potiskuje puhalo. Prolaskom klipa iznad usisnih kanala prestaje dotok svježeg zraka i počinje komprimiranje zraka. Klip se kreće ka gornjoj mrtvoj točki (u daljnjem tekstu *GMT*). Kada klip stigne u GMT započinje radni takt. Međutim, ubrizgavanje goriva započinje nekoliko stupnjeva prije GMT. Ubrizgavanjem goriva u prostor cilindra, ono se samo zapaljuje zbog visoke temperature komprimiranog zraka i fino raspršenih čestica goriva. Gorivo se ubrizgava pod tlakom od oko 150 bara a, nakon ekspanzije klip kreće prema DMT i okreće koljenasto vratilo na koje je spojen preko križne glave i spojnice. Ispuh počinje kada klip svojim gibanjem prema DMT otvori ispušne kanale na košuljici cilindra, koji su smješteni iznad usisnih kanala. Tada većina izgorene smjese izađe izvan prostora cilindra, kako bi nakon što klip otvori usisne kanale svježi zrak pomogao ispiranju cilindra od izgorene smjese. Dolaskom klipa u DMT završava radni takt i započinje prvi. Gornji opis je opis dvotaktnog Diesel motora, a za benzinske motore postoji par razlika. U cilindar se ubacuje smjesa zraka i goriva, koja se tlači, te se potom nekoliko stupnjeva prije GMT pali iskrom iz svjećice. [11]

Prednosti rada dvotaktnih motora su:

- jednostavni - mali broj dijelova (ne treba ventile ni razvod)
- jeftini
- mala težina
- visoka brzina vrtnje

- može raditi u bilo kojem položaju

Mane dvotaktnih motora su:

- veća emisija štetnih plinova (zbog lošije izmjene medija i izgorenog ulja za podmazivanje)
- troše više goriva (dio smjese zraka i goriva pobjegne kroz ispuh)
- loše kočenje vozila motorom
- veća potrošnja ulja za podmazivanje

### **2.2.2. OPIS RADA ČETVEROTAKTNOG MOTORA**

Princip rada četverotaktnih motora je malo složeniji od rada dvotaktnog motora. Četverotaktni motor ima četiri takta. Prvi takt je usis gorive smjese ili zraka. Kretnjom klipa iz GMT prema DMT otvara se usisni ventil koji se zatvara nešto prije dolaska klipa u DMT. Slijedi drugi takt ili komprimiranje smjese (zraka). Kretnjom klipa iz DMT prema GMT klip komprimira smjesu (zrak) koja se pali nekoliko stupnjeva prije GMT. Kod benzinskih motora svjećica pali smjesu zraka i benzina, a kod dizel motora gorivo se ubrizgava u cilindar u kojem je stlačeni zrak visoke temperature i ono se samo zapaljuje. Treći takt je ekspanzija koja je radni takt, a klip se giba iz GMT prema DMT eksplozijom nastalom zapaljivanjem smjese. Nešto prije DMT otvara se ispušni ventil i klip svojim gibanjem prema GMT istiskuje izgorenu smjesu izvan cilindra. Također netom prije GMT otvara se usisni ventil koji dodatno pospješuje ispiranje cilindra. Dolaskom klipa u GMT zatvara se ispušni ventil i završava ispušni takt, te proces počinje ispočetka. [11]

Prednosti rada četverotaktnih motora su:

- ekonomični u radu
- manja emisija štetnih plinova
- dobro kočenje vozila motorom (benzinski motori s klasičnim ventilskim razvodom)

Mane četverotaktnih motora su:

- komplicirana konstrukcija
- skuplji
- veća težina

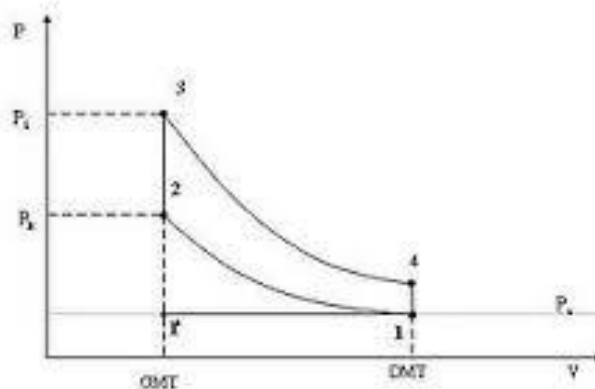
### 2.2.3. OPIS RADA BENZINSKOG MOTORA (OTTO MOTORA)

Godine 1876. Nicolaus August Otto je ostvario proces u motorima s unutarnjim izgaranjem kojeg danas nazivamo Otto proces. Otto proces je odredio današnje procese u benzinskim motorima. Kod njega je značajno da se goriva smjesa tada stvarala izvan cilindra (rasplinjač), pri temperaturama koje su slične temperaturi okoline. Pri tome su se za proces upotrebljavala plinovita ili lako hlapljiva goriva, dok danas najčešće benzin. Danas je moguće i stvaranje smjese u cilindru. Goriva smjesa se ubacuje u cilindar pri atmosferskom tlaku (ili blizu atmosferskog tlaka), komprimira se u njemu i zatim pali. Kako je u cilindru smjesa goriva i zraka, omjer kompresije ne smije biti preveliki da se ne bi dogodilo samozapaljenje smjese. Samozapaljenje kod Otto procesa se mora izbjeći, a paljenje se vrši pomoću iskre koju baca svjećica u točno određenom trenutku. Omjer kompresije stoga ne smije biti velik, nego je on razmjerno nizak i kreće se od 6:1 do 10:1, u posebnim slučajevima danas do 15:1 (kod posebnih izvedbi na plin). Otto motor može biti dvotaktni i četverotaktni. Svojstvo otpornosti goriva na samozapaljenje (detonacije) se mjeri oktanskim brojem pošto kod benzinskih motora gorivo mora izdržati temperaturu uslijed tlaka u cilindru da se ne zapali samo od sebe (detonira) prije nego to učini električna iskra. Oktanski broj se određuje uspoređivanjem detonacije ispitivanog goriva sa detonacijom koja nastaje izgaranjem odgovarajuće smjese izo-oktana i n-heptana (normalnog heptana) poznatog sastava pri istom tlaku. [11]

Smatra se da je oktanski broj

- izo-oktan = 100
- n-heptan = 0





Slika 4 Teoretski dijagram Otto motora.

Izvor: [15]

Na slici 5 prikazan je idealni  $p$ - $V$  dijagram Otto procesa. U točki 1 na dijagramu (klip u DMT) smjesa goriva i zraka se ubacuje u cilindar i tada počinje kompresija, tj. gibanje klipa prema GMT. Smjesa se komprimira, raste joj tlak i temperatura, a smanjuje se zapremnina. Ovaj proces traje sve do GMT i točke 2 kada svjećica baca iskru i pali smjesu. Smjesa trenutno izgara povećavajući tlak i temperaturu u cilindru, pri konstantnoj zapremini, sve do točke 3 kada je završilo izgaranje i kada klip započinje svoje gibanje ka DMT u, tj. procesu ekspanzije. Ekspanzija traje do točke 4 kada klip stiže u DMT. Tada nastupa ispuh, tlak i temperatura u cilindru padaju sve do točke 1. U točki 1 započinje izmjena medija koja traje od 1 preko 1' te natrag do 1, kada počinje novi ciklus. Tijekom teoretskog procesa izgaranje i izmjena medija se događja trenutno u mrtvim točkama, a kompletan proces je zamišljen bez izmjene topline s okolinom, tj. adijabatski.

#### 2.2.4. OPIS RADA DIZEL MOTORA

Kod dizelskih motora je potreban omjer kompresije do 22:1, da bi se u cilindrima stisnuti zrak mogao dovoljno ugrijati za samozapaljenje dizelskog goriva. Prostor za izgaranje u dizel motoru je manji nego u benzinskom jednake radne zapremine, ali zbog velike

kompresije mnogo je povoljnija potrošnja goriva. Gorivo se uštrcava pumpom koja se okreće s polovicom okretaja koljenastog vratila. Mlaznice (dizne) kojih ima u svakom cilindru po jedna u pravom trenutku uštrcaju pravu količinu goriva i to po redosljedu paljenja u cilindrima. Po većini svojih sastavnih dijelova diesel motor je istovjetan benzinskom motoru. Oba motora imaju klip, košuljicu, glavu, i sustav prijenosa gibanja iz pravocrtnog u kružni. Obje vrste motora mogu biti izvedene kao dvotaktni i kao četverotaktni motor. Jedina prava razlika je kod sustava goriva i njegovog paljenja, koji se potpuno razlikuju kod ova dva tipa motora. Kod benzinskog motora, smjesa goriva i zraka se stvara izvan cilindra i tijekom usisa se smjesa ubacuje u cilindar i komprimira. Paljenje komprimirane smjese se vrši svjećicom. Diesel motor usisava samo zrak, a kako ima veći stupanj kompresije, tlači zrak na veću temperaturu (700 do 900 stupnjeva C) i na veći tlak. Gorivo se pri kraju kompresije ubacuje u cilindar, uz pomoć sisaljke koja postiže veliki tlak (visokotlačna sisaljka) i uređaja koji gorivo raspršuje na sitne kapljice (rasprskič). Sitne kapljice goriva se uslijed visoke temperature okoline samozapaljuju i tako proizvode energiju unutar cilindra. Osnovne razlike između Ottova i Dieselova procesa su u krajnjem tlaku kompresije koji je znatno veći kod Dieselova procesa, a time i u temperaturi na kraju kompresije. Također, vrijeme izgaranja kod Ottova procesa je kraće, jer je smjesa već napravljena izvan cilindra, te se ne troši vrijeme na stvaranje smjese, a i samo gorivo se razlikuje po sastavu, te gorivo za Otto motore lakše izgara od goriva za Diesel motore. Automobilski dizel motori obično imaju grijač, koji olakšava pokretanje hladnog motora na taj način da prije pokretanja žari toliko dugo da se zrak u cilindrima ugrije na dovoljno visoku temperaturu da bi se plinsko ulje spalilo. [11]

Četiri takta u dizel motoru smjenjuju se u četiri koraka:

- Usisni takt: čisti zrak se usisava u cilindar.
- Kompresijski takt: prije nego što klip dođe u gornju mrtvu točku, mlaznica uštrca gorivo i ono se zapali.
- Radni takt: plinovi koji se šire pritisnu klip prema dolje.
- Ispušni takt: klip u gibanju prema gore istiskuje plinove u ispuh

## **2) EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE CESTOVNIH VOZILA**

Pod eksploatacijskim – tehničkim obilježjima podrazumijeva se niz međusobno povezanih karakteristika, od kojih zavisi pogodnost vozila za korištenje pod različitim uvjetima. Osnovne eksploatacijske – tehničke značajke su: dinamičnost, ekonomičnost, pouzdanost, vijek trajanja, kapacitet, kompleksna udobnost, sigurnost, prohodnost i pogodnost konstrukcije vozila za održavanje. Kako su ove karakteristike međusobno povezane potrebno je paziti da poboljšanje jedne ne dovede do pogoršanja jedne ili više drugih karakteristika.

Ukoliko su ove karakteristike vozila poznate, moguće je odabrati vozilo koje će dati najbolje rezultate pri korištenju u različitim uvjetima kao što su klimatski, transportni i putni uvjeti.

### **3.1. EKONOMIČNOST VOZILA**

Analiza ekonomičnosti izvodi se na analizi transportnog rada, tj. na analizi transporta određene količine robe ili broja putnika na određenoj relaciji. Na osnovi utrošenog pogonskog materijala, rezervnih dijelova i ljudskog rada na jedinici transportnog rada ocjenjuje se ekonomičnost vozila ili voznog parka. Potrošnja goriva jedan je od važnijih pokazatelja ekonomičnosti motornog vozila. Troškovi potrošnje goriva, kao direktni troškovi pri transportu robe i/ili putnika kao i pri izvođenju određenih radnji (traktori, radni strojevi, građevinski strojevi i sl.) predstavljaju trošak od čije vrijednosti zavisi ishod finansijskih rezultata.[4] Sa povećavanjem nosivosti vozila dolazi do smanjenja goriva po jedinici rada. U faktore koji utječu na potrošnju goriva motornog vozila svrstavaju se oni koji ne zavise o konstrukciji vozila (klimatski uvjeti, kvaliteta goriva, vrsta puta, režimi korištenja održavanja, vještina upravljanja itd.) i oni koji zavise o konstrukciji motornih vozila (masa vozila, aerodinamičnost itd. )

Postoje tri mjere koje dovode do smanjenja potrošnje goriva:

- poboljšanje sistema motora
- poboljšanje sistema transmisije
- poboljšanja sistema karoserije-šasije

Smanjenje mase vozila, aerodinamičnost otpora, otpora kotrljanja i transmisije pruža znatne mogućnosti za poboljšanje ekonomičnosti potrošnje goriva. Najveće smanjenje potrošnje goriva leži u pogonskom motoru jer se na današnjem stupnju razvoja motora i vozila samo 30% energije sadržane u gorivu troši na pokretanje vozila. Veliko značenje na potrošnju goriva ima i način vožnje vozača.

### **3.2. DINAMIČNOST VOZILA**

Dinamičnost vozila predstavlja sposobnost prijevoza putnika i/ili tereta najvećom srednjom brzinom pri određenim uvjetima. Dinamičnost vozila prije svega ovisi o njegovim konstruktivnim svojstvima kao što su: snaga, zakretni moment motora, prijenosni odnosi u transmisiji, koeficijent korisnog djelovanja, ukupna masa vozila, primijenjeni pneumatici i aerodinamičnost vozila. Dinamičnost vozila zavisi i od aktivnih sigurnosnih elemenata, a to su: kočiona svojstva, upravljivost, stabilnost, vidljivost, signalizacija te prohodnost vozila.

Elementi dinamičnosti su i: specifična snaga, specifični zakretni moment i intenzitet kočenja.

Specifična snaga vozila je odnos neto snage motora i ukupne mase vozila, a vrijednost specifične snage vozila ovisi o njegovom tipu. Minimalne vrijednosti specifične snage za određeni tip vozila propisane su zakonom. Kod putničkih vozila specifična snaga je mnogo veća od minimalno dozvoljene, no to nije slučaj sa teretnim vozilima i vozilima sa prikolicom, čija je specifična snaga bliska minimalno dozvoljenoj. [5]

Specifični zakretni moment predstavlja odnos maksimalno dozvoljenog zakretnog momenta i ukupne mase. Vrijednosti specifičnog zakretnog momenta motora koji se ugrađuje u vozilo, također su zakonom propisana. Veće vrijednosti specifične snage i specifičnog zakretnog momenta ukazuju na veću dinamičnost vozila, odnosno bolje vučno-brzinske karakteristike kao što su ubrzanje, mogućnost svladavanja uspona, maksimalna brzina itd. [5]

Intenzitet kočenja je put kočenja koji vozilo prijeđe do potpunog zaustavljanja ili pri smanjenju brzine u određenom intervalu brzine. [5]

Dinamičnost vozila smanjuje se sa vremenom njegove eksploatacije.

### **3.3. POUZDANOST VOZILA**

Pouzdanost je jedan od osnovnih pokazatelja kvalitete vozila. Najčešće se izražava kao sposobnost vozila da zadrži eksploatacijska svojstva, u određenim granicama, pri određenim uvjetima korištenja tokom čitavog radnog vijeka. [5] Troškovi korištenja vozila, u slučaju njegove male pouzdanosti, mogu biti, zbog povećanih troškova održavanja, mnogo veći od nabavne cijene vozila. Nedovoljna pouzdanost glavnih dijelova vozila (kočnog i upravljačkog sistema) može dovesti do katastrofalnih posljedica. U tijeku razvoja vozila

pouzdanost se utemeljuje projektom, ostvaruje proizvodnjom, a eksploatacijom potvrđuje. Tijekom razvoja vozila mora se voditi računa o konstruktivnim rješenjima agregata i sklopova, primijenjenim materijalima, načinu zaštite od različitih štetnih utjecaja, sistemu za podmazivanje agregata i sklopova, kao i o pogodnosti vozila za održavanje. [5] Osiguravanje pouzdanosti, tijekom proizvodnje, je u tijesnoj vezi sa kvalitetom dijelova koji se ugrađuju u vozilo, kontrolom kvalitete, kvalitetom ostvarene montaže i načinom ispitivanja novog vozila. Režimi korištenja vozila, kao i način održavanja vozila, imaju poseban utjecaj na pouzdanost a samim tim i vijek trajanja vozila. Najčešće korišten pokazatelj pouzdanosti je vijek trajanja vozila, koji se najčešće izražava preko broja prijeđenih kilometara ili broja radnih sati.

### **3.4. KAPACITET VOZILA**

Kapacitet vozila predstavlja najveću količinu tereta ili najveći broj putnika koji se može odjednom prevesti. [5] Kapacitet je u tijesnoj vezi sa njegovim dimenzijama i čvrstoćom njegove konstrukcije kao i mogućnošću zadovoljenja zakonskih propisa. Masa prevezenog tereta ili broja prevezenih putnika u potpunosti definira kapacitet vozila. Kapacitet teretnih vozila izražava se u kilogramima, odnosno u kilogramima po metru kubnom, i koeficijentom iskorištenja mase. Kapacitet vozila za prijevoz putnika izražava se brojem mjesta za sjedenje u karoseriji vozila, ili stajanje kada su u pitanju autobusi za gradski promet. [5] Za teretna vozila i specijalna vozila definiraju se i specifična površina prostora i specifična zapreminska nosivost.

Specifična površina teretnog prostora definira se kao odnos površine poda tovarnog sanduka i korisne nosivosti. [5]

Specifična zapreminska nosivost definira se kao odnos korisne nosivosti zapremnine tovarnog prostora. [5]

### **3.5. UDOBNOŠĆ KORIŠTENJA VOZILA**

Osnovni pokazatelji udobnosti vozila su: udobnost sjedišta za putnike i vozača, udobnost pri ulazu i izlazu iz vozila, pogodnost pri utovaru i istovaru tereta, udobnost pri upravljanju vozilom, odgovarajući ambijentalni uvjeti (klima, buka...) u prostoru za smještaj putnika i vozača.[5] Primjenom hidrauličnih pneumatskih uređaja za aktiviranje kočnica, primjenom servo uređaja na upravljaču, ručnoj kočnici te kvačilu smanjuje se vrijednost potrebne sile za upravljanje vozilom. Vidljivost vozača određena je njegovim položajem, odnosno položajem sjedišta vozača u kabini, ostakljenim površinama, te konstrukcijom samog vozila.

### **3.6. SIGURNOST KORIŠTENJA VOZILA**

Sigurnost vozila u prometu može se analizirati samo u okviru relacije vozač-vozilo-okruženje. Vozilo pri vožnji mora u najmanjoj mjeri negativno utjecati na sudionike u prometu i okolini. Vozilo treba biti izgrađeno tako da u slučaju sudara maksimalno omogućuje zaštitu sudionika u prometu.

Parametri sigurnosti se uglavnom dijele u tri grupe:

- aktivni parametri sigurnosti
- pasivni parametri sigurnosti
- katalitički parametri sigurnosti

U aktivne parametre sigurnosti se ubraja:

- preciznost upravljanja
- zadovoljavajuće držanje pravca
- lako održavanje pravca u krivinama
- stabilnost
- osjetljivost kočnica
- držanje pravca pri kočenju
- dobra manevarska sposobnost sa kratkim vremenom pretjecanja
- mala osjetljivost na vjetar

- dobro držanje smjera i pri lošoj podlozi
- visoka vozna, radna i druga svojstva radi smanjenja umora prilikom vožnje
- vidljivost i signalizacija vozila

Pasivni parametri sigurnosti su:

- sigurnost od deformacija putničkog prostora kod jakih nesreća
- sprječavanje ispadanja vrata pri sudaru
- sprječavanje komadanja staklenih površina u komadiće
- mogućnost otvaranja vrata poslije sudara
- sigurno postavljanje spremnika za gorivo
- što je moguća niža sklonost opreme vozila samozapaljenju

### **3.7. PROHODNOST VOZILA**

Prohodnost vozila predstavlja mogućnost kretanja po lošim prometnicama kao i mogućnost svladavanja različitih prepreka. [5] Vozila veće prohodnosti imaju najčešće pogon na više osovina, specijalne pneumatike ili kombinaciju pneumatika i gusjenica.

Parametri preko kojih se može definirati prohodnost su:

- parametri vuče, vučna sila i sila prijanjanja, sposobnost svladavanja uspona, broj i veličina stupnja prijenosa u transmisiji
- parametri koji direktno definiraju sposobnost vozila za svladavanje prepreka ( tvrda podloga sa jako izraženim neravninama, meka podloga, voda...)
- parametri gabarita i zakonska ograničenja.

### **3.8. POGODNOST KONSTRUKCIJE VOZILA ZA ODRŽAVANJE**



Pogodnost konstrukcije za održavanje ocjenjuje se na osnovi vremena potrebnog za provođenje postupaka održavanja kao i na osnovu potrebnih aktivnosti i potrebnoj opremi za njegovo provođenje. [5]

Pogodnost konstrukcije vozila za održavanje bliže određuju slijedeći parametri:

- broj mjesta predviđenih za podmazivanje i podešavanje
- mogućnost uporabe odgovarajuće opreme za održavanje
- mogućnost primjene odgovarajućih dijagnostičkih metoda
- mogućnost primjene odgovarajuće tehnologije održavanja vozila

### **3) VRSTE ALTERNATIVNIH POGONA CESTOVNIH VOZILA**

Od alternativnih goriva imamo biodiesel – RME (Repičin metil – ester), etanol i metanol (alkoholi), električna energija, sunčeva energija, vodik, tečni naftni plin (LPG) i komprimirani plin (CNG), energija vjetra te hibridni motori. Izraz alternativna goriva sve se češće spominje kao jedno od rješenja za globalno zagrijavanje i ostale negativne efekte

intenziviranog zagađenja životne sredine. Svjetska auto industrija užurbano usavršava pogonske grupe na alternativna goriva jer promet mora funkcionirati i kada jednog dana naftni izvori u potpunosti presuše. Vrlo uskoro doći će doba kada ćemo na crpkama umjesto benzina i dizela točiti neka druga alternativna goriva. Znanstvenici tvrde kako bi već negdje oko 2030. godine naftni izvori mogli presušiti. [8] Iako se doima kao daleka budućnost svjetska auto industrija post naftno doba mora dočekati spremna vodeći računa i o očuvanju okoliša. Cestovna vozila, odnosno štetne komponente u ispušnim plinovima cestovnih vozila postaju prepoznatljiviji kao jedan od najutjecajnijih činilaca u onečišćenju okoliša. Posebno je ovaj problem izražen u urbanim sredinama, gdje je na relativno malom prostoru prisutna velika koncentracija cestovnih vozila. Urbane sredine postaju prezagađene, što ima velike posljedice za zdravlje ljudi. Ovakvo stanje utjecalo je na buđenje ekološke svijesti kod ljudi, čist zrak postaje imperativ. U tom svjetlu je posljednje desetljeće proteklog stoljeća obilježeno nizom zakonskih mjera, koje su popraćene odgovarajućim tehničkim rješenjima, kojima se nastoji smanjiti zagađenje zraka. Pred cestovna vozila se postavljaju sve stroži zahtjevi u pogledu emisije zagađivača, prije svega CO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, NO<sub>x</sub> i čestica. Pravilnicima Ekonomske komisije Ujedinjenih naroda za Europu (ECE Pravilnici) propisane su norme u pogledu emisije ispušnih plinova koje cestovna vozila moraju zadovoljiti (Aktualna Euro 6 norma). Sve prisutniji trend globalnog zagrijavanja planeta u posljednje vrijeme u fokus stavlja emisiju plinova koji doprinose efektu staklenika, prije svega CO<sub>2</sub>. Uporaba alternativnih goriva za pogon cestovnih vozila predstavlja jedan od realno mogućih načina za smanjenje štetne emisije ispušnih plinova iz vozila. U alternativna goriva za pogon motora SUI spadaju sva goriva, osim benzina i dizelskih goriva, koja mogu efikasno izgarati u motoru SUI i koja imaju mogućnost masovne proizvodnje (npr. prirodni plin, metanol, vodik, bio gorivo). Da bi se neko alternativno gorivo uspješno primijenilo za pogon cestovnog vozila, moraju biti ispunjeni brojni zahtjevi.

Osnovni kriteriji bitni za ocjenu primjenjivosti alternativnih goriva za pogon motora SUI su:

- emisija ispušnih plinova,
- potrošnja goriva,
- cijena alternativnog goriva,
- performanse vozila s pogonom na alternativna goriva,
- nalazišta, način dobivanja i rezerve alternativnog goriva,

- troškovi konverzije ili proizvodnje vozila,
- načini i mogućnosti uskladištenja goriva na vozilu,
- mogućnost punjenja gorivom i potrebna infrastruktura,
- opća sigurnost vozila.

Zbog manjeg sadržaja atoma ugljika, alternativna goriva pri izgaranju proizvode manju količinu CO<sub>2</sub>, a u slučaju uporabe vodika emisija CO<sub>2</sub> potječe isključivo od izgaranja ulja za podmazivanje. Bitno je napomenuti da se uporabom alternativnih goriva ne može u potpunosti postići tzv. „nulta“ emisija štetnih ispušnih plinova, zbog kemijske strukture ugljikovodičnog goriva (i pri idealnim uvjetima izgaranja prisutan je CO<sub>2</sub>), i zbog same konstrukcije motornog mehanizma, koja zahtijeva određen stupanj podmazivanja (u ispuhu su prisutni produkti izgorjelog ulja čak i pri uporabi vodika kao pogonskog goriva).

#### **4.1. BIODIZEL KAO ALTERNATIVNO GORIVO**

Biodizel ili metil-ester (ME) je kemijski spoj dobiven reakcijom (transesterifikacijom) biljnog ulja (uljana repica, suncokret, soja, palma, ricinus itd...), životinjskih masti ili recikliranih restoranskih masnoća s metanolom, u prisustvu katalizatora, pri čemu kao sporedni proizvod nastaje glicerol (glicerol - vrijedan nusprodukt koji se koristi za proizvodnju sapuna i sličnih proizvoda). [2] Na slici 6 prikazan je životni ciklus biodiezela. Iz slike 6 zaključujemo da je ovo gorivo obnovljivi izvor energije jer se troši onom brzinom kojom se obnavlja. Izbor osnovne sirovine za dobivanje biodiezela zavisi od odgovarajućih uvjeta i prilika, pa se u Europi za proizvodnju biodiezela najviše koristi ulje uljane repice (82,8%) i ulje suncokreta (12,5%), dok se u Americi najviše koristi ulje soje, a u azijskim zemljama i palmino ulje. Proizvodnja biogoriva iz algi ima mnoge prednosti koje taj postupak čine gotovo savršenim izvorom goriva. Alge rastu 50 do 100 puta brže od tradicionalnih kultura za proizvodnju biogoriva. Alge su jednostanični organizmi koji ne zahtijevaju svježju pitku vodu i zemljište da bi rasli, a to znatno pojednostavnjuje proizvodnju. Prema nekim stručnjacima proizvodnja goriva iz algi je najbolja zamjena fosilnim gorivima i uz dobru podršku, ta bi biogoriva u budućnosti mogla u potpunosti izbaciti fosilna goriva iz upotrebe.



**Slika 5** Ciklus proizvodnje biodizela

**Izvor:** [16]

Karakteristike biodizela su da nije toksičan, biorazgradiv je i u atmosferu ispušta 10 (B20\*) do 50% (B100\*) manje ugljičnog monoksida (CO), ali i 2 do 10 % više dušikovog oksida (NO<sub>x</sub>) nego fosilna dizel goriva.[2] Emisije ugljičnog monoksida variraju ovisno o ulju iz kojega je biodizel dobiven, a CO<sub>2</sub> koji se oslobađa biljke koriste u procesu fotosinteze. Biodizel ima viši cetanski broj nego fosilni dizel i nema sumpora. Svaki dizel motor može koristiti dizelsko gorivo s 5% udjela biodizela. No biodizel je izrazito masno gorivo i može začeptiti brizgaljke motora. Ima znatno višu točku zapaljivosti od običnog dizela (iznad 160 °C), što znači da je rizik od zapaljenja prilikom transporta, skladištenja i upotrebe znatno manji nego kod običnih dizel goriva. Koristi se kao čist ili pomiješan sa dizelom fosilnog porijekla (B100, B20, B5 ili B2 – broj označava udio biodizela u mješavini). Mješavine do 20% biodizela se mogu koristiti bez ikakvih, ili samo s malim izmjenama na postojećim dizelskim motorima, iako se neki proizvođači motora ograđuju od toga. [2]

Biodizel se često miješa s običnim dizelskim fosilnim gorivima. Kada je mješavina u postocima od 20% biodizela i 80% normalnog fosilnog dizela, onda se to zove mješavina B20. Neki ljudi pogrešno vjeruju da je ta mješavina zapravo čisti biodizel.

Najčešće mješavine biodizela su:

- B100 je čisti biodizel;

- B20 je mješavina od 20% biodizela i 80% normalnog fosilnog dizela;
- B5 je mješavina od 5% biodizela i 95% normalnog fosilnog dizela;
- B2 je mješavina od 2% biodizela i 98% normalnog fosilnog dizela;

Karakteristike dizel motora pri primjeni dizelskog, odnosno biodizelskoga goriva, utvrđene su tijekom niza istraživanja. Istraživanje ukazuje da je povećana potrošnja biodizelskog goriva za 7-10 %, a da je snaga motora manja za 8 %, s obzirom na uporabu dizel goriva mineralnog podrijetla. Nadalje, primjena biodizelskog goriva imala je za posljedicu nižu emisiju dušikovih i ugljikovih oksida. Zbog kemijskog reagiranja s gumenim i plastičnim materijalima, elementi sustava za napajanje motora gorivom moraju biti izvedeni na odgovarajući način.

Biodizel se može koristiti u uobičajenim dizelskim motorima. Prepreka pri korištenju mogu biti jedino temperature ispod  $-10^{\circ}C$ , kada se ovo gorivo počinje zgušnjavati. Zato bi vozila pogonjena biodizelom morala u budućnosti imati grijače rezervoara. Biodizel je potpuno neškodljiv i vrlo lako razgradiv. Udio sumpora u biodizelu je gotovo zanemariv ( $< 0,001\%$ ). [6] Zbog toga ne predstavlja opasnost u vidu onečišćenja tla i podzemnih voda u slučaju nezgode. Budući da se proizvodi iz biljaka koje troše ugljikov dioksid za rast (najčešće kukuruz), njegova uporaba smanjuje emisiju tog plina za oko 60% u odnosu na klasično dizelsko gorivo. Energetska vrijednost biodiezela je oko 90% energetske vrijednosti običnog dizela.

**Tabela 1 Prednosti i nedostaci Biodiezela**

| PREDNOSTI:   | NEDOSTATCI:  |
|--|--|
| - obnovljivi izvor energije,<br>- moguće korištenje u većini dizel motora posebno novijih,<br>- smanjena emisija ispušnih plinova (npr B20 smanjuje emisiju CO <sub>2</sub> za 15 %) | - upotreba B5 nije još odobrena od nekih proizvođača automobila,<br>- uslijed niže pH vrijednosti moguće oštećenje pojedinih plastičnih i gumenih dijelova vozila,<br>- B100 općenito nije pogodan za korištenje pri |

|   |  |
|---|--|
| -biorazgradiv i netoksičan                | niskim temperaturama                           |
| -sigurnije rukovanje,                     | -potrebne velike površine za zasađivanje polj. |
| -moguća je proizvodnja u kućnoj radinosti | kulture za proizvodnju biodizela.              |
| -nema emisije sumporovih spojeva          | -manja ogrjevna moć                            |
| -industrijska proizvodnja                 | -manja snaga motora                            |
|   | -veća potrošnja goriva za oko 10%              |

## 4.2. ELEKTRIČNA ENERGIJA KAO ALTERNATIVNO GORIVO

Moderni električni automobili koriste litij-ionske baterije poput onih kakve se koriste u mobilnim uređajima jer imaju i trostruko veći kapacitet (3.6 volti) od nikal-metal hidrinih (1.2 V) i olovnih (2.0 V), te mogućnost više ciklusa punjenja i pražnjenja. [7] No iste su osjetno skuplje i sklone zapaljenju. Litij ima nisku točku zapaljivosti, a brzim punjenjem litijske baterije se osjetno zagrijavaju. Zato se u posljednjim generacijama električnih automobila ugrađuju posebni mikroprekidači za sprječavanje pregrijavanja. Električni automobil je automobil koji se pokreće elektromotorom, koristeći električnu energiju pohranjenu u akumulatoru, ili drugim uređajima za pohranu energije. Električna vozila (EV) se razlikuju od konvencionalnih motora s unutrašnjim izgaranjem (MUI) u djelu koji se tiče pogonskog sustava. Umjesto motora s unutarnjim izgaranjem i klasičnih spremnika za gorivo, električna vozila opremljena su električnim motorima i baterijama. Izvor električne energije pohranjen je u litij – ionskim baterijama o čijem kapacitetu ovisi autonomnost kretanja električnog vozila. Već danas su skladišni kapaciteti baterija komercijalnih baterijskih paketa dovoljni da mogu pokriti dnevne potrebe korištenja osobnog vozila. Svjetski proizvođači električnih baterija najavljuju intenzivno povećanje njihovog kapaciteta u skoroj budućnosti, te se očekuje autonomnost kretanja do 350 km s jednim punjenjem baterija. Njihovo očekivano trajanje procjenjuje se na oko 7-10 godina. Elektromotor u pravilu omogućuje linearno i besprekidno ubrzavanje vozila sa znatno većom karakteristikom vuče u odnosu na konvencionalna vozila. S druge strane, električni automobili ne posjeduju mjenjačke kutije. [7] Eliminacija mjenjačke kutije znatno smanjuje masu automobila, što ujedno dovodi do znatno manje potrošnje goriva. Kočioni sustav

električnih vozila konstruiran je na takav način da se prilikom usporavanja oslobođena energija deceleracije pohranjuje nazad u bateriju (tzv. regenerativno kočenje). Ova značajka električnih vozila dolazi do važnosti poglavito u urbanim sredinama u kojima se režim vožnje sastoji od principa „kreni-stani“. Unatoč najjeftinijem (besplatnom) izvoru energije i nikakvim štetnim emisijama nema izgleda za masovnu uporabu s današnjim tehnologijama.

Električna struja se smatra za sve prisutnom i lako se može doći do nje. Automobil se može puniti kod kuće i na poslu. Sve što treba je povući kabel i utaknuti ga u utičnicu. Električna vozila su gotovo bešumna, što je danas u doba velikog utjecaja buke, jako važno. Nema emisija štetnih stakleničkih plinova iz električnih vozila. Električni automobili su mnogo lakši za popravak i sastavljanje, naime imaju mnogo manje pokretnih dijelova pa to zahtjeva manje vremena za održavanje i manja je mogućnost mehaničkog kvara. Ukupno gledano, električni automobili zahtijevaju manje održavanja, što na kraju znači uštedu. Ovisno o državi, čak možete imati i porezne olakšice kod kupnje električnog automobila, a isto se može reći i za cijene osiguranja automobila, koje potencijalno mogu biti niže. Iako elektrane koje proizvode struju koju će koristiti takvi automobili i dalje zagađuju, takvo zagađenje je mnogo lakše kontrolirati nego ono koje nastaje zbog plinova iz automobila na unutarnje izgaranje.

Nedostatak električnih automobila je kratko trajanje baterije. Jedno punjenje baterije može trajati od 160 km do 400 km, ovisno o modelu automobila. Dakle električni automobil nije dobar za duga putovanja, barem za sada dok se ne povećaju kapaciteti baterija. Punjenje traje od 2,5 do 8 sati, ovisno o modelu. Trenutno još uvijek nema električne infrastrukture, odnosno “električne” stanice poput benzinskih uz važnije ceste, što znači da automobil možete puniti samo kod kuće ili na poslu. Dodatna oprema poput klime jako smanjuje trajanje baterije. Današnji elektro automobili su izvrsni za kratke rute posebno za ljude koji žive blizu grada i rade u gradu. Proizvođači se trude unaprijediti električna vozila kako bi što je moguće prije takva vozila bila adekvatna za svakoga, pa i one koji voze duge rute. Činjenica je da je električni automobil “najzelenije” rješenje koje danas postoji, no zbog potreba poslovanja i osobnih potreba još uvijek nisu spremni za masovno korištenje, najviše zbog malog dometa. Najveći nedostatak je manjak infrastrukture na kojima bi se takvi automobili mogli puniti, te je sukladno s tim potrebno izgraditi mnogo električnih stanica (punionica). S druge strane punjenje električnih automobila traje, što znači da će auto koji je priključen na punjenje dugo vremena zauzimati tu stanicu pa se ne može puniti drugi automobil. Također, praksa u

sjedinjenim državama je pokazala da je izuzetno nepraktično i jako rizično puniti električni automobil u kišnim uvjetima. Zahvaljujući izumu koji je nedavno napravljen na sveučilištu British Columbia u Kanadi, uskoro će se električni automobili puniti bežično što omogućava totalno drugačiji koncept stanica za punjenje i mnogo sigurniji pristup od trenutnog. [7]

### **4.3. VODIK KAO ALTERNATIVNO GORIVO**

Osnova svakog automobila na vodik su gorive ćelije koje se nalaze u podnici automobila, spremnik vodika te elektromotor. U spremniku se nalazi stlačeni vodik u tekućem stanju, koji ovisno o količini i potrebama mora biti stlačen barem na 350 bara te iz razloga zapaljivosti ohlađen na -253 C. U vodikove gorive ćelije dovodi se gorivo (u ovome slučaju stlačeni vodik) i kisik (ili mješavina kisika i helija) te na principu elektrolita proizvode struju. Prilikom prolaska kroz separatorsku ploču ćelije, molekule vodika se spajaju na anodu, a molekule kisika na katodu. Na anodi platinasti katalizator razdvaja vodik na protone i elektrone, pri čemu polimer elektrolitska membrana propušta samo protone prema katodi, dok elektroni putuju vanjskim strujnim krugom stvarajući struju koja pokreće elektromotor i puni baterije. Na katodi potom elektroni i protoni u reakciji s kisikom stvaraju vodu odnosno paru koja izlazi iz ćelija i iz ispuha. Zbog veličine svojih molekula, veliki problem je njegovo skladištenje te distribucija, koji su opisani, zajedno sa svim problemima i nekim rješenjima koja su danas dostupna. Jednom kada je vodik distribuiran do korisnika, tj. automobila, u automobilu se može primijeniti na više načina. Od relativno jednostavne prilagodbe motora s unutarnjim izgaranjem kako bi radio na vodik, do gorivih članaka koje ga pretvaraju u istosmjernu el. struju i tako pogone elektromotore koji pokreću vozilo. Oba načina imaju nekoliko prednosti, ali i mnogo nedostataka, s pogledom na zaštitu okoliša, cijenu i dobavljalivost. Način rada gorive ćelije: na anodi je vodik, a na katodi kisik.. Između se nalazi elektrolit, koji sprječava tok elektrona od anode do katode. Budući da vodik pokušava „doći“ do elektrode, ali ga kod toga sprječava elektrolit, njegove molekule otpuštaju elektrone. Preostaju ioni vodika koji kroz elektrolit mogu proći do katode. Tamo se povezuju sa kisikom. Da bi od njih mogla nastati voda i energija, nedostaju im elektroni koji su se prije odvojili od vodika. Da bi se elektroni ponovno vratili u „kružni tok“, anoda i katoda se povezuju električnim vodičem. Posljedica: ioni vodika, elektroni i kisik se spajaju u vodu. Kod toga dolazi do kontroliranih eksplozija plina praskavca, a kao posljedica teče električna



struja. Jedini „otpadni“ produkt kod proizvodnje energije pomoću gorivih ćelija je čista voda. Vodik zbog velike brzine širenja plamena i zbog granica zapaljivosti ima visok stupanj iskorištenja i nisku emisiju NO<sub>x</sub>. Nije pogodan za diesel motore zbog niskog cetanskog broja, a spada među najčišća goriva.

Prednosti vodika su:

- može se pretvoriti u korisne oblike energije s visokom efikasnošću,
- obnovljivo gorivo se proizvodi iz vode,
- najlakša tvar poznata čovjeku,
- nema emisije štetnih plinova,

Nedostaci vodika su:

- skupa proizvodnja,
- niska energetska gustoća
- tehnički problemi (spremnici pod tlakom).

#### **4.4. PLIN KAO ALTERNATIVNO GORIVO**

Iako je dvojbeno možemo li plinski pogon zvati alternativnim zbog njegova fosilnog porijekla, on je zanimljiv s više aspekata.[3] U prvom redu treba spomenuti da se ukapljenim plinom uz tek sitne preinake može pogoniti gotovo svaki konvencionalni benzinski motor. Plin koji se koristi je smjesa propana i butana, odnosno ukapljeni naftni plin (LPG<sup>3</sup>), čije izgaranje u daleko manjoj mjeri zagađuje okoliš nego izgaranje benzina. Osim LPG-a koristi se i CNG – stlačeni prirodni plin (smjesa metana i etana), no u daleko manjoj mjeri od LPG-a, zbog manje kalorijske vrijednosti. Plin je spremljen u boce, koje mogu stati u svaki automobilski prtljažnik.[3] Sam auto-plin uređaj funkcionira tako da umjesto ubrizgavanja benzina u komoru za sagorijevanje 'ubacuje' propan-butan smjesu. Prilikom paljenja, vozilo se pokreće na benzin. Automatski sustav u auto-plin uređaju nakon vrlo kratkog vremena

---

<sup>3</sup> LPG (*eng.* Liquefied petroleum gas) – ukapljeni naftni plin (propan, butan ili smjesa propana i butana)

prebacuje režim vožnje sa benzina na plin. U samoj vožnji vozač uopće ne zna kada se vozilo prebacuje sa benzinskog na plinski pogon. Vozač to može vidjeti na indikatoru na kojemu poželji i ručno može promijeniti vrstu pogonskog goriva.

Atraktivnost ovog pogona doprinosi i činjenica da nudi veliku uštedu u cijeni goriva, uz zanemariv gubitak snage motora. Treba spomenuti da već postoji infrastruktura opskrbe ovim energentom na dovoljnom broju crpki, te ga ima daleko više nego nafte. To ga čini u ovom trenutku najdostupnijim oblikom alternativnog goriva za vozila. Njegove loše strane su još uvijek mala efikasnost u iskorištenju goriva te što pri izgaranju, iako manje nego benzin ili dizel, ipak stvara stakleničke plinove.

#### **4) PREDNOSTI I NEDOSTATCI VOZILA NA ALTERNATIVNI POGON.**

Vozila koja koriste alternativna goriva imaju puno prednosti ali i nedostataka. Najvažnija prednost njihove primjene je očuvanje okoliša. U današnjem svijetu postoji sve više i više vozila na cestama što dovodi do velikog zagađenja okoliša u kojem živimo.

##### **5.1. HIBRIDNA VOZILA**

Hibridni automobili su oni koji za pokretanje koriste dva ili više izvora energije. Najčešća je kombinacija benzinskog ili dizelskog motora sa elektromotorom. Hibridni automobili su odnedavno postali vrlo popularni jer imaju znatno manju emisiju štetnih plinova koji onečišćuju zrak i uzrokuju kisele kiše (ugljičkov dioksid i drugi). S obzirom na autonomnost električnoga pogona, hibridi se dijele na djelomične (engl. mild hybrid) i potpune (engl. full hybrid).[2] Potpuni hibrid je po definiciji onaj kojem je omogućena vožnja vozilom pogonjenim samo elektromotorom. U tom slučaju elektromotor ima u pravilu barem jednu trećinu snage motora s unutarnjim izgaranjem, dok kod djelomičnog hibrida elektromotor služi samo kao pomoć motoru s unutarnjim izgaranjem. Stoga je djelomični hibrid i znatno jeftiniji, ali kako je dodatna snaga koju on razvija manja i ušteda goriva je manja. Hibridi većinu snage dobivaju iz motora s unutarnjim izgaranjem, a prema potrebi električni motor može donijeti dodatnu snagu. Energija za rad električnog motora često se generira "u pokretu", skladišti u baterije, te stoga nije potrebno punjenje preko vanjskog izvora struje da bi elektromotor radio. Elektromotor također funkcionira i kao generator koji pretvara energiju dobivenu regenerativnim kočenjem i skladišti istu u baterije. Hibridna vozila potpuno električnu vožnju mogu koristiti na kraćim udaljenostima što je vrlo korisno u svakodnevnoj vožnji gradom. Za duža putovanja najveću ulogu ipak i dalje ima motor s unutarnjim izgaranjem. Kod hibridnog vozila uživajte u prednostima oba motora, konvencionalnog s unutarnjim izgaranjem i elektromotora. U gradu do izražaja dolazi elektromotor i potpuno nečujno kotrljanje uskim cestama između semafora do brzina od oko 50 km/h, kada je potrošnja goriva i emisija CO<sub>2</sub> jednaka nuli.[2] Pri većim brzinama u igru uskače benzinski motor te preuzima posao glavnog pogona u trenucima kad je elektromotor savladao najveće opterećenje - pokretanje vozila i preskakanje prva tri stupnja prijenosa, gdje je inače potrošnja goriva najveća. Na taj način standardni motor ima mnogo lakši posao i troši 40% do 60% manje goriva u režimu vožnje. Stoga autonomija od 'svega' 2 do 3 km na potpuno električni pogon je sasvim dovoljna za značajne uštede goriva, a uvijek ćete krenuti na struju, osim ako od pogonskog sustava ne iziskujete maksimum. S obzirom na vezu mehaničkog i električnog dijela hibridni pogonski sustavi se mogu podijeliti u tri skupine: serijski, paralelni i serijsko-paralelni hibridi.

### **5.1.1. PARALELNI HIBRID**

Kod paralelnog hibrida postoji mogućnost pogona vozila motorom s unutarnjim izgaranjem i elektromotora istovremeno. Također postoji mogućnost pogona samo motorom s unutarnjim izgaranjem ili čistog električnog pogona. Najčešće su kod takvih hibrida motori i mjenjač brzina povezani automatskim spojka. Treba ipak imati na umu da su vozne mogućnosti vrlo ograničene kapacitetom baterije. Prvi paralelni hibrid koji je ušao u masovnu proizvodnju je Honda Insight.

### **5.1.2. SERIJSKI HIBRID**

Kod serijskog hibrida pogonske kotača uvijek pogoni elektromotor, bez ikakve mehaničke veze s motorom s unutarnjim izgaranjem. Kako bi se povećao domet serijskog hibrida, motor s unutarnjim izgaranjem se uključuje po potrebi i preko generatora proizvodi električnu energiju kojom puni baterije. Na taj način motoru s unutarnjim izgaranjem je omogućen rad u optimalnom radnom području s najmanjom potrošnjom goriva. Poboljšanje energetske učinkovitosti postiže se i time što se iskorištava energija kočenja, tako što elektromotor postaje generatorom kojega tjeraju kotači. Učinkovitost takvog pogona je ipak dijelom smanjena zbog gubitaka u pretvaranju mehaničke energije u električnu, te naknadnog pretvaranja električne energije iz baterija ponovno u mehaničku. Chevrolet Volt (2010.) je primjer serijskog hibrida. [2]

### **5.1.3. SERIJSKO-PARARELNI HIBRID**

Kod serijsko-paralelnih hibrida raspodjela snage na pogonske kotača dijeli se između električnog motora i motora s unutarnjim izgaranjem pomoću posebnog diferencijala. Omjer razdiobe snage može biti od 0-100% u korist ili elektromotora ili motora s unutarnjim izgaranjem. Motor s unutarnjim izgaranjem se također može koristiti i za punjenje baterija. Na otvorenoj cesti primarni motor je motor s unutarnjim izgaranjem, dok elektromotor služi kao

dodatna snaga (npr. kod pretjecanja). Toyota Prius, najprodavaniji svjetski hibrid (do 2013.), je serijsko-paralelni hibrid.

#### **5.1.4. PLUG-IN HIBRID**

Plug-in hibrid, kao vrsta hibridnog vozila, može biti izveden i sa serijskim i sa paralelnim pogonskim sustavom. Sadrži baterije povećanog kapaciteta (od običnih hibrida) kako bi vozilu bio omogućen veći domet vožnje samo na električnu energiju. Plug-in hibridi mogu se spajati utičnicom na mrežu kako bi izbjegli korištenje motora s unutarnjim izgaranjem za kraća putovanja (ovisno o veličini baterije). Koncept plug-in hibrida zanimljiv je onima koji svakodnevno putuju manjim udaljenostima te na taj način mogu potpuno ili djelomično izbjeći korištenje motora s unutarnjim izgaranjem. Na taj se način također smanjuje emisija štetnih plinova ako električna energija kojom se vozilo puni dolazi iz čistih izvora energije. Ford Fusion Energie te Toyota Prius Plug-in Hybrid su primjeri plug-in hibrida.

#### **5.1.5. HIBRIDI S GORIVIM ČLANKOM**

Hibridi s vodikovim gorivim člankom koriste i gorivi članak i električne baterije kao izvor snage. Gorivi članak puni baterije koje preko elektromotora pogone vozilo.[2]

### **5.2. PREDNOSTI AUTOPLINA U ODNOSU NA BENZINSKO GORIVO**

Osnovne prednosti auto-plina u odnosu na alternativne pogone (SUI motore) ogleda se u većoj ekonomičnosti, ne samo zbog cijene nego i zbog dokazanih pozitivnih efekata, a to su:

- produžen vijek trajanja motora
- tiši rad motora

- veći broj prijeđenih kilometara (u prosjeku oko 30%)
- niži troškovi održavanja vozila
- potpuno izgaranje smjese u cilindrima goriva bez gubitka goriva u ispušnim plinovima
- duži vremenski period izmjene svjećica i ulja
- produžena trajnost katalizatora

Već nakon prijeđenih 20.000 km uz prosječnu potrošnju od 8 litara na 100 km ostvaruje se povrat uloženog novca u auto-plin uređaj (ova se brojka mijenja ovisno o stvarnoj potrošnji i vrsti ugrađenog uređaja). Vlasnici vozila koji su prijavili auto-plin uređaje na godišnjem tehničkom pregledu ne moraju ići na eko-test. Naime, korištenjem auto-plina vozila ispuštaju minimalne količine štetnih ispušnih plinova (CO – ugljikov monoksid, NOx – dušikovi oksidi i CO<sub>2</sub> – ugljikov dioksid).

Auto-plin je jedno od pogonskih goriva za vozila koja u današnje vrijeme najmanje zagađuje okoliš. Korištenjem auto-plina dokazano je kako se doprinosi smanjenju kiselih kiša, globalnog zatopljenja, zagađivanju zraka i vode, te samim tim i poboljšanju kvalitete života, kako čovjeka tako i biljnog i životinjskog svijeta. S obzirom da auto-plin ne sadrži olovo, sumpor i krute čestice, praktički ne proizvodi štetne ispušne plinove, a višestruko je smanjena emisija CO, NOx i CO<sub>2</sub>.

Voziti na plin je sigurnije nego voziti se na benzin. Ima više razloga. Prvi i najosnovniji je taj što u plinskoj boci nema kisika, a za eksploziju treba kisik. Drugi je to što kod benzina može doći do istjecanja ako se spremnik ošteti ili auto prevrne dok je kod plina to nemoguće jer na plinskom spremniku postoje sigurnosni ventili koji to sprječavaju. Također ne može doći ni do puknuća boce jer je boca od čelika debljine 3,5 - 4 mm.

Najveći nedostaci vozila na plin su ta da automobil gubi na snazi od 3-10 %, ovisno o stanju motora i sistema koji se koristi. Također troše za 10-15 % više plina u istom omjeru u odnosu na benzin zbog energetske vrijednosti i pružaju manju efikasnost u iskorištenju goriva. Treba uzeti u obzir da pri izgaranju, iako manje nego benzin ili dizel, ipak stvara stakleničke plinove. [2]

Auto-plin uređaj može se ugraditi u svaki benzinski motor. Zbog svojih karakteristika preporučuje se za ugradnju u:

- osobna vozila,
- taksi vozila,
- vozila koja obavljaju komunalne djelatnosti (odvoz smeća, vodovod, elektrodistributeri...),

- vozila za autoškole
- vozila gradskog prijevoza,
- poštanska vozila,
- viličara i drugih industrijskih vozila.

### **5.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI BIODIZELA U ODNOSU NA DIZEL GORIVO**

Osnovna sirovina u proizvodnji biodizela su biljna ulja. Ona su zbog svoga visokog cetanskog broja<sup>4</sup> pogodna kao alternativno gorivo za dizelske motore. Dobivaju se mehaničkim prešanjem plodova uljarica i mogu se već u takvom obliku koristiti kao gorivo u dizel motorima. Takvo neobrađeno gorivo, iako bi svojim cetanskim brojem bilo pogodno za izgaranje u velikom broju dizel motora, posjeduje previsoku viskoznost<sup>5</sup> i zbog toga se slabo raspršuje u zraku i loše izgara. Posljedica lošeg izgaranja je velika količina čađe i stvaranje naslaga nepotpuno izgorjelih tvari u cilindru. Neka istraživanja su pokazala veliku štetnost za zdravlje ljudi zbog visoke razine krutih čestica u ispuhu

Zbog toga se većina nedostataka biljnih ulja može eliminirati postupkom transesterifikacije, metanolom (alkoholom). Takvom reakcijom kao produkti nastaju glicerol (sirovina za kemijsku industriju) i smjesa ulja koji su po sastavu metil-estere viših masnih kiselina. Uobičajen naziv za tako dobivene metil-estere je biodizel. Biodizel je ulje koje je po termičkim svojstvima i po viskoznosti vrlo slično naftnom dizelu. U usporedbi s naftnim dizelom, biodizel ima manju ogrjevnu vrijednost po masi, ali nešto veću gustoću tako da je ogromna vrijednost po volumenu samo oko 5% niža od naftnog dizela. Biodizel u pravilu ima viši cetanski broj od naftnog dizela te stoga ne zahtijeva aditive za povećanje cetanskog broja.

Biodizel se većinom upotrebljava u mješavini s naftnim dizelom. Zbog visokog cetanskog broja biodizela naftna komponenta ne mora sadržavati aditive. Mješavina se označuje prema udjelu biodizela (npr. B20 sadrži 20% biodizela i 80% naftnog dizela, B100 je čisti biodizel). U potrazi za smanjenjem štetnih emisija istražuju se i mješavine biodizela,

---

<sup>4</sup> Cetanski broj je mjerilo kvalitete dizel goriva. Cetanski broj odgovara zapreminskom postotku cetana (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) u smjesi sa alfa-metil-naftalenom, koje ima ekvivalentne osobine paljenja sa ispitivanim gorivom. Cetan je nerazgranati ugljikovodik koji se lako pali pri kompresiji, te je njegov cetanski broj označen sa 100. Aditivi koji povećavaju cetanski broj su alkil nitrati i di-tercbutil peroksid.

<sup>5</sup> Viskoznost (unutarnje trenje) je osobina tekućina i plinova da pružaju otpor međusobnom kretanju njihovih slojeva. Jače viskozna tvar djeluje ljepljivo i teško se preljeva.

etanola i naftnog dizela. Pozitivni rezultati postignuti su mješavinama dizela, etanola i biodizela u omjerima 80:6:14 i 85:3:12.[2] Za sada se najintenzivnije istražuju mješavine s manjim udjelom biodizela. Za efikasan prelazak na čisti biodizel biti će ipak potrebno izvršiti neke promjene u motoru. To se prvenstveno odnosi na značajke sustava za ubrizgavanje i komore za izgaranje koje su optimirane za naftni dizel. U pogledu dugoročnih učinaka korištenja biodizela u motoru valja imati na umu i druge specifičnosti toga goriva. Neizgorivo gorivo zbog veće viskoznosti formira stabilniji film na stjenkama cilindra od naftnog dizela. Zbog povećane viskoznosti, izravni utjecaj biodizela na podmazivanje je povoljan.

Najveći nedostaci biodizela u odnosu na konvencionalna goriva su u tome što ima nepovoljna svojstva pri niskim temperaturama. Pri tome su najvažniji parametri točka zamućenja (cloud point) i točka tečenja (pour point). Točka zamućenja je temperatura ispod koje dolazi do izlučivanja malih količina voska koji može začepiti filter za gorivo. Točka tečenja je temperatura ispod koje se naglo povećava viskoznost goriva, što onemogućuje ubrizgavanje. Točka tečenja je uvijek niža od točke zamućenja. Problemi s radom motora na nižim temperaturama mogu se riješiti dodavanjem ogovarajućih aditiva, slično kao i kod naftnog dizela za niske temperature.

Istraživanja ukazuju na manju štetnost (mutagenost) emisije pri pogonu motora gorivom B20 u usporedbi s naftnim dizelom. To je zbog male količine mutagenih aromatskih spojeva (sumporov dioksid, dušikovi oksidi, ugljikov dioksid) i sumpora u gorivu. Međutim pri izgaranju takvog goriva dolazi do pojačane emisije aldehida koje mogu izazvati alergijske reakcije kod ljudi. [2]

#### **5.4. PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE ELEKTROMOTORA**

Elektro-vozila nisu pogodna za uporabu na velikim relacijama (dužim od 200 km), pa su oni doživjeli svoju najveću uporabu u unutrašnjem transportu već dugi niz godina. Prvenstveno zbog njihovih performansi; ta vozila su tiša, čišća, ekonomičnija i ekološkija od vozila koja imaju motore s unutarnjim izgaranjem.[1] Zbog toga su ona daleko pogodnija u uvjetima izražene brige i što ugodnijeg ambijenta za korisnika kao što je to slučaj sa zračnim



lukama, željezničkim kolodvorima i, općenito, putničkim terminalima. Budući da njihovi pogonski motori ne proizvode nikakve štetne plinove niti zahtijevaju brojne filtere, brtve, ulja i maziva koja je potrebno mijenjati tijekom eksploatacije, na taj su način nadasve pogodna za primjenu u ambijentima visokih sanitarnih zahtjeva (npr. farmaceutska ili prehrambena industrija).

Upotreba malih električnih vozila u unutarnjem transportu sve je više u primjeni u industrijama EU i svijetu. Zahvaljujući najmodernijim rješenjima na području kontrolne elektronike i skladištenja električne energije, današnja elektro-vozila posjeduju odlične performanse te izuzetnu pouzdanost uz, kao što je ranije navedeno, niske troškove eksploatacije.

## **5.5. PREDNOSTI I NEDOSTATCI HIBRIDNIH VOZILA**

Dobre strane hibridnog pogona su znatno smanjenje potrošnje goriva i to za 50%, te kao izravna posljedica, znatno smanjenje zagađenja. Jedan od glavnih nedostataka hibridnog pogona je taj, iako u smanjenoj mjeri, da i dalje troši fosilna goriva čija će zaliha posve nestati. Drugi veliki nedostatak je mala efikasnost energetske pretvorbe. Ciklus pretvorbe energije sastoji se od pretvorbe kinetičke energije u električnu pa onda u kemijsku te zatim obrnutim redoslijedom. Čitav taj ciklus, u kojem se energija pretvara u generatorima i u akumulatoru, nudi efikasnost manju od 40%. To podrazumijeva da više od 60% energije izgubimo prilikom pretvorbe, i to više nego kod konvencionalnih pogona. Također, problem ovakvih pogona je povećana količina otpada nakon iskorištenja vozila u odnosu na konvencionalne pogone, zbog složenije opreme. [2]

Iako ovakvi pogoni imaju određene nedostatke, postoji perspektiva njihove veće primjene u komercijalne svrhe. To se ponajprije odnosi na instaliranje solarnih ploča (ćelija) na sama vozila. Goriva ćelija proizvodi električnu energiju kombiniranjem vodika i kisika u kemijskoj reakciji. Radi se o vrsti minijature elektrane. Budući da ćelija goriva direktno proizvodi električnu energiju, bez sagorijevanja vodika, čista je i vrlo učinkovita. Teoretski, ako ćelija goriva može pretvoriti 83% energije vodika u električnu energiju, može se očekivati velika učinkovitost u usporedbi s maksimalno 30% do 40% mogućih kod benzinskih motora. Nadalje, u osnovi, ćelija goriva ne proizvodi CO<sub>2</sub> ili štetne plinove; njen jedini nusprodukt je voda. Te bi ploče polako punile baterije automobila, ako je to praktičnije nego priključenje automobila u struju. Već postoji prototip automobila sa solarnim pločama. To je poznati

Toyotin hibrid Prius koji ima instalirane solarne ploče na krovu. Solarna energija prikupljena solarnim pločama koristi se kao izvor energije za klima-uređaj ili se može sakupljati u pomoćnoj bateriji koja onda omogućuje veći radijus kretanja automobila.

## **5) RAZVOJNE MOGUĆNOSTI CESTOVNIH VOZILA NA ALTERNATIVNI POGON**

U suvremenom dobu odvijanje cestovnog prometa se mijenja. Tehnologije (pogoni) koje se koriste već više od stotinu godina gube značaj u praćenju novih i nadolazećih trendova u tehnološkom procesu odvijanja cestovnog prometa. U ovom radu odgovaramo na pitanje da

li je isplativa potpuna zamjena tehnologija koje se u sadašnjosti koriste za prijevoz ljudi i tereta u cestovnom prometu, sa tehnologijama prijevoza koje manje onečišćuju okoliš. Svjedoci smo svakodnevnog povećanja broja automobila na cestama. Posljedično se povećava i potrošnja fosilnih goriva, odnosno emisija štetnih plinova (staklenički plinovi: ugljikov dioksid, ugljikov monoksid, dušikovi i sumporni oksidi). Zbog toga se automobilske kompanije okreću proizvodnji automobila na takozvane alternativne pogone. Promet je postao ključni strateški resurs sveukupnog čovječanstva čija je potražnja u trajnom porastu što zahtijeva novi pristup u projektiranju i aplikaciji suvremenih prometnih tehnologija. Koordinirano planiranje moderne prometne infrastrukture i prometne potražnje predstavlja temeljnu pretpostavku za postizanje bolje kvalitete života ljudi, racionalnu upotrebu resursa i zaštitu okoliša. Ulaganje u izgradnju prometne infrastrukture, jedan je od preduvjeta kontinuiranog održivog razvoja prometa koje se mora temeljiti na analizi potražnje za prometnim uslugama. Upotreba obnovljivih energenata postaje sve značajnija ne samo zbog ograničenih fosilnih goriva, nego i zbog toga što su produkti nastali izgaranjem istih najveći zagađivači okoliša. Korištenje resursa iz obnovljivih izvora energije nije više stvar opredjeljenja pojedinaca da osobnim primjerom doprinesu smanjenju emisije štetnih tvari iz cestovnih vozila, već je temelj unapređenja i razvoja globalnog energetskeg sektora. Opravdanost za uvođenje alternativnih pogonskih goriva treba tražiti u trendovima koji se promoviraju u Europskoj uniji i drugim razvijenim zemljama svijeta. Ovi trendovi postaju značajni prvenstveno zbog toga što se izvori fosilnih goriva smanjuju, osobito nafte, čijom se preradom proizvodi dizel i benzin. Sve je više “zelenih” hibridnih vozila na cestama, ali pravog “booma” takvih vozila još nema. Ne ulazeći preopširno u razloge zašto je tome tako, može se poentirati kako su među glavnim uzrocima takve situacije nedovoljno razvijena svijest ljudi, ali i preskupa tehnologija proizvodnog procesa, a samim time i konačna cijena vozila. Hoće li u budućnosti kupci voziti automobil s motorom s unutarnjim izgaranjem ili električnim motorom uvelike će ovisiti o klasi automobila koji voze. Dogovorom na razini Europske unije, a temeljem dogovora iz Kyota, propisano je da najrazvijenije zemlje svijeta do 2020. godine moraju čak 20 posto energetske potrebe prebaciti na obnovljive izvore energije.[7] Nameće se i dvojba koristiti više vjetar ili vodu, ili se pak okrenuti prema poljima. S obzirom na hrvatsku poziciju u Europi, gdje uz Albaniju i BiH predstavljamo jedine ne proizvođače biogoriva, sasvim je izvjesno da nismo zemlja koja ima jasno zacrtanu budućnost. U Hrvatskoj ne postoje točni podatci o proizvodnji, radi se samo o pojedinačnim pokušajima, uglavnom za vlastite potrebe, pa se o nekom tržištu biogoriva uopće ne može govoriti. Europa se odavno okrenula biogorivima, za koja je sasvim izvjesno da su puno veći

potencijal i prostor za napredovanje. Radikalne se promjene sustava očekuju od 2015. godine, kada će emisiju CO<sub>2</sub> trebati smanjiti još tri posto, 4,5 posto u 2017. Godini, te sedam posto u 2020. godini. Takvo nešto moguće je samo uz udio biogoriva od 10 do 12 posto. Tek tada će smanjenje stakleničkih plinova biti osjetnije. Ključ uspjeha je visokorazvijena tehnologija, pa je sasvim izvjesno da će u budućnosti biti sve više bioetanola iz slame i srodnih biljaka. Diljem svijeta postoje milijarde razvojnih programa koji potiču proizvodnju biogoriva. Stotinjak istraživanja, demonstracija i proizvodnih pogona neprestano niče. Na redu su vlade, koje moraju poreznim olakšicama omogućiti što veću i masovniju primjenu svih vrsta biogoriva da bi se smanjili klimatski utjecaji, pa bismo do 2020. godine imali i nekoliko milijuna vozila na biogoriva, poglavito na biopljin.

## **6) ZAKLJUČAK**

Nedvojbeno je da se izvori resursa fosilnih goriva sve više smanjuju, pa je stoga uvođenje alternativnih pogona u cestovna vozila (i drugim prijevoznim sredstvima) neizbježno. Prilikom usporedbe konvencionalnih s alternativnim pogonima zaključuje se da

su alternativni pogoni puno manje štetni za ekologiju okoliša, iziskuju puno manje troškova eksploatacije, kao i troškova održavanja. Hibridna vozila sa integriranim fotoćelijama pokazuju najbolje karakteristike da se iz prototipova provedu u komercijalnu uporabu. To se prvenstveno misli na potpunu zamjenu benzinskih motora elektromotorom, uz pomoć energije iz fotoćelija za pogon vozila.

Prema istraživanju prikazanom u ovom radu za očekivati je da će u idućih pedeset godina naftne zalihe u svijetu postati nedovoljne za korištenje u komercijalne svrhe. To ukazuje da će goriva dobivena preradom nafte (dizel gorivo i benzin) postati alternativni pogoni, a današnji će alternativni pogoni, prvenstveno elektrovozila (vozila pogonjena elektromotorom) i hibridna vozila s integriranim fotoćelijama postati komercijalni pogoni. Autoplin i biodizel predstavljaju samo trenutna rješenja. Autoplin odnosno bioplin (LPG) je također fosilno gorivo, pa i njega pomalo nestaje, ali ga ima u znatno većoj količini od nafte, a biodizel u svom sastavu ima dizel kao fosilno gorivo. Korištenjem autoplina i biodizela dolazi do štetnih emisija stakleničkih plinova, ali u puno manjoj mjeri nego kod konvencionalnih pogona.

Trendovi koji se danas promoviraju u uvođenju alternativnih pogona prvenstveno vode računa o ekonomičnosti, a u drugom planu o ekologiji. No, treba spomenuti i ekološke prednosti alternativnih pogona. Prvenstveno se to odnosi na smanjenu emisiju stakleničkih plinova kod uporabe autoplina, biodizela i hibridnih pogona te kod uporabe elektromotora kod kojih uopće ne dolazi do emisije. Emisije sumporova oksida ( $\text{SO}_2$ ) se ograničuju prvenstveno zbog štetnog utjecaja na okoliš (kisele kiše), dušikovih oksida ( $\text{NO}_x$ ) zbog stvaranja smoga, ugljikova dioksida ( $\text{CO}_2$ ) zbog nepovoljnog utjecaja na globalno zagrijavanje, a preostale emisije su štetne za ljudsko zdravlje (alergijske reakcije).

## **LITERATURA**

1. Vrhovski D.: Logistika na električni pogon, Transport i logistika, god. 2008, br.4, str. 30

2. Alternativni pogoni automobila, Sysprint, Drvo znanja, prosinac 2007., br. 110, godište 11., str. 62 - 67
3. Dojčinović Z., Autoplin kao pogonsko motorno vozilo u Republici Hrvatskoj, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, Goriva i maziva, 2009., br.48, godište 3.
4. <http://sr.scribd.com/doc/149017278/Ekonomichnost-vozila#scribd> [05.08.2015.]
5. <http://bs.scribd.com/doc/13402212/Eksploatacija-i-odrzavanje-vozila-skripta#scribd> [05.08.2015]
6. <http://www.interplast.hr> [07.08.2015.]
7. <http://zelenipartner.eu/art/u-sad-u-se-elektrichni-automobili-bolje-prodaju-od-plug-in-elektrichnih-hib> [08.08.2015.]
8. <http://www.gradimo.hr/clanak/bosch-pogoni-sto-ce-nas-pogoniti-u-buducnosti/89247> [08.08.2015.]
9. [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija\\_u\\_prometu/Materijali/Nastavni\\_materijal\\_alternativna\\_goriva.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_alternativna_goriva.pdf) [08.08.2015.]
10. [http://mervik/downloads/tehnika/prirucnici/prirucnik\\_cestovna\\_vozila\\_za\\_voditelje.pdf](http://mervik/downloads/tehnika/prirucnici/prirucnik_cestovna_vozila_za_voditelje.pdf) [14.08.2015.]
11. <http://e-student.fpz.hr/index.asp?izbID=70> [15.08.2015.]
12. <https://sh.wikipedia.org/wiki/1769> [15.08.2015.]
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/Stirling\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine) [15.08.2015.]
14. [https://en.wikipedia.org/wiki/Wankel\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Wankel_engine) [15.08.2015.]
15. [https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni\\_motor](https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor) [15.08.2015.]
16. [https://www.google.hr/search?q=proizvodnja+biodizela+u+hrvatskoj&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI5a6XnuXYxwIVgg8sCh3TygAl#tbm=isch&q=proizvodnja+biodizela&imgdii=L7PH-4IY\\_VKdQM%3A%3BL7PH-4IY\\_VKdQM%3A%3BZPYcVxQQ7lSD5M%3A&imgrc=L7PH-4IY\\_VKdQM%3A](https://www.google.hr/search?q=proizvodnja+biodizela+u+hrvatskoj&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI5a6XnuXYxwIVgg8sCh3TygAl#tbm=isch&q=proizvodnja+biodizela&imgdii=L7PH-4IY_VKdQM%3A%3BL7PH-4IY_VKdQM%3A%3BZPYcVxQQ7lSD5M%3A&imgrc=L7PH-4IY_VKdQM%3A) [15.08.2015]

## POPIS SLIKA

|  |   |
|--|---|
| 1. Slika 1. Prvi automobil 1769. godine..... | 5 |
| 2. Slika 2 Stirling motor 1816. godine.....  | 5 |
| 3. Slika 3 Wankel motor.....                 | 7 |

|  |    |
|--|----|
| 4. Slika 4 Teoretski dijagram Otto motora..... | 11 |
| 5. Slika 2 Ciklus proizvodnje biodiezela.....  | 21 |

## **POPIS TABLICA**

|  |    |
|--|----|
| 1. Tablica 1. Prednosti i nedostaci Biodizela..... | 23 |
|--|----|







Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000  
Zagreb  
Vukelićeva  
4

## METAPODACI

**Naslov rada:** Analiza eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon

**Autor:** Kristina Vdović

**Mentor:** prof.dr.sc Goran Zovak

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Exploitation Analysis of Features for Vehicles on Alternative Drive System

**Povjerenstvo za obranu:**

- Mr.sc. Ivo Jurić , predsjednik
- prof.dr.sc. Goran Zovak , mentor
- dr.sc.Željko Šarić , član
- prof.dr.sc.Marijan Rajsman , zamjena

**Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za cestovni promet

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Naziv studijskog programa:** Promet

**Stupanj:** preddiplomski

**Akademski naziv:** univ. bacc. ing. traff.

**Datum obrane završnog rada:** 15.9.2015



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada pod naslovom **Analiza eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 3.9.2015 \_\_\_\_\_

Student/ica:

(potpis)