

OSNOVNA ŠOLA ŠALEK VELENJE
Šalek 87, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

ELEKTRIČNI AVTOMOBILI

Tematsko področje: ELEKTROTEHNIKA, ELEKTRONIKA, ROBOTIKA

Avtor:
Mark Šehič, 9. razred

Mentor:
Igor Košak, prof. pthv. in fiz.

Velenje, 2022

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Šalek Velenje.

Mentor: Igor Košak, prof. pthv. in fiz.

Datum predstavitve: 29. marec 2022

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD OŠ Šalek, šolsko leto 2021/2022

KG motorji / električni avto / trajnostna mobilnost / avtomobilske emisije

AV ŠEHIČ, Mark

SA KOŠAK, Igor

KZ 3320 Velenje, SLO, Šalek 87

ZA OŠ Šalek Velenje

LI 2022

IN ELEKTRIČNI AVTOMOBILI

TD Raziskovalna naloga

OP VII, 50 str., 4 pregl., 19 sl., 24 vir.

IJ SL

JI sl / en

AI Prevozna sredstva uvrščamo med najpomembnejše stvari v našem življenju. Težko si predstavljamo življenje brez njih, saj so pomembna za gospodarstvo države, povezovanje z drugimi ljudmi, direktno spoznavanje različnih kultur itd. Ljudje se vsak dan vozimo z avtomobili in s tem v ozračje sproščamo ogromno količino ogljikovega dioksida. Zaradi tega prihaja do podnebnih sprememb in onesnaženega zraka. Živimo v času, ko se proizvodnja in prodaja električnih avtomobilov povečuje. Odločil sem se raziskati možnost nadomestitve avtomobilov z notranjim izgorevanjem z do zdaj že zelo dobro razvitimi električnimi avtomobili. Za izvedbo takšnega projekta bi potrebovali veliko elektrike, ki bi jo lahko pridobili na različne načine. Z raziskavo sem prikazal predloge, ki bi lahko znatno zmanjšali izpuste toplogrednih in ostalih škodljivih plinov. Pomembno se je zavedati, da če potrebno elektriko pridobimo le iz termoelektrarne, ne bi zmanjšali

izpustov, ampak bi jih povečali. Najbolj ekološka rešitev je postavitve sončnih celic na strehe hiš po Sloveniji in povečanje število vetrnic.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND OŠ Šalek, 2020/2021

CX engines / electric car / sustainable mobility / car emissions

AU ŠEHIČ, Mark

AA KOŠAK, Igor

PP 3320 Velenje, SLO, Šalek 87

PB OŠ Šalek Velenje

PY 2022

TI ELECTRIC CARS

DT Research work

NO VII, 50 p., 4 tab., 19 fig., 24 ref.

LA SL

AL sl / en

AB We rank means of transportation among the important things in our lives. Without them, it is difficult to imagine life, as it is so important for the country's economy, connecting with other people, knowing different cultures directly, and so on. People drive cars every day and release huge amounts of carbon dioxide into the atmosphere. This leads to climate change and polluted air. We live in a time when the production and sales of electric cars are increasing. I decided to explore the possibility of replacing internal combustion cars with already highly developed electric cars. Implementing such a project would require a lot of electricity, which could be obtained in various ways. Through my research, I presented proposals that could significantly reduce greenhouse gas and other

harmful gas emissions. It is important to be aware that if the necessary electricity were obtained from thermal power plants, emissions would not be reduced, but increased. The best ecological solution is to install solar cells on the roofs of houses in Slovenia and increase the number of windmills.

Vsebina

1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 Zgodovina električnega avtomobila.....	2
2.2 Zgodovina vozil na notranje izgorevanje.....	4
2.3 Predstavitev vozila na dizel	6
2.4 Predstavitev vozila na bencin	10
2.5 Predstavitev hibridnega vozila.....	18
2.6 Predstavitev električnega vozila	22
3 MATERIAL IN METODE DE LA	25
3.1 Material.....	25
3.2 Metode dela.....	25
4 REZULTATI IN DISKUSIJA.....	26
4.1 Zaskrbljujoči dejavniki avtomobilov z notranjim izgorevanjem v Sloveniji	26
4.2 Akumulatorji (baterije) pri električnih avtomobilih	32
4.3 Polnilnice, polnjenje in cena	34
4.3.1 Oprema za polnjenje.....	36
4.4 Nadomestitev z električnimi avtomobili.....	38
4.5 Pridobivanje elektrike	41
4.5.1 $\frac{1}{3}$ HE, $\frac{1}{3}$ TEŠ, $\frac{1}{3}$ NEK	41
4.5.2 Koliko m ² sončnih celic ali vetrnic je potrebnih za pridobitev elektrike, ki jo porabijo električni avtomobili?	43

4.5.3 Vpliv na okolje, če bi vso elektriko za električne avtomobile proizvedli v TEŠ, ob predpostavki, da lahko proizvede dovolj elektrike za samooskrbo.....	43
5 POVZETEK	44
6 ZAKLJUČEK	46
7 SUMMARY	46
8 VIRI IN LITERATURA.....	47
8.1 VIRI SLIK	50

KAZALO SLIK

Slika 1: Rudolf Diesel (1).....	6
Slika 2: Zgradba štiriktaktnega dizelskega motorja (2).....	7
Slika 3: Štiriktaktni cikel (2)	8
Slika 4: Zgradba dizelskega vozila (3)	9
Slika 5: Zgradba bencinskega vozila (4)	10
Slika 6: Zgradba bencinskega motorja tipa V (5).....	10
Slika 7: Tipi bencinskih motorjev (5).....	11
Slika 8: Batno-cilindrični tip (5).....	11
Slika 9: Štiriktaktni cikel (5)	12
Slika 10: Dvotaktni motor (5).....	14
Slika 11: Wanklov rotacijski motor (5)	17
Slika 12: Zgradba hibridnega električnega vozila (6)	20
Slika 13: Zgradba priključnega hibridnega električnega vozila (7)	20
Slika 14: Zgradba električnega vozila (8).....	23
Slika 15: J1772 priključek (9)	36
Slika 16: J1772 priključek (9)	36
Slika 17: CCS priključek (9)	37
Slika 18: CHAdeMO priključek (9)	37
Slika 19: Priključek Tesla (9).....	37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava časa polnjenja na različnih polnilnih postajah	34
Tabela 2: Cenik storitve polnjenja električnih vozil – Slovenija	35
Tabela 3: Primerjava porabe, stroškov in onesnaževanja električnih avtomobilov in avtomobilov na notranje izgorevanje	40
Tabela 4: Izpusti elektrarn	42

SEZNAM OKRAJŠAV

itd. – in tako dalje

oz. – oziroma

sv. – svetovna

ZDA – Združene države Amerike

npr. – na primer

CO₂ – ogljikov dioksid

NO_x – dušikovi oksidi

kWh – kilovatna ura

MWh – megavatna ura

GWh – gigavatna ura

1 UVOD

Avtomobili so že od nekdaj pomembno prevozno sredstvo. Skozi desetletja so se spreminjale oblike, opremljenost, varnost vozila, pogon in zasnova motorja pa sta v osnovi že nekaj časa enaka. Običajno se ljudje odločimo za vozilo, ki ga poganja motor z notranjim zgorevanjem. Ta vozila za gorivo primarno uporabljajo neobnovljive vire (fosilna goriva – bencin, dizel, zemeljski plin). Redkeje pa se ljudje odločamo za vozila na hibridni pogon (fosilna goriva in pomoč elektromotorja) in še redkeje za vozila na električni pogon. Za vozila, ki za gorivo uporabljajo bencin ali dizel vemo, da njihovi izpusti ogrožajo naravo in pripomorejo h »globalnemu segrevanju«.

V moji raziskovalni nalogi me je zanimalo, če bi bilo mogoče vse avtomobile na fosilna goriva zamenjati z električnimi ter kaj bi to pomenilo za ljudi, gospodarstvo in naravo. Zelo pomembno se mi zdi, da tudi pri vozilih na električni pogon izpostavim, da če za njihovo polnjenje večino elektrike pridobimo iz fosilnih goriv, še ne moremo govoriti o zeleni mobilnosti.

HIPOTEZE:

1. Več kot je električnih avtomobilov v Sloveniji, manjša je onesnaženost zraka.
2. V Sloveniji trenutno ne proizvedemo oz. uvozimo dovolj elektrike, da bi lahko vsa osebna vozila zamenjali z električnimi.
3. Na prevoženih 100 km je cena klasičnega goriva višja kot cena elektrike.
4. Stroški za vožnjo in vzdrževanje električnih osebnih vozil so nižji kot stroški za osebna vozila na bencin ali dizel.
5. Investicija v nakup električnega vozila srednjega cenovnega razreda (35000 €) se povrne po prevoženih 50000 km.

2 PREGLED OBJAV

2.1 Zgodovina električnega avtomobila

Človek je že od nekdaj iskal rešitev za potovanje iz kraja v kraj. Sprva je bil odvisen od živali, vendar se je pojavila potreba po učinkovitejšem prevažanju. Veliko odkritje kolesa je prineslo novosti, kot je uporaba vprežnih vozov in kočij. Čeprav so takrat živali pri prevozu vseeno imele pomembno vlogo, se je to v 19. stoletju spremenilo. Izum prvega avtomobila, ki je deloval na električni pogon, je pri prevozu sprožil revolucionarne spremembe, ki so bile vse do takrat nepojmljive.

V začetku 19. stoletja so se na evropskih in ameriških tleh začela pojavljati prva električna vozila. Razvoj se je začel leta 1828, ko je Madžar Anyos Jedlik razvil prvi tip električnega motorja. Preizkusil ga je v majhnem električnem avtomobilu. Leta 1835 sta Nizozemec Sibrandus Stratingh in njegov pomočnik Christopher Becker iz Nemčije razvila manjši električni avtomobil s pogonom na primarne celice, ki pa jih ni bilo mogoče napolniti. Potreba po shranjevanju električne energije v vozilu je privedla do iznajdbe baterije iz svinčeve kisline, ki jo je leta 1859 razvil francoski fizik Gaston Plante. Zmogljivost baterije je leta 1881 povečal Francoz Camille Alphonse Faure, kar je povzročilo industrijsko izdelovanje baterij. Z uporabo nedavno izboljšane baterije je prav tako leta 1881 francoski izumitelj Gustave Trouvé testiral prvo električno vozilo z lastnim virom energije. Električni avtomobili so na trgu že 50 let, ko Karl Benz razvije prvi avtomobil na notranje izgorevanje, ki deluje na bencinski pogon. [1]

K razvoju električnih avtomobilov sta najbolj prispevali Francija in Velika Britanija. Leta 1888 je nemški inženir Andreas Flocken razvil prvi električni avtomobil za javno uporabo v Evropi. Takrat je električno vozilo doseglo 23 km/h. V Združenih državah Amerike je prvi električni avtomobil s šestimi sedeži, ki je bil primeren za javno uporabo, razvil William Morrison leta 1891. Avtomobil je deloval na elektromotor, ki ga je poganjala baterija. Leta 1901 je bilo razvito prvo hibridno vozilo, ki je imelo na vsakem kolesu elektromotor, ki sta ga poganjala baterija in kot novost tudi generator bencinskega motorja. V 19. stoletju so največ električnih avtomobilov izdelali v Franciji, Nemčiji, Veliki Britaniji in Združenih državah Amerike. Prvi električni avtomobili so se soočali z omejenim dosegom in močjo baterije, tako kot še danes. Največja hitrost zgodnjih električnih avtomobilov je bila približno 32 km/h. [1]

Zanimanje za motorna vozila se je v začetku 20. stoletja močno povečalo. Električni avtomobili so imeli veliko boljših lastnosti od ostalih vozil, saj niso imeli vibracij, vonja, hrupa in brez težav si jih lahko hitro zagnal. Tako so bili zaradi lažje uporabe električni avtomobili bolj primerni za ženske. Električni avtomobili so zaradi krajšega dosega bili bolj primerni za premožnejše mestne prebivalce in vožnjo po mestu. Leta 1912 se je prodalo največje število električnih avtomobilov. [1]

Kljub velikemu uspehu električnih avtomobilov so zaradi vse višjih zahtev družbe in povpraševanju po hitrejših in močnejših avtomobilih, avtomobili z motorjem na notranje izgorevanje kmalu dosegli upad prodaje električnih avtomobilov. Električni avtomobili se po moči, hitrosti in dosegu niso mogli primerjati z avtomobili na notranje izgorevanje. Ti so zaradi vse hitrejšega razvoja in predora na trg postali cenejši in posledično dostopnejši ljudem. [1]

V 70. letih 20. stoletja so zaradi visoke cene nafte in pomanjkanja bencina številni proizvajalci avtomobilov ponovno začeli razvijati vozila na alternativna goriva. Leta 1971 je NASA s posadko na Luno poslala električni rover Lunar in poskrbela za prepoznavnost električnega avtomobila. Kljub izboljšavam električni avtomobili ti niso dosegli javnih interesov. Imeli so nizko omejeno hitrost (70 km/h) in kratek omejen doseg (64 km na polnjenje), zato na trgu niso bili preveč zaželeni. [1]

Kljub pomanjkanju interesa javnosti je leta 1980 ameriški znanstvenik John Goodenough s svojimi kolegi na Univerzi Oxford razvil kobalt-oksido katodo. Ta je danes najpomembnejši del litij-ionske baterije in se uporablja tako v potrošniški elektroniki kot v industriji električnih avtomobilov. Za izum in izboljšanje litij-ionskih baterij so Goodenough in dva njegova raziskovalca leta 2019 prejeli Nobelovo nagrado za svoje delo. [2]

Izum litij-ionskih baterij je prispeval k preboju električnega avtomobila. Večina baterij je bila prvotno izdelana iz svinca in žveplove kisline, pri čemer se je avtomobilski motor zagnal s kratkim tokovnim impulzom. Vendar to še zdaleč ni bilo idealno, saj svinčeno-kislinska baterija ni mogla izprazniti več kot nekaj odstotkov svoje zmogljivosti. Te baterije se danes uporabljajo samo za zagon in prižiganje avtomobila. [19]

Primerjalno so litij-ionske baterije zasnovane tako, da prenašajo veliko večjo gostoto energije. Tako vaš pametni telefon kot prenosni računalnik vsebujeta litij-ionsko baterijo in tako kot izboljšave pri baterijah teh naprav, se je enako zgodilo z baterijami električnih avtomobilov. In ta tehnološka rast je še vedno v polnem zamahu. [19]

2.2 Zgodovina vozil na notranje izgorevanje

Prvo vozilo je izdelal Nicolas Cugnot po naročilu francoskega vojnega ministra, ki je potreboval transportno sredstvo za orožje. Izdelal je dvovaljni traktor na parni pogon, ki se ga je upravljalo s krmilom. Motor je bil povezan z edinim prednjim kolesom, namenjen pa naj bi bil vlečenju topov težkih do 5 ton. Njegova končna hitrost je bila 5 km/h. Vozilo so morali po 12-minutah vožnje ustaviti, da se je ponovno ustvaril pritisk pare. Par let kasneje je Nicolas Cugnot izdelal podobno vozilo in z njim doživel prvo prometno nesrečo, saj se je zaletel v zid hiše in ga podrl. Vozilo je ostalo nepoškodovano. [3]

Leta 1860 je bil v Belgiji izdelan prvi uspešni motor z notranjim izgorevanjem. To je bil dvotaktni plinski motor. Dve leti kasneje so isti motor vgradili v preizkusno vozilo, ki je doseglo 18 km/h. Vozila so postala veliko dražja, saj so motorju dodali električni vžig. Nемеc Nikolaus August je v Kölnu izpopolnjeval plinski motor in dobil zamisel za razvoj novega motorja z notranjim izgorevanjem. Tako je zasnoval prvi štiritaaktni motor. Istega leta je Gottlieb Daimler razvil bencinski motor, ki je lahko poganjal vozila. Preizkusil ga

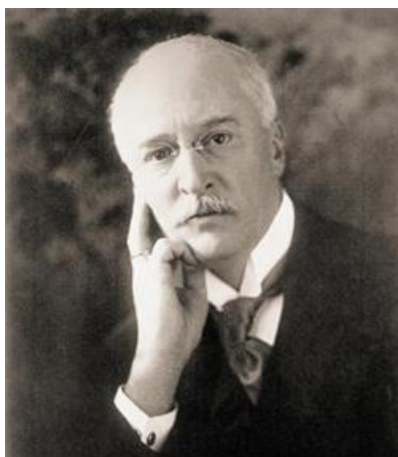
je na štirikolesni konstrukciji in dosegel hitrost 18 km/h. Medtem je svojega trikolesnika testiral Karl Benz. Ti vozili prištevamo med prva moderna avtomobila. Emile Levassor in Rene Panhard sta naredila prvo vozilo, ki je imelo motor spredaj. Hotela sta izdelati avtomobil, ki bi se bistveno razlikoval od kočije in katerega deli bi v celoti ustrezali delovanju avtomobila. Izdelala sta dvovaljni Daimlerjev motor, ki je imel 2,5 konja moči in s tristopenjskim menjalnikom dosegel hitrost 30 km/h. Njuni avtomobili so dosegali dobre rezultate na dirkah in Emile Levassor je postal prva žrtev avtomobilskih dirk. [3]

Leta 1901 je prvi avtomobil znamke Mercedes prinesel veliko novosti, saj je bil izredno izpopolnjen, poganjal pa ga je 5,9-litrski motor. Že mercedesov drugi model je tehtal okoli 900 kg in dosegel hitrost 80 km/h. Leto kasneje so s tem avtomobilom dosegli hitrost 111,1 km/h, kar je bil tudi nov svetovni hitrostni rekord. Konec tega obdobja zaznamuje Fordov model T, saj je bil prvi avtomobil, ki so ga izdelovali v serijski proizvodnji in je bil ljudem tako dostopnejši. Izdelan je bil v celoti iz jekla in poskrbeli so, da nikjer ni puščala voda. Avtomobil je imel veliko prednosti, saj je bil širok, prostoren, stabilen in dovolj oddaljen od tal, da je omogočil vožnjo po neravnem terenu. Ford je po svetu postal zelo popularen, saj je imel zanesljiv motor, menjalnik in druge dele. Na trg so prihajale tudi nove znamke, kot so BMW, različne francoske od katerih so do danes ohranjene še Renault, Citroen, mlajši Peugeot in češka Škoda, ki je bila po kakovosti uvrščena v sam vrh. [3]

2. sv. vojna je v Evropi in na Japonskem pustila velike posledice. V Nemčiji, Angliji in Franciji se je proizvodnja popolnoma obnovila šele v zgodnjih 50. letih. Takrat so avtomobili v ZDA postali vse bolj običajno prevozno sredstvo tudi za srednji sloj prebivalstva, medtem ko je bil v Evropi avtomobil še vedno stvar velikega prestiža. Šele v 80. letih se je začelo bolj posvečati področju varnosti avtomobilov. Prve karoserije so imele od začetka še podobo kočije. Spremenili so razporeditev sedežev in pod njih vstavili motor. Pojavijo se prve oblike karoserije z zaščito pred vremenskimi vplivi. Zamenjali so tudi material za izdelavo karoserije, saj so les zamenjali s pločevino. Potreba po višji hitrosti je zaradi aerodinamike vplivala na obliko karoserije. [3]

2.3 Predstavitev vozila na dizel

Dizelski motor spada med motorje z notranjim izgorevanjem. Izum pripisujemo nemškemu inženirju Rudolfu Dieslu, ki je prikazan na sliki 1. Dizelski motor deluje na plinsko olje, ki mu po domače pravimo nafta, in za vžig ne potrebuje vžigalnih svečk. [4]



Slika 1: Rudolf Diesel (1)

Vžig v motorju povzroči močno stisnjen zrak, ki se ogreje na visoko temperaturo. Temperature so zaradi visoke kompresije višje kot vžigalne temperature plinskega olja. Žarilna svečka pri prvem zagonu ogreje zrak na visoko temperaturo. [4]

Plinsko olje ni pomešano z zrakom, ko ga v valj pod visokim pritiskom vbrizgava posebna šoba. Plinsko olje se ob stiku z vročim zrakom vžge. Vsaka šoba vbrizga v valj točno določeno količino goriva, ki ga dovaja visokotlačna črpalka. Količino vbrizganega goriva oz. moč motorja uravnava voznik s pedalom. [4]

Prednosti dizelskega motorja so:

1. boljši izkoristek (manjši stroški za gorivo),
2. daljša življenjska doba,
3. nižji stroški vzdrževanja,
4. visok navor že pri manjših hitrostih.

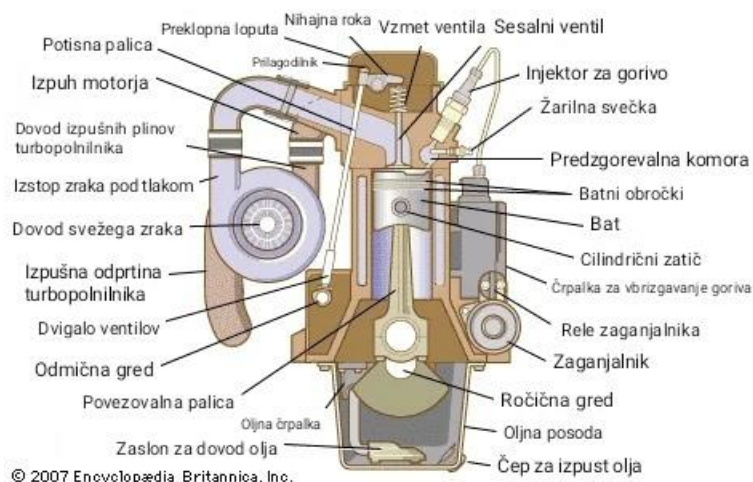
Slabosti dizelskega motorja so:

1. dražja izdelava,
2. večja teža,
3. glasnejši tek, zlasti prazni tek in tek po zagonu,
4. slabši pospeški,
5. večje emisije trdnih delcev (saje).

Obstajata dve vrsti dizelskih motorjev: dvotaktni in štiritačni. Manjši motorji so pogosto štiritačni. Zgradba štiritačnega dizelskega motorja je prikazana na sliki 2. Dvotaktni so večji in počasnejši motorji, na primer za pogon ladij. Skupna značilnost obeh vrst je samovžig goriva, ki ga visokotlačna črpalka vbrizga skozi šobo v močno segret zrak, ko je ta v valju motorja najbolj stisnjen. Dvotaktni in štiritačni motor se razlikujeta po načinu dotoka svežega zraka in odstranjevanju dimnih plinov iz valja. [4]

Dvotaktni motorji so zelo enostavni in zaradi majhnega števila delov tudi zelo zanesljivi, kar je ključno za uporabo na primer na ladjah. Dvotaktni batni motor ne potrebuje ventilov, saj je pri vsakem obratu en delovni takt; pri štiritačnem motorju pa je delovni takt le vsak drug obrat. Moč dvotaktnega motorja je za enako velikost skoraj dvakrat večja od štiritačnega motorja. Pomanjkljivost dvotaktnih motorjev je, da se zrak in izpušni plini nekoliko mešajo. [4]

Štiritačni cikel:



Slika 2: Zgradba štiritačnega dizelskega motorja (2)

1. Takt – sesanje:

Bat se giblje navzdol. Medtem se odpre vhodni ventil in bat vsesa v valj zrak. Ko bat prispe v spodnjo mrtvo točko, se vhodni ventil zapre.

2. Takt – stiskanje:

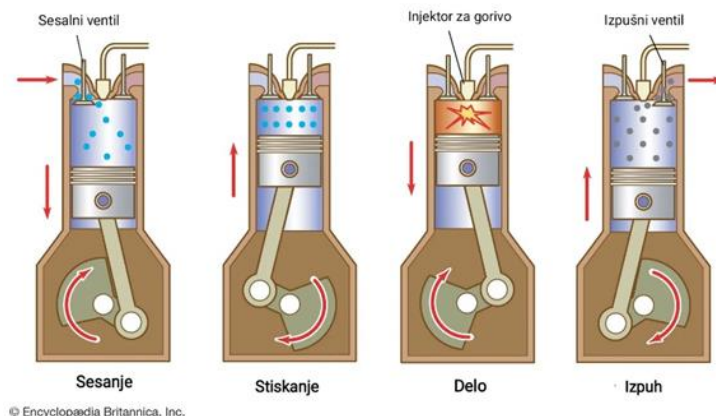
Pri motorjih z neposrednim vbrizgom goriva črpalka tik pred vrnitvijo bata k zgornji mrtvi točki, vbrizga v valj gorivo. Bat s premikom navzgor mešanico zraka in goriva zgosti, zato v njem tlak do vžiga narašča.

3. Takt – delo:

Pri dizelskih motorjih gorivo vžge toplota, ki nastane pri stiskanju zraka. Ker se pri zgorevanju plin razširja, potisne bat ponovno navzdol. Bat pri tem opravi mehansko delo.

4. Takt – izpuh:

Ko bat prispe na spodnjo točko, se odpre izhodni ventil. Bat med pomikanjem proti zgornji točki iztisne izpušne pline. Na koncu tega takta se pojavi navzkrižno delovanje ventilov. Preden bat prispe do zgornje točke, se že ponovno odpre vhodni ventil za pritok zraka, potrebnega za nov krog delovanja motorja. Pri tem se lahko pojavi prenizek pritisk, zaradi katerega vsesan zrak pritiska na bat v nasprotni smer batnega premika. Predhodno odpiranje vhodnega ventila bi naj omogočilo dotok čim več svežega zraka. Takoj zatem, ko bat prispe do zgornje točke, se izhodni ventil zapre. [5]



Slika 3: Štiritaktni cikel (2)

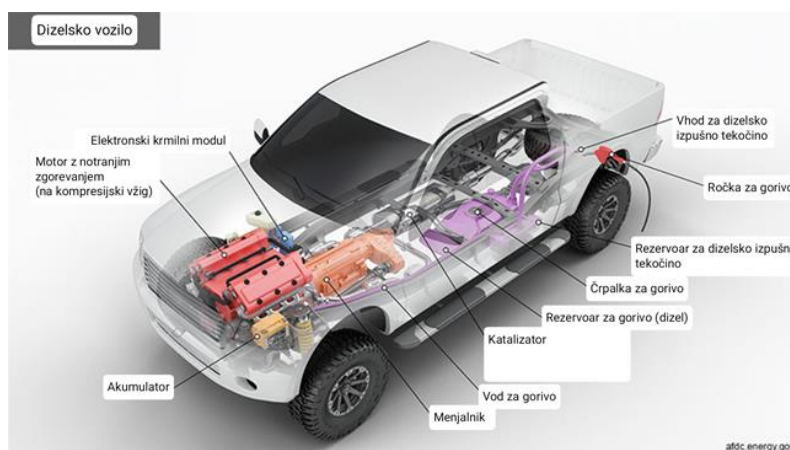
Dizelski motorji delujejo na podoben način kot bencinski, vendar v prvem taktu vsesavajo v valj samo zrak. Ta se v drugem taktu komprimira, pri čemer se segreje na visoko temperaturo. V tretjem taktu sledi prisilni vbrizg dizelskega goriva v valj, ki je tako vroč, da pride do vžiga goriva brez električne iskre. [6]

Prednosti 4-taktnega motorja so:

1. boljša krivulja moči in navora, bolj enakomerna v širšem razponu vrtljajev,
2. manjša poraba goriva in mazalnega olja,
3. možnost uporabe katalizatorja, saj olje v izpušnih plinih ne zamaže keramičnih luknjic kot bi jih dvotaktni,
4. je bolj tih in okolju prijazen motor kot dvotakten.

Primerjava med 2- in 4-taktnim motorjem:

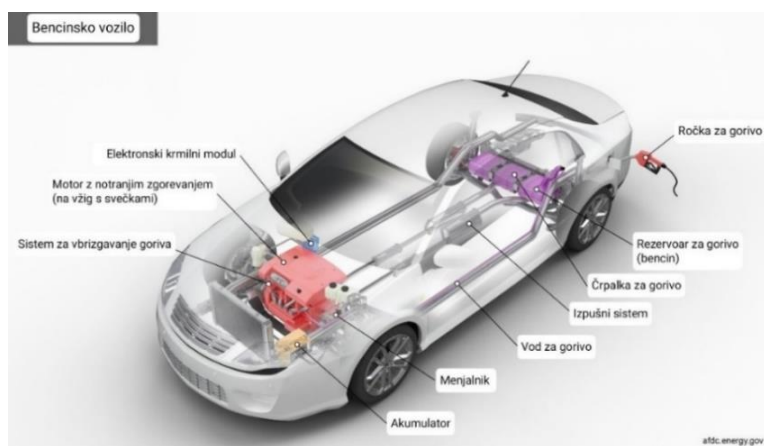
Pri motorju z dvotaktnim delovanjem pride do enega vžiga pri vsakem vrtljaju, zato bi moral dati tudi dvakrat večjo moč kot štiritaktni. V resnici pa sta polnjenje in izpuh znatno krajša in manj burna, zato dvotaktni motor težje »diha«. Moč motorja je torej zaradi znatno slabšega polnjenja z mešanico zraka in goriva komaj nekaj večja od štiritaktnega motorja pri isti delovni prostornini. Ker pa se dvotaktni motorji lahko hitreje vrtijo, imajo vseeno 1,2- do 1,5-krat večjo moč kot štiritaktni. [6]



Slika 4: Zgradba dizelskega vozila (3)

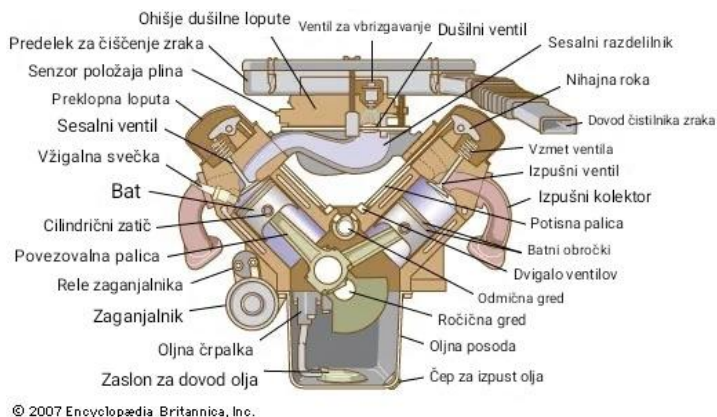
2.4 Predstavitev vozila na bencin

Bencinska in dizelska vozila so podobna. Obe vrsti vozil uporabljata motorje z notranjim izgorevanjem. Bencinski avtomobil običajno uporablja motor z notranjim zgorevanjem na vžig s svečkami in ne sisteme na kompresijski vžig, ki se uporabljajo v dizelskih vozilih. V sistemu, ki ga vžigajo svečke, se gorivo vbrizga v zgorevalno komoro in kombinira z zrakom. Mešanica zraka in goriva se vžge zaradi iskre iz svečke. [7]



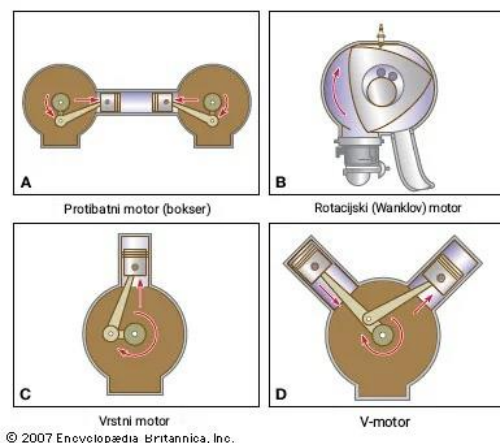
Slika 5: Zgradba bencinskega vozila (4)

Štiriktaktni bencinski motorji poganjajo veliko večino avtomobilov, lahkih tovornjakov, srednjih do velikih motornih koles in kosilnic. Dvotaktni bencinski motorji so manj pogosti, vendar se uporabljajo za majhne izvenkrmne ladijske motorje in v številnih ročnih orodjih za urejanje okolice, kot so verižne žage, škarje za živo mejo in puhalniki listja. [8]



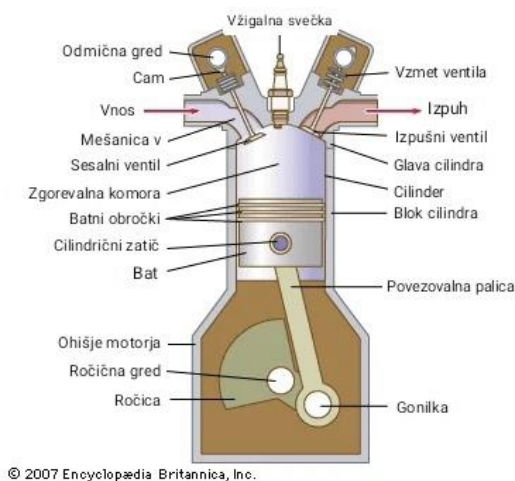
Slika 6: Zgradba bencinskega motorja tipa V (5)

Bencinske motorje lahko razvrstimo v več tipov. Uporabimo lahko različna merila: uporaba, način upravljanja z gorivom, vžig, bat in cilinder ali rotor razporeditev, gibi na cikel, hladilni sistem ter vrsta in lokacija ventila. Večinoma so opisani v okviru dveh osnovnih tipov motorjev: batni in cilindrični motor ali rotacijski motor. Pri motorju z batom in cilindrom tlak, ki nastane z izgorevanjem bencina, ustvarja silo na glavi bata, ki premika dolžino cilindra v povratnem gibanju ali naprej in nazaj. Ta sila odganja bat stran od glave valja in opravlja delo. Rotacijski ali Wanklov motor nima običajnih valjev, opremljenih s povratnimi bati. Namesto tega tlak plina deluje na površine rotorja, zaradi česar se rotor vrti in tako opravlja delo. [8]



Slika 7: Tipi bencinskih motorjev (5)

Večina bencinskih motorjev je batno-cilindričnega tipa. Skoraj vsi motorji te vrste sledijo štiritaktnemu ali dvotaktnemu ciklu. [8]

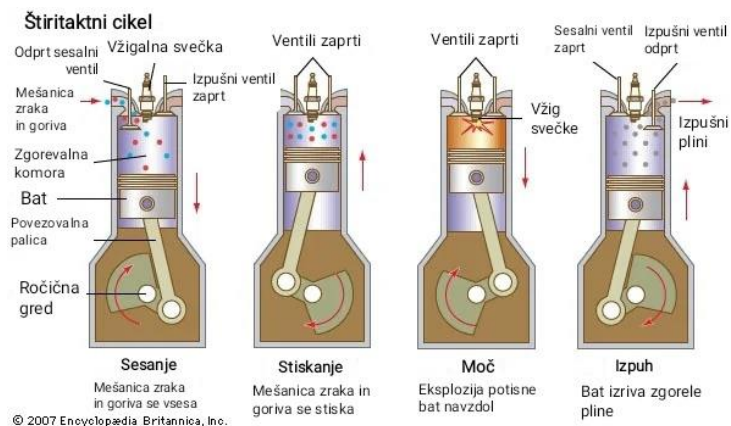


Slika 8: Batno-cilindrični tip (5)

Štiritaltni cikel:

Od različnih tehnik za pridobivanje moči iz procesa zgorevanja je bil doslej najpomembnejši štiritaltni cikel, zasnova, ki se je prvič razvila v poznem 19. stoletju. Ko je vstopni ventil odprt, se bat najprej spusti na sesalni hod. S tako ustvarjenim delnim vakuumom se v jeklenko vname vnetljiva mešanica bencinskih hlapov in zraka. Mešanica se stisne, ko se bat dvigne na kompresijski hod z zaprtimi ventili. Ko se približuje koncu takta, se naboj vžge z električno iskro. Sledi močni udar, pri čemer sta oba ventila še zaprta, in tlak plina zaradi raztezanja zgorelega plina pritiska na glavo bata ali krono. Med izpušnim gibom dvigajoči bat potiska izrabljene produkte zgorevanja skozi odprt izpušni ventil. Nato se cikel ponovi. Vsak cikel tako zahteva štiri gibe bata – sesanje, stiskanje, moč in izpuh – in dva vrtljaja ročične gredi. [8]

Pomanjkljivost štiritaltnega cikla je, da je opravljenih le polovico toliko gibov moči kot pri dvotaltnem ciklu in le polovico manj moči je mogoče pričakovati od motorja določene velikosti pri določeni delovni hitrosti. Štiritaltni cikel pa zagotavlja bolj pozitivno čiščenje izpušnih plinov in ponovno polnjenje jeklenk, kar zmanjšuje izgubo svežega polnjenja v izpuh. [8]



Slika 9: Štiritaltni cikel (5)

Dvotaktni cikel:

Proces se prične v spodnji mrtvi legi in zahteva samo en poln vrtljaj ročične gredi ter omogoča po en vžig pri vsaki zgornji mrtvi legi. Sveži plini so stisnjeni že prej (v karterju). Vstop in izstop plinov omogočajo kanali, ki so v steni valja. Cilj take konstrukcije je bil narediti motor, ki bi imel enostavnejše delovanje, vendar se takšen motor danes uporablja le še za motorna kolesa in manjše poljedelske stroje ter za izvenkrmne motorje vodnih plovil. Razlog je predvsem v večjem onesnaženju okolja, zato so nekatere države že prepovedale proizvodnjo novih motorjev tega tipa (Francija). V tem motorju opravimo proces v dveh gibih bata, kar je izvedljivo le, če izkoristimo prostor nad in pod batom. [9]

Pri dvotaktnem motorju se rahlo razlikuje tudi mešanica, in sicer zato, ker ji dodajamo olje za mazanje v količini povprečno 3 %. To olje maže gibajoče dele motorja, kar je seveda precej slabše kot pri štiritačtnem motorju, zato je potrebna tudi drugačna konstrukcija ležajev, pri katerih drsne zamenjujejo kotalni ležaji. [9]

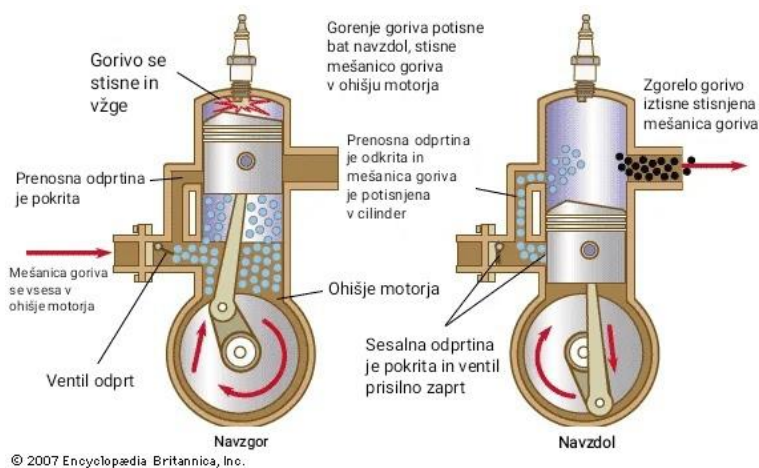
Prvi takt:

Dogajanje nad batom: na začetku novega procesa je bat v spodnji mrtvi legi. Izpušni kanal je odprt in zgoreli dimni plini izhajajo iz valja. Odprt je tudi pretočni kanal, ki je povezava med karterjem in valjem. V karterju se z določenim nadtlakom nahaja sveža mešanica, ki skozi pretočni kanal priteka v nadbatni prostor. Oblika prostora v glavi motorja in značilna oblika prisekanega bata pripomoreta, da sveža mešanica prihaja za zgorelim plinom in ga tako pomaga odstraniti. Čez čas se pretočni kanal zapre in takoj zatem še izpušni kanal. V nadbatnem prostoru se začne kompresija sveže mešanice zraka, goriva in olja. Nekoliko pred zgornjo mrtvo lego preskoči iskra in s tem se začne zgorevanje mešanice zraka in goriva. Dogajanje pod batom: Na začetku takta se v podbatnem prostoru nahaja stisnjena mešanica, ki zaradi določenega nadtlaka v karterju odteka skozi odprt pretočni kanal v valj. Čez čas bat med svojim gibanjem navzgor pretočni kanal zapre in polnitev valja se konča. Ko bat nadaljuje potovanje navzgor, v podbatnem prostoru nastaja podtlak, saj je karter hermetično zaprt. Ko se bat s svojim spodnjim delom dvigne nad sesalno odprtino in tako odpre sesalni kanal, začne v prostor dotekati

sveža zmes. Dvotaktni motor ima torej odprto izmenjavo plinov, kar pomeni, da pride do neizogibnega mešanja svežih in izpušnih plinov ter do izgube svežega plina, ker sta istočasno odprta izpušni in pretočni kanal. [9]

Drugi takt:

V drugem taktu se bat giblje od zgornje mrtve lege proti spodnji mrtvi legi. Nastali visoki tlak v drugem taktu potisne z vso silo bat navzdol proti spodnji mrtvi legi. Ta takt je delovni, torej žene motor. Dogajanje nad batom: Na začetku takta je bat v zgornji mrtvi legi. Zgorevanje, ki se je začelo tik pred koncem prejšnjega takta, se nadaljuje. Zaradi zgorevanja se tlak na začetku takta še dodatno poveča in z vso silo potisne bat navzdol. Proti koncu takta se najprej odpre izpušni kanal, takoj zatem pa še pretočni kanal. Zgoreli dimni plini se odstrani jo skozi izpušni kanal, hkrati pa skozi pretočni kanal doteka sveža mešanica. Dogajanje pod batom: Že od konca prejšnjega takta v prostor zaradi podtlaka doteka sveža mešanica. Ta polnitev traja tako dolgo, da bat, pri svoji poti navzdol, zapre dovodno sesalno odprtino. V nadaljevanju začne bat na svoji poti proti spodnji mrtvi legi stiskati svežo mešanico v karterju (do tlaka okoli 1,2 do 1,7 bara). V karterju začne nastajati nadtlak. Proti koncu drugega takta se odpre pretočni kanal do nadbatnega prostora, po katerem začne iz karterja odtekati mešanica. [9]



Slika 10: Dvotaktni motor (5)

Tak sistem se uporablja v številnih majhnih bencinskih motorjih (npr. majhni izvenkrmni motorji) in za bencinske naprave (npr. prenosni električni generatorji). Številni dvotaktni stroji so razvpiti po hrupu, emisijah ogljika in drugih oblikah onesnaževanja zraka, ki jih povzročajo. Druga pomanjkljivost dvotaktnih motorjev je, da povratni tok plinov povzroči rahlo izgubo svežega polnjenja skozi izpušne odprtine. Zaradi te izgube uplinjači, ki delujejo v dvotaktnem ciklu, nimajo varčne porabe goriva kot štiritačni motorji. Izgubi se je mogoče izogniti tako, da jih namesto uplinjača opremimo s sistemi za vbrizgavanje goriva in gorivo po čiščenju vbrizgamo neposredno v cilindre. Takšna ureditev je privlačna kot sredstvo za doseganje visoke izhodne moči iz relativno majhnega motorja, razvoj turbopolnilnika. [8]

Motor z nasprotnim batom:

Ta motor ima dva bata, ki se premikata v nasprotnih smereh v istem cilindru. Dva niza odprtin, ki se v celoti raztezata okoli izvrtine cilindra, sta nameščena tako, da en sklop pokriva in odkriva en bat, drugi sklop pa krmili drugi bat. Druga ročična gred, na katero so pritrjeni zgornji bati, se nahaja na vrhu motorja, obe gredi pa sta povezani z zobniki. [8]

Zasnova nasprotnega bata ima dve glavni prednosti: batne mase se premikajo v nasprotnih smereh, kar zagotavlja odlično ravnotežje, in odstranjeni so ventili, potrebni za druge dvotaktne motorje z enostopenjskim pretokom. [8]

Rotacijski (Wanklovi) motorji:

Motor z notranjim zgorevanjem z rotacijskim batom, razvit v Nemčiji, se po strukturi radikalno razlikuje od običajnih batnih motorjev. Ta motor si je zamislil Felix Wankel, specialist za načrtovanje tesnilnih naprav, eksperimentalne enote pa je zgradilo in preizkusilo nemško podjetje od leta 1956. Namesto batov, ki se premikajo gor in dol v cilindrih, ima Wanklov motor enakostranični trikotnik orbitalni rotor. Rotor se vrti v zaprti komori, trije vrhovi rotorja pa vzdržujejo stalen drsni stik z ukrivljeno notranjo površino ohišja. Ukrivljeni rotor tvori tri komore v obliki polmeseca med svojimi stranicami in ukrivljeno steno ohišja. Prostornine komor se razlikujejo glede na položaj

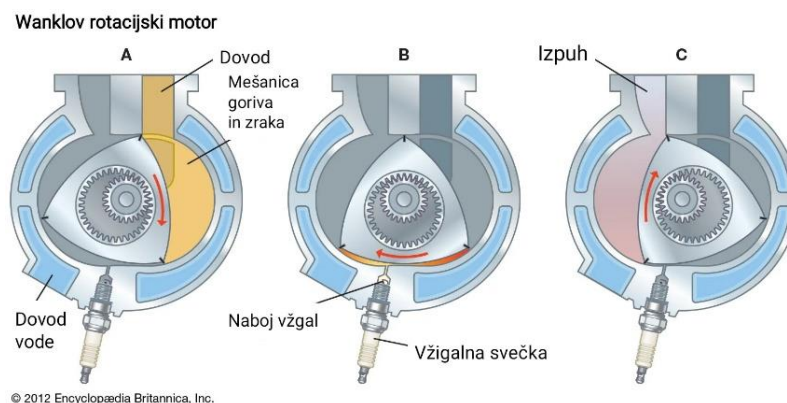
rotorja. Največja prostornina se doseže v vsaki komori, ko je stran rotorja, ki ga tvori, vzporedna z manjšim premerom ohišja; prostornina se zmanjša na minimum, ko je stran rotorja vzporedna z glavnim premerom. Plitvi žepi, vgrajeni na boku rotorja, nadzorujejo obliko zgorevalnih komor in določajo kompresijsko razmerje motorja. [8]

Pri obračanju okoli svoje osrednje osi mora rotor slediti krožni orbiti okoli geometrijskega središča ohišja. Potrebno krožno vrtenje se doseže s pomočjo osrednje izvrtine v rotorju, v kateri je nameščen notranji zobnik, ki se ujame s stacionarnim zobnikom, ki je nepremično pritrjen na sredino ohišja. Rotor se vodi tako, da se njegova osrednja izvrtina namesti na ekscentrik, oblikovan na izhodni gredi, ki poteka skozi središče mirujočega zobnika. Prestavno razmerje 3 proti 1 povzroči, da se izhodna gred vrti trikrat hitreje kot se rotor vrti okoli ekscentrika. Vsaka četrtnina obrata rotorja dokonča ekspanzijo ali stiskanje, kar omogoča sesanje, stiskanje, raztezanje in izpuh med enim obratom rotorja. Edina gibljiva dela sta rotor in izhodna gred. [8]

Zmes goriva dovaja uplinjač in vstopi v zgorevalne komore skozi sesalno odprtino v eni od končnih plošč ohišja. Na eni od sploščenih strani stene ohišja je oblikovana izpušna odprtina, vžigalna svečka pa je nameščena v žepu, ki komunicira s komorami skozi majhno grlo na nasprotni strani stene ohišja. [8]

Rotor ter njegovi zobniki in ležaji so mazani in ohlajeni z oljem, ki kroži skozi votli rotor. Vrhunske lopatice se maže z majhno količino olja, ki se doda gorivu v razmerjih od 1 do 200. Voda kroži skozi hladilne plašče v ohišju. Dovod se nahaja poleg svečke, kjer je temperatura najvišja. [8]

Ohranjanje tlačno tesnih spojev z ustreznimi tesnili na vrhovih in na končnih ploskvah rotorja je velik projektni problem. Radialne drsne lopatice so nameščene v reže na treh robovih vrhov in so v stiku z ohišjem s pomočjo ekspanzijskih vzmeti. Končne ploskve rotorja so zatesnjene s segmentnimi obroči v obliki loka, nameščenimi v utore blizu ukrivljenih robov rotorja in pritisnjeni na ohišje s ploščatimi vzmeti. [8]



Slika 11: Wanklov rotacijski motor (5)

Prednosti Wanklovega motorja so:

1. majhne zahteve po prostoru,
2. majhna teža na konjsko moč,
3. gladko delovanje brez tresljajev,
4. tiho delovanje,
5. nizki proizvodni stroški, ki so posledica mehanske preprostosti.

Odsotnost inercialnih sil iz batnih delov in odprava vzmetno zaprtih cevnih ventilov omogočata delovanje pri veliko višjih hitrostih, kot je to praktično pri batnih motorjih, kar je prednost, ker mora biti hitrost gredi visoka za optimalno delovanje. Indukcija sveže mešanice goriva in izpušnih plinov sta učinkovitejša, pretok plina pa je skoraj neprekinjen. Prenos toplote in posledična potreba po hlajenju sta nizka, ker je obložena površina majhna. Zaradi nizke teže in nižjega težišča je v avtomobilu v primeru trka veliko varnejše. Vendar so konkurenčna ekonomičnost porabe goriva ter višji razvojni in proizvodni stroški izpolnjevanja emisijskih standardov omejili uporabo Wanklovega motorja v proizvodnji vozil, saj je z njimi le Mazda Motor Corporation tržila v višjem številu. [8]

2.5 Predstavitev hibridnega vozila

Hibridna električna vozila (HEV) lahko razdelimo v več podvrst. V osnovi obstajata dva načina delitve. Po prvi metodi jih razvrščamo glede na postavitev pogonskega sklopa, torej na serijske ali paralelne hibride ter na hibride z razdelilnikom pogona. [10]

a) Serijski hibridi

Gre za tip hibridov, ki za pogon vedno uporablja električni motor. Motor z notranjim izgorevanjem, ki je vedno zraven, pa sistem uporablja le za polnjenje baterije. Tak hibrid ima svoje prednosti v urbanem, mestnem prometu, predvsem pa tam, kjer je ogromno speljevanja in ustavljanja. V takem načinu vožnje je klasični pogon z notranjim zgorevanjem seveda manj učinkovit. [10]

b) Paralelni hibrid

Tak tip hibridnega vozila lahko za pogon uporablja električni motor, motor z notranjim zgorevanjem ali celo kombinira oba pogona. Je bolj učinkovit kot serijski hibrid pri višji hitrosti, kjer se lahko zanese na motor z notranjim zgorevanjem ali celo potencial kombinirane moči obeh motorjev, če je to potrebno. [10]

c) Hibridi z razdelilnikom moči

V tem hibridu razdelilnik moči skrbi za preklapljanje med serijskim in paralelnim načinom dela. To pomeni, da ga lahko žene bodisi električni motor (motor z notranjim izgorevanjem pa pri tem žene drugi električni motor, ki deluje kot generator) bodisi motor z notranjim zgorevanjem ali pa kombinacija obeh. [10]

Druga metoda delitve hibridnih električnih vozil razvršča hibride po stopnji hibridizacije, in sicer na mikro hibride, blage ali delne hibride, polne hibride in priključne hibride. [10]

a) Mikro hibridi

Gre za najnižjo stopnjo hibridizacije, saj je vse, po čemer se ti hibridi ločijo od klasičnega pogona, sposobnost regeneracije kinetične energije v električno ter start/stop sistem. Mikro hibrid torej uporablja energijo, ki jo pridobi iz regeneracije, za polnjenje 12 V

baterije, za učinkovito delovanje start/stop sistema ter razbremenitev alternatorja in s tem seveda za razbremenitev motorja z notranjim zgorevanjem in znižanje njegove porabe ter izpustov CO₂. [10]

b) Delni hibridi

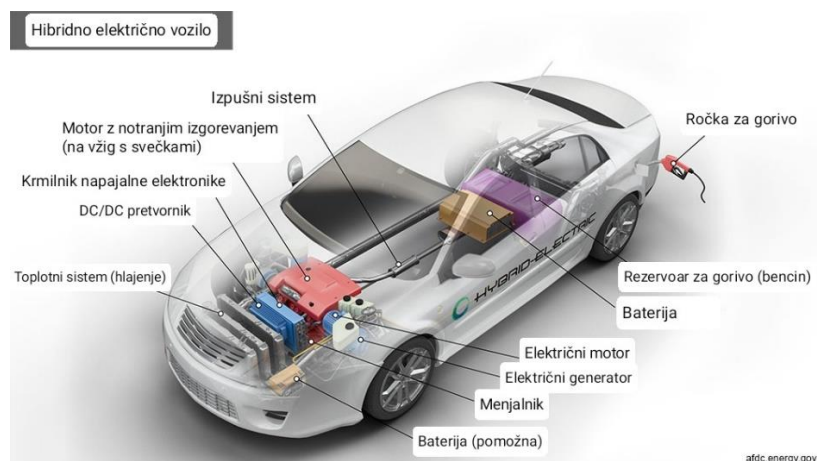
Tak hibrid je že opremljen z električnim motorjem, vendar pa za pogon koles še vedno uporablja motor z notranjim zgorevanjem. Električni motor mu pomaga pri speljevanju in pospeševanju, predvsem s svojim darežljivim navorom pri zelo nizkih vrtljajih. Takšni hibridi so lahko opremljeni tudi z dodatno, zmogljivejšo baterijo, ki je sposobna hitrejšega polnjenja in praznjenja ter lahko sprejme več energije pri regeneraciji kinetične energije. To še bolj pomaga pri dodatnem potisku, ki ga zmore električni motor, s tem pa pomaga tudi zmanjševati izpust CO₂ in porabo. [10]

c) Polni hibridi

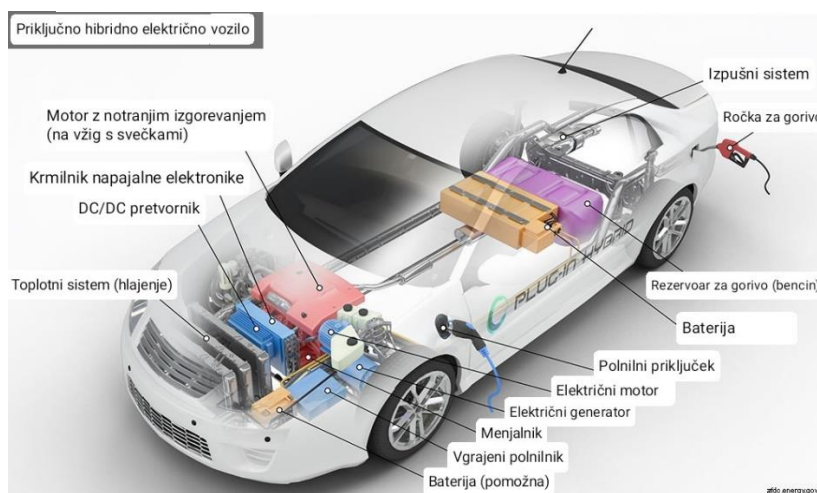
V tej stopnji hibridizacije je električni motor sposoben sam poganjati vozilo, njegova omejitev je le zmogljivost baterijskega paketa (običajno le nekaj kilometrov). [10]

d) Priključni hibridi

S tehničnega stališča je to preprosto polni hibrid z nekaj dodane tehnologije. Največja razlika med obema je predvsem v tem, da polni hibrid za svoje delo sam generira potrebno električno energijo (z regeneracijo in preko motorja z notranjim zgorevanjem), medtem ko PHEV model lahko pogonsko baterijo polni tudi preko zunanjšega vira energije, torej prek domače vtičnice ali polnilnice. Zaradi večje zmogljivosti tovrstne baterije lahko PHEV vozila danes prevozijo okoli 50 kilometrov zgolj s pomočjo električnega pogona, torej ne da bi se zagnal motor z notranjim zgorevanjem. To je predvsem zelo praktično v mestnih središčih ali pri zgoščenem prometu. Ena od najbolj izrazitih prednosti je zato najnižji izpust CO₂ od vseh tipov navedene hibridne tehnologije. V to kategorijo sodi tudi prihajajoči novi Superb PHEV. [10]



Slika 12: Zgradba hibridnega električnega vozila (6)



Slika 13: Zgradba priključnega hibridnega električnega vozila (7)

Današnja hibridna električna vozila (HEV) poganja motor z notranjim zgorevanjem v kombinaciji z enim ali več elektromotorji, ki uporabljajo energijo, shranjeno v baterijah. HEV-ji združujejo prednosti visoke porabe goriva in nizkih emisij iz izpušne cevi z močjo in obsegom običajnih vozil. [11]

Trenutno je na voljo široka paleta modelov HEV. Čeprav so HEV-ji pogosto dražji od podobnih običajnih vozil, je mogoče nekatere stroške povrniti s prihrankom goriva ali državnimi spodbudami. [11]

Pomoč elektromotorja:

V HEV lahko dodatna moč, ki jo zagotavlja električni motor, omogoča manjši motor z notranjim zgorevanjem. Baterija lahko napaja tudi pomožne obremenitve in zmanjša

prosti tek motorja, ko je vozilo ustavljeno. Te funkcije skupaj zagotavljajo boljšo porabo goriva brez žrtvovanja zmogljivosti. [11]

Regenerativno zaviranje:

HEV se ne more priključiti na zunanje vire električne energije za polnjenje baterije. Namesto tega vozilo za polnjenje uporablja regenerativno zaviranje in motor z notranjim zgorevanjem. Vozilo zajema energijo, ki se običajno izgubi med zaviranjem, tako da uporablja elektromotor kot generator in shranjuje ujeto energijo v baterijo. [11]

Priključna hibridna vozila:

Priključna hibridna električna vozila (PHEV) uporabljajo baterije za napajanje električnega motorja, pa tudi drugo gorivo, kot je bencin ali dizel, za pogon motorja z notranjim zgorevanjem ali drugega pogonskega vira. PHEV lahko svoje baterije polnijo s polnilno opremo in regenerativnim zaviranjem. Uporaba električne energije iz omrežja za delovanje vozila delno ali ves čas zmanjšuje obratovalne stroške in porabo goriva v primerjavi z običajnimi vozili. PHEV lahko povzročijo tudi nižje ravni emisij, odvisno od vira električne energije in tega, kako pogosto se vozilo uporablja v povsem električnem načinu. [12]

Komercialno je na voljo več lahkih PHEV, zdaj pa na trg vstopajo srednje tovorna vozila. Srednje in težka vozila je mogoče predelati tudi v PHEV. Čeprav so PHEV na splošno dražji od podobnih običajnih in hibridnih vozil, je mogoče nekatere stroške povrniti s prihrankom goriva in državnimi spodbudami. [12]

Pogon z električnim motorjem in motorjem z notranjim zgorevanjem:

PHEV imajo motor z notranjim zgorevanjem in električni motor, ki uporablja energijo, shranjeno v baterijah. PHEV imajo na splošno večje baterije kot hibridna električna vozila. To omogoča vožnjo na zmernih razdaljah samo z električno energijo (približno 24 do 97 kilometrov pri trenutnih modelih), ki se običajno imenuje "električni doseg" vozila. [12]

Med mestno vožnjo lahko večina moči PHEV izvira iz shranjene električne energije. Na primer, lahek voznik PHEV se lahko vozi na delo in z njega na povsem električni pogon, ponoči priklopi vozilo na polnjenje in bo naslednji dan pripravljen na drugo vožnjo na elektriko. Motor z notranjim zgorevanjem poganja vozilo, ko je baterija večinoma prazna, med hitrim pospeševanjem ali pri intenzivnem ogrevanju ali obremenitvi klimatske naprave. Nekateri težki PHEV delujejo v nasprotni smeri, pri čemer se motor z notranjim zgorevanjem uporablja za vožnjo na delovišče in z njega, električna energija pa se uporablja za napajanje pomožne opreme vozila ali nadzor klime v kabini na delovišču. [12]

Možnosti dolivanja goriva in vožnje:

PHEV baterije se lahko polnijo z zunanjim virom električne energije, z motorjem z notranjim zgorevanjem ali z regenerativnim zaviranjem. Med zaviranjem elektromotor deluje kot generator, ki uporablja energijo za polnjenje akumulatorja in s tem ponovno zajame energijo, ki bi bila izgubljena. [12]

Poraba goriva PHEV je odvisna od prevožene razdalje med polnjenji baterije. Na primer, če vozilo nikoli ni priključeno na napajanje, bo ekonomičnost porabe goriva približno enaka kot pri hibridnem električnem vozilu podobne velikosti. Če je vozilo prevoženo na krajši razdalji od njegovega povsem električnega dosega in je med potovanji priključeno na napajanje za polnjenje, bo morda mogoče uporabljati samo električno energijo. Zato je dosledno polnjenje vozila najboljši način za maksimiranje električnih koristi. [12]

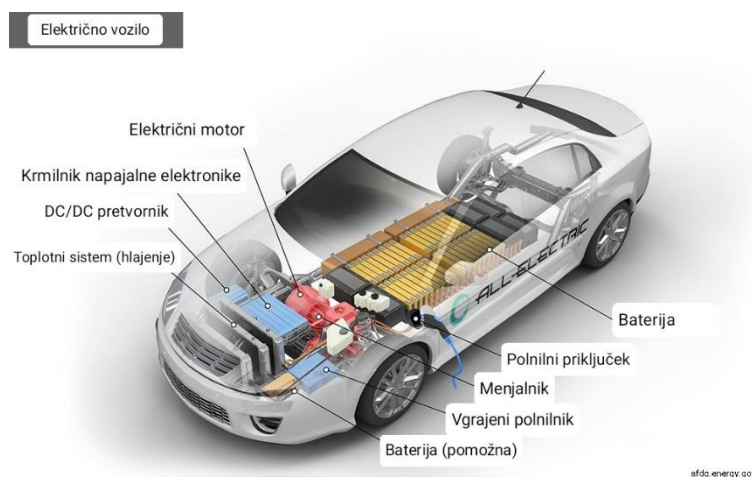
2.6 Predstavitev električnega vozila

Povsem električna vozila (EV), imenovana tudi akumulatorska električna vozila, uporabljajo baterijski paket za shranjevanje električne energije, ki poganja motor. Baterije EV se polnijo tako, da vozilo priključite na vir električne energije. Čeprav lahko proizvodnja električne energije prispeva k onesnaževanju zraka, kategorizira popolnoma električna vozila kot vozila z ničelnimi emisijami, ker ne proizvajajo neposrednih emisij izpušnih plinov. [13]

Komercialno so na voljo tako težka kot lahka EV. EV-ji so običajno dražji od podobnih običajnih in hibridnih vozil, čeprav je nekatere stroške mogoče povrniti s prihrankom goriva in državnimi spodbudami. [13]

Območje vožnje:

Današnja električna vozila imajo na splošno krajši doseg (na polnjenje) kot primerljiva običajna vozila (na rezervoar za plin). Vendar pa naraščajoča ponudba novih modelov in nadaljnji razvoj visoko zmogljive polnilne opreme zmanjšujeta ta problem. Učinkovitost in doseg EV se močno razlikujeta glede na vozne razmere. Ekstremne zunanje temperature po navadi zmanjšajo doseg, ker je za ogrevanje ali hlajenje kabine potrebno porabiti več energije. EV-ji so učinkovitejši pri mestni vožnji kot po avtocesti. V mestnih voznih razmerah so pogostejši postanki, kar poveča prednosti regenerativnega zaviranja, medtem ko vožnja po avtocesti običajno zahteva več energije za premagovanje povečanega upora pri višjih hitrostih. V primerjavi s postopnim pospeševanjem hitro pospeševanje zmanjša doseg vozila. Vleka težkih tovorov ali vožnja po znatnih klancih lahko tudi zmanjša doseg. [13]



Slika 14: Zgradba električnega vozila (8)

Danes poznamo različne tipe električnih avtomobilov. To so:

1. Baterijski električni avtomobil – BEV (Battery Electric Vehicle – električno vozilo z baterijami), označuje najbolj osnovno obliko električnega avtomobila, ki nima motorja z

notranjim izgorevanjem. Poganja ga elektromotor, ki vso energijo črpa iz elektrike, ki je shranjena v baterijah. Te so najbolj pogosto litij-ionske (Li-Ion) ali izpopolnjene litij-polimerske (Li-Poly). S pomočjo različno močnih polnilnikov (ti lahko uporabljajo enosmerni, DC, ali izmenični tok AC) se polnijo iz javnega električnega omrežja, precej energije pa se lahko pridobi tudi z regeneracijo – pretvorbo zavorne energije avtomobila v električno, ki lahko doseg poveča kar za petino. [14]

2. Priključni hibridni električni avtomobil (ang. Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV)), ki deluje kombinirano, poganjata ga elektromotor in motor z notranjim izgorevanjem, ki delujeta skupaj ali ločeno. Zaradi visokega navora elektromotorjev motorji na notranje izgorevanje pretežno delujejo v območju največjega izkoristka goriva, to je v najbolj ekonomičnem načinu vožnje. To se odraža predvsem v manjši porabi goriva in nižjih izpustih škodljivih snovi. [14]

3. Električni avtomobil z razširjenim dosegom (ang. Range extenders Electric Vehicles (EREV)), ki ima kombinacijo električnega motorja in motorja na notranje izgorevanje. Motor na notranje izgorevanje se uporablja za napajanje električnega motorja ali napolnitev baterije, ko je ta skoraj prazna. Baterijo je mogoče napolniti tudi iz električnega omrežja. So hibridni avtomobili, a v nasprotju s priključnimi hibridi gre pretežno za serijske hibride. [14]

4. Električni avtomobil z gorivno celico (ang. Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV)), ki ga v celoti poganja elektrika. Električna energija zagotovljena z gorivnimi celicami, ki uporabljajo vodik iz vkrcanega rezervoarja v kombinaciji s kisikom iz zraka. [14]

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 Material

Pri izdelavi raziskovalne naloge sem uporabljal domačo in tujo literaturo, članke in zapise na spletnih straneh.

3.2 Metode dela

Vse od leta 2019, odkar imamo na hiši sončno elektrarno, si beležim podatke o elektrarni in njenem delovanju. Beležil sem si mesečne in letne podatke, ter jih uporabil v raziskovalni nalogi. Prav tako imamo v družini v lasti električni avtomobil, katerega podatke sem tudi uporabil.

Raziskovalno nalogo sem naredil z uporabo teoretičnega dela, teoretičnega eksperimentiranja, statistične obdelave podatkov, matematičnega modeliranja in napovednih modelov.

Pri matematični in statistični obdelavi podatkov sem uporabil splošno veljavne in preverjene enačbe:

1. za povprečje (enačba 1,
2. za skupni seštevek (enačba 2, 3, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 18)
3. za izračun letnega stroška (enačba 4, 5, 11, 12)
4. cena goriva, elektrike (enačba 8, 9)
5. za potrebo po električni energiji (enačba 16, 17)

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1 Zaskrbljujoči dejavniki avtomobilov z notranjim izgorevanjem v Sloveniji

Po podatkih iz Matičnega registra vozil in listin je bilo v Sloveniji do konca leta 2020 registriranih okoli 1.617.000 cestnih vozil, kar je za 1 % več, kot jih je bilo v letu 2019. Od tega je bilo motornih vozil skoraj 1.565.000, kar je prav tako za 1 % več kot v letu 2019, priklopnih vozil pa več kot 52.000 ali približno toliko kot v letu 2019. Med registriranimi cestnimi motornimi vozili je bilo skoraj 1.171.000 oz. 75 % osebnih avtomobilov ali približno toliko, kot jih je bilo v letu 2019. [15]

Polovica v letu 2020 registriranih osebnih avtomobilov je vozila na dizel, 48 % pa na bencinsko gorivo. Število »dizlov« se je v primerjavi z letom 2019 povečalo za 2 %, število »bencinarjev« pa zmanjšalo za 2 %. Število osebnih avtomobilov na hibridni pogon se je glede na leto 2019 povečalo za 38 % oz. na okoli 9.400, kar je bilo 0,8 % vseh v 2020 registriranih osebnih avtomobilov. Število električnih osebnih avtomobilov se je v 2020 glede na 2019 povečalo za 84 % oz. na 3.670, kar je bilo 0,3 % vseh v 2020 registriranih osebnih avtomobilov. [15]

Povprečna poraba osebnih avtomobilov je **6,83 l/100 km** \approx **7 l/100 km**. Cena goriva se hitro spreminja, zato sem vzel podatke za dne 17. 2. 2022. Takrat je povprečna cena goriva zaokrožena na dve decimalki znašala **1,49 €/l**.

Povprečna cena goriva:

$$1,418 \text{ € (95)} + 1,605 \text{ € (98)} + 1,442 \text{ € (Diesel)} = \mathbf{4,465 \text{ €}}$$

$$4,465 \text{ €} \div 3 \approx \mathbf{1,49 \text{ €}} - \text{cena goriva, ki jo bom upošteval pri izračunih} \quad \dots (1)$$

Izračunal sem (glej enačbo 2), da Slovenci letno prevozimo **8.404.776.000 km**. S tem podatkom sem lahko določil tudi skupno porabimo goriva, ki znaša **588.334.320 l** (glej enačbo 3). Takšna količina goriva je 17. 2. 2022 po podatku iz enačbe 1 stala kar **876.618.136,8 €** (glej enačbo 4). To ni samo velik letni strošek, ki znaša **750,96 €** (glej enačbo 5) na avtomobil, ampak tudi velika obremenitev za okolje. Zelo zaskrbljujoč je

tudi podatek, da cena goriva z vsakim dnem narašča, kar pomeni, da si osebe z nižjim plačilnim razredom v prihodnosti ne bodo več mogle privoščiti goriva.

Število skupno prevoženih kilometrov osebnih vozil v Sloveniji:

$$1.167.330 \times 7.200 \text{ km} = \mathbf{8.404.776.000 \text{ km}} \quad \dots (2)$$

Ob povprečni porabi 7 litrov na prevoženih 100 km lahko izračunamo skupno porabo goriva za avtomobile v Sloveniji:

$$84.047.760 \text{ km} \times 7 \text{ l} = \mathbf{588.334.320 \text{ l}} \quad \dots (3)$$

Skupna cena letne porabe goriva za avtomobile v Sloveniji:

$$588.334.320 \text{ l} \times 1,49 \text{ €} = \mathbf{876.618.136,8 \text{ €}} \quad \dots (4)$$

Letni strošek goriva za povprečni avtomobil v Sloveniji:

$$876.618.136,8 \text{ €} \div 1.167.330 = \mathbf{750,96 \text{ €}} \quad \dots (5)$$

Cena goriva ni edini zaskrbljujoči dejavnik avtomobilov na notranje izgorevanje, saj vse višje okoljsko nevarnost predstavljajo tudi njihovi izpušni plini. Z izpusti avtomobilov se povečuje tudi količina toplogrednih in škodljivih plinov, ki povzročajo podnebne spremembe, škodujejo zdravju ljudi in živali ter na splošno izčrpavajo in uničujejo Zemljo. Ob takšni porabi goriva, ki je izračunana v enačbi 3, lahko predvidevamo, da je tudi količina izpušnih plinov zelo velika.

Povprečni izpusti CO₂ na kilometer pri novih osebnih avtomobilih z motorjem na notranje izgorevanje v Sloveniji znaša **123,7 g** (SURs 2019). Ta številka mogoče ni tako visoka, ko pa upoštevamo vse kilometre, ki jih Slovenci letno prevozimo pa ta »nedolžna« številka naraste na ogromnih **958.984,9416 t CO₂** (glej enačbo 6). CO₂ ni edini škodljiv plin v avtomobilskem izpuhu. Med te spadajo tudi dušikovi oksidi (NO_x). Povprečen izpust NO_x na kilometer pri novih osebnih avtomobilih z motorjem na notranje izgorevanje v Sloveniji znaša **0,33 g** (2017). Tudi ta številka na prvi pogled ni velika, ko

pa upoštevamo vse kilometre, ki jih Slovenci letno prevozimo, pa tudi ta »nedolžna« številk naraste na ogromnih **2.773,57608 t NO_x** (glej enačbo 7).

Skupna količina izpustov CO₂ letno pri novih osebnih avtomobilih v Sloveniji:

$$114,1 \text{ g} \times 8.404.776.000 \text{ km} = \mathbf{958.984.941.600 \text{ g}} = \mathbf{958.984.941,6 \text{ kg}} = \mathbf{958.984,9416 \text{ t}} \quad \dots (6)$$

Skupna količina izpustov NO_x letno pri novih osebnih avtomobilih v Sloveniji:

$$0,33 \text{ g} \times 8.404.776.000 \text{ km} = \mathbf{2.773.576.080 \text{ g}} = \mathbf{2.773.576,08 \text{ kg}} = \mathbf{2.773,57608 \text{ t}} \quad \dots (7)$$

Izpuh v idealnih razmerah:

V idealnih razmerah oziroma ob popolnem zgorevanju bi izpušne pline sestavljali dušik (v obliki N₂), ogljikov dioksid (CO₂) in vodna para (H₂O). Največ je dušika, ki skoraj v celoti nespremenjen steče skozi motor. Dušik zdravju ni škodljiv in ga živa bitja tudi vsakodnevno dihamo, saj skoraj 80 odstotkov ozračja sestavlja prav dušik. Kisik, ki ga vsesa motor, v zgorevalnih komorah reagira (zgori) z gorivom, ki ga sestavljajo ogljikovodiki, rezultat v izpuhu pa je mešanica ogljikovega dioksida in vodne pare. Če ta proces prevedemo v količine oziroma mase plinov, bi ob uporabi enega kilograma goriva v motor prišlo še 11,3 kilograma dušika in 3,4 kilograma kisika, v izpuhu pa bi ob tem izmerili 11,3 kilograma dušika, 2,4 kilograma ogljikovega dioksida in 1,2 kilograma vodne pare. [16]

Tako bi bil sestavljen izpuh v idealnih razmerah, ko motor teče z enakomerno obremenitvijo, mešanica zraka in goriva pa je v idealnem razmerju. [16]

Nepopolno zgorevanje:

Zgorevanje v avtomobilskih motorjih ni popolno – glavni razlog za to je dejstvo, da se obremenitve motorja nenehno spreminjajo in le redko ali nikoli motorji ne delujejo v idealnih razmerah, s tem pa tudi zgorevanje v zgorevalnih komorah ni popolno. Zato v procesu zgorevanja nastajajo – in pridejo v izpuh – še nekatere druge snovi – ogljikovodiki (HC), ogljikov monoksid (CO), dušikovi oksidi (NO_x), žveplovi oksidi,

trdni delci in še nekatere druge snovi. Vse te snovi so zdravju in okolju škodljive, zato jih imenujemo škodljivi plini oziroma snovi. [16]

V skupnem deležu vseh plinov, ki pridejo iz izpuha, imajo te škodljive snovi razmeroma majhen delež približno 2 odstotka, pri čemer to velja tako za bencinske kot dizelske motorje. Je pa razmerje med posameznimi škodljivimi plini v teh dveh odstotkih glede na vrsto motorja različno; pri dizelskih motorjih, na primer, nastaja več dušikovih oksidov in sajastih delcev kot pri bencinskih motorjih. [16]

Škodljivi plini in snovi v avtomobilskem izpuhu:

Ogljikovodiki (HC) so ostanki goriva, ki v procesu zgorevanja ni v popolnosti zgorelo in zato najdejo pot v izpuh motorja. Glavni razlog za ogljikovodike v izpuhu so prebogata mešanica goriva in zraka, prenizke temperature v motorju in napačen vžig, včasih pa je za preveliko vsebnost ogljikovodikov krivo tudi puščanje goriva pri posodi za gorivo ali napeljavi. Sodobni motorji imajo zelo malo izpustov ogljikovodikov, saj delujejo na revno mešanico, vsi motorji pa imajo tudi katalizatorje, v katerih izgorijo ostanki ogljikovodikov. Po standardu euro 6 je meja za vsebnost ogljikovodikov v izpuhu za bencinske motorje postavljena pri 100 mg na kilometer. [16]

Ogljikov monoksid (CO) nastane, ko v procesu zgorevanja ni dovolj kisika, da bi se ogljik v gorivu pretvoril v ogljikov dioksid. Povečano vsebnost monoksida v izpuhu običajno spremlja tudi povečana vsebnost ogljikovodikov, saj zaradi premalo kisika gorivna mešanica ne zgori do konca. Z uvedbo katalizatorjev se je vsebnost ogljikovega monoksida v izpuhu temeljito zmanjšala in sodobni avtomobili v ozračje izpušijo zanemarljivo količino strupenega ogljikovega monoksida. [16]

Žveplove oksidi (SO_x) za zdravje niso neposredno nevarni, lahko pa v kombinaciji z vodo oziroma vodno paro ter dušikovimi oksidi tvorijo kisli dež, ki zastruplja okolje. Od leta 1990 do 2010 se je vsebnost žveplovih oksidov v izpuhu zaradi učinkovitosti katalizatorjev in goriva z minimalno vsebnostjo žvepla zmanjšala za 92 odstotkov in s tem precej pod mejo škodljivosti. [16]

Trdni delci oziroma saje nastajajo pri zgorevanju kateregakoli goriva. Pri zgorevanju bencina trdne delce sestavljajo neizgorele različne primesi v gorivu; če motor deluje optimalno, je teh delcev malo, več pa jih je pri izrabljenih, slabše delujočih motorjih. Več neizgorelih trdnih delcev je v izpuhu dizelskih motorjev – največ saj nastane, ko motor še ni dovolj ogret, saj saje zgorijo pri temperaturah, ki so večje od 600 stopinj Celzija. Saje, ki nastanejo pri vožnji z neogretim motorjem, na primer pri krajših vožnjah po mestu, pri sodobnih motorjih pomaga čistiti poseben filter trdnih delcev (DPF), ki je zasnovan tako, da v gosto sito ujame čim več čim manjših sajastih delcev. Sodobni filtri so zelo učinkoviti, saj prepustijo le še minimalno količino trdnih delcev, ostalo pa se nalaga v gostem situ filtra. Ko je tako ujetih delcev preveč za prepustnost filtra, motorna elektronika samodejno oziroma periodično očisti filter tako, da z dodatno vbrizganim gorivom “zažge” ujete saje v filtru in ga tako očisti. Takšna regeneracija filtra običajno pomeni tudi nekaj večjo porabo goriva, mogoča pa je le, ko je motor ogret na delovno temperaturo. Pri trdnih delcih že nekaj časa ločujemo med maso in številom delcev v izpuhu; dolgo časa so emisijski standardi predpisovali le dovoljeno maso, po novem pa predpisujejo tudi dovoljeno število delcev v izpuhu, saj imajo zelo majhni delci majhno maso, so pa zdravju še bolj škodljivi, saj se lažje nalagajo – in prodirajo – v dihala ali celo človeške celice. S standardom euro 6 so prvič predpisali mejne vrednosti trdnih delcev tudi za bencinske motorje, saj imajo še zlasti sodobni turbo motorji manjših prostornin v izpuhu veliko trdnih delcev – celo toliko, da bodo morali biti v prihodnje tudi ti motorji opremljeni s filtri trdnih delcev. [16]

Dušikovi oksidi (NO_x) so generična oznaka za plin, ki zajema dušikov monoksid (NO) in dušikov dioksid (NO₂). Dušikovi oksidi nastanejo kot reakcija med dušikom in kisikom (pa tudi ogljikovodiki) pri visokih temperaturah v zgorevalnih prostorih motorja. Ko NO_x v izpuhu reagira z zrakom iz ozračja, tvori ozon v nižjih plasteh ozračja, ta pa negativno vpliva na dihala (lahko povzroči tudi pljučnega raka). Dušikovi oksidi so med pomembnimi dejavniki tudi pri nastanku smoga. [16]

Dušikovi oksidi nastajajo tako v bencinskih kot dizelskih motorjih, a jih de-nox katalizatorji pri bencinskih motorjih temeljiteje očistijo iz izpuha kot pri dizelskih. Dizelski motorji namreč delujejo pri nižjih temperaturah kot bencinski, zato imajo tudi

izpušni plini nižjo temperaturo – katalizatorji zato manj učinkovito očistijo dušikove okside. Rešitev za to težavo je v uporabi že nekaj časa – gre za posebne de-nox katalizatorje in redukcijske katalizatorje (SCR). Slednji za delovanje rabijo dodatno kemijsko spojino oziroma dodatek v obliki sečnine, v kateri je amonijak (takšen značilen dodatek je poznan pod oznako adblue): dodatek se vbrizga v izpušno cev med oksidacijskim in SCR katalizatorjem, spojina pa nato reagira z dušikovimi oksidi in jih pretvori v dušik ter vodno paro. Rešitev je razmeroma učinkovita, saj v dušik in vodno paro pretvori več kot 90 odstotkov dušikovih oksidov v izpuhu, zahteva pa dodatno namestitev posode za dodatek, polnjenje te posode in sistem za vbrizgavanje, zaradi česar takšna rešitev ni poceni – ne za avtomobilskega izdelovalca, ne za uporabnika, ki mora dodatek adblue dotakati vsakih nekaj tisoč kilometrov. [16]

Emisijski standard euro 6 je dizelskim motorjem močno znižal dovoljene izpuste dušikovih oksidov; po standardu euro 5 so lahko v ozračje izpustili 180 miligramov na kilometer vožnje, po novem standardu euro 6, ki za vse nove avtomobile velja od lanskega septembra, pa je ta meja postavljena pri 80 miligramih na kilometer – s tem je skoraj izenačena z dovoljenimi vrednostmi za bencinske motorje, ki so postavljene pri 60 miligramih na kilometer. Precej strožji so emisijski standardi v ZDA; za najnovejše avtomobile z dizelskimi motorji je dovoljena vsebnost dušikovih oksidov le 5 miligramov na prevoženo miljo. [16]

Ogljikov dioksid:

Približno 8 odstotkov vseh plinov, ki pridejo iz avtomobilskega izpuha, predstavlja ogljikov dioksid. Ogljikov dioksid (CO_2) je plin brez vonja in okusa, ki ima izjemno pomembno vlogo pri zagotavljanju življenja vsem živim bitjem in rastlinam na našem planetu. Ogljikov dioksid ni strupen, saj ga ljudje in živali izdihujemo v ozračje. Je naravno prisoten v našem ozračju, a z industrijsko revolucijo in začetkom globalnega izkoriščanja fosilnih goriv se je raven ogljikovega dioksida v ozračju začela povečevati; ker je ogljikov dioksid toplogredni plin, njegova prevelika koncentracija vpliva na podnebne spremembe, s tem pa na življenjske razmere. [16]

V avtomobilskem motorju ogljikov dioksid nastane, ko v procesu zgorevanja gorivo (HC) reagira s kisikom (O_2); ogljikov dioksid v ozračje preide skozi avtomobilski izpuh. Pri tem ga katalizatorji ali druga sredstva ne morejo prestreči. [16]

Količino ogljikovega dioksida v izpuhu lahko zmanjšamo le tako, da zmanjšamo porabo goriva; količina porabljenega goriva je v natančnem sorazmerju s količino proizvedenega ogljikovega dioksida. Tako pri zgorevanju litra bencina v ozračje spustimo 2,37 kg CO_2 , pri zgorevanju litra plinskega olja (dizla) pa 2,65 kg CO_2 . To poznano razmerje je tudi osnova za računanje porabe goriva avtomobilov; v laboratorijskih testih namreč izmerijo vsebnost CO_2 v izpuhu, z uporabo omenjenih količnikov pa izračunajo porabo goriva. [16]

Ker je izpust CO_2 odvisen od porabe goriva, ni mogoče določiti zgornje meje dovoljenih izpustov. So pa zakonodajalci EU avtomobilskim izdelovalcem predpisali dovoljene flotne izpuste ogljikovega dioksida; trenutno velja, da celotna flota posameznega avtomobilskega izdelovalca v povprečju ne sme preseči vrednosti izpusta CO_2 130 g/km. Od leta 2021 bo dovoljen flotni izpust le še 95 g/km. Če avtomobilski izdelovalec ne doseže te vrednosti, mora plačati kazen za vsak gram CO_2 nad dovoljeno mejo. [16]

4.2 Akumulatorji (baterije) pri električnih avtomobilih

Povprečna zmogljivost baterije za električna vozila po vsem svetu je 43 kWh. Ta naj bi se leta 2025 povečala na 45 kWh. [18]

Zahvaljujoč hitremu napredku tehnologije baterij v zadnjih letih so cene od leta 2010 padle za 89 odstotkov. Poleg tega lahko s pravilno nego podaljšate pričakovano življenjsko dobo baterije še dolgo v prihodnost. Po trenutnih ocenah bo večina baterij električnih avtomobilov zdržala nekje 10-20 let, preden jih bo treba zamenjati, saj sčasoma počasi izgubljajo zmogljivost polnjenja. Analiza kaže, da letno kapaciteta baterije pade za 2,3 odstotka kar v praksi pomeni, da če danes kupite električni avtomobil z dosegom 241,4 km, boste po petih letih izgubili le približno 27,359 km dostopnega dosega. [19]

Baterija, kot tudi mnogi drugi sestavni deli električnega avtomobila, zahtevajo veliko manj vzdrževanja kot pa vozila na fosilno gorivo, je pa baterija električnega avtomobila daleč najdražji del vozila in lahko v povprečju stane 5501,64 EUR. [19]

Za podaljšanje življenjske dobe akumulatorjev, so vozniki električnih vozil pripravili nekaj nasvetov: [20]

1. Izogibajte se ekstremno visokim ali nizkim nivojem baterije.
2. Omejite hitro polnjenje z enosmernim tokom na posebne priložnosti.
3. Majhna, pogosta polnjenja so boljše od velikih, redkih polnjenj.
4. Pred polnjenjem, če je le mogoče, spravite baterijo na sobno temperaturo. Običajno to doseže vaše vozilo samodejno, ko je priključeno.
5. V toplih mesecih parkirajte v senci, da bo baterija hladnejša.
6. Klimatska naprava in ogrevanje porabita veliko energije, zato razmislite o predgrevanju avtomobila, ko je priključen, ali uporabi grelnikov sedežev.
7. Počasi pospešujte, da povečate doseg.
8. Izogibajte se preveliki hitrosti na avtocesti.
9. Oglejte si nasvete za vzdrževanje baterije v priročnikih.
10. Zamenjajte pnevmatike za učinkovitejše pnevmatike; sezonsko primerno.

Tako kot avtomobila ne bi smeli priklopiti vsak večer, tudi ni treba, da ga napolnite do 100 odstotkov, ko vam tega ni treba. Litij-ionske baterije so zasnovane za shranjevanje velikih količin energije, vendar pogosto prepogosto praznjenje celic ali njihovo popolno polnjenje lahko sčasoma zmanjša zmogljivost baterije kot celote. Da bi se temu izognili, je običajen nasvet, da ostanete napolnjeni med 20 in 80 odstotki in nikoli ne pustite, da se baterija popolnoma izprazni. Podobno kot pri baterijah mobilnih telefonov in drugih elektronskih naprav. [19]

4.3 Polnilnice, polnjenje in cena

Glede na podatke ACEA imamo v Sloveniji 628 javnih polnilnih postaj, kar je v primerjavi z južnimi in vzhodnimi državami veliko, še posebej glede na velikost Slovenije. [21]

Po podatkih Evropskega združenja proizvajalcev avtomobilov (ACEA) je trenutno v Evropski uniji le okrog 144.000 javnih polnilnih postaj, v celotni Evropi pa okoli 200 tisoč. [21]

Ker veliko bodočih uporabnikov skrbi čas polnjenja električnega avtomobila, naj vam povemo, da je le-ta zelo odvisen od tega, kako velik akumulator ima vaše vozilo ter na kateri polnilnici polnite. Če boste povprečen avtomobil polnili doma, prek običajne gospodinjске vtičnice, bo čas polnjenja električnega avtomobila znašal nekje med 10-12 ur, zato je v tem primeru avto najbolje polniti ponoči. Če ste se odločili za hišno polnilno postajo, se čas polnjenja skoraj prepolovi. Če pa polnite na javni hitri polnilni postaji, pa je lahko vaš avtomobil napolnjen že v 30 minutah, kar je ravno dovolj časa, da opravite svoj tedenski nakup. [22]

Tabela 1: Primerjava časa polnjenja na različnih polnilnih postajah [18]

	Standardno polnjenje	Dvojno / visoko zmogljivo polnjenje	Javna polnilna postaja
Povprečni čas polnjenja	8 h 43 min	5 h 56 min	1 h 17 min
Najpogostejši čas polnjenja	12 h	4 h 45 min	27 min 12 s
Najhitrejši čas polnjenja	3 h	2 h 30 min	11 min 36 s
Najdaljši čas polnjenja	15 h 18 min	9 h 36 min	2 h 42 min

Vendar pa niso vsi električni avtomobili in polnilne postaje enaki. Nekateri električni avtomobili ne sprejemajo hitrega polnjenja in nekatere hitre polnilne postaje zagotavljajo

hitrejša polnjenja kot druge. Na primer, Tesla Superchargerji običajno ponujajo hitro polnjenje 480 V, medtem ko druge polnilne postaje poročajo, da ponujajo hitro polnjenje do 900 V DC. [18]

Koliko časa bo trajalo polnjenje električnega avtomobila na javni polnilni postaji, bo odvisno od številnih dejavnikov, vključno z modelom električnega avtomobila, zmogljivostjo in stanjem napoljenosti baterije ter zmogljivostmi polnilne postaje. [18]

Tabela 2: Cenik storitve polnjenja električnih vozil – Slovenija [23]

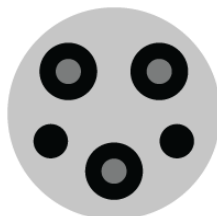
	Polnjenje na priključkih z nazivno močjo do 22 kW	Polnjenje na priključkih z nazivno močjo od 22,01 kW do 50 kW	Polnjenje na priključkih z nazivno močjo nad 50,01 kW
Polna registracija	0,25 €/kWh	0,38 €/kWh	0,60 €/kWh
Začasna registracija	0,30 €/kWh	0,45 €/kWh	0,69 €/kWh
Vklop dodatne tarife po preteku časa	180 min	60 min	40 min
Časovni okvir vklopa dodatne tarife	7:00 - 20:00	24/7	24/7
Cena dodatne tarife za vsako naslednjo minuto	0,07 €/min	0,15 €/min	0,30 €/min

Obstaja tudi veliko drugih dejavnikov, ki vplivajo na stroške, kot so način vožnje, teren, temperatura, čas dneva, ki ga polnite, starost baterije, učinkovitost električnega avtomobila, teža vsebine itd. [18]

4.3.1 Oprema za polnjenje

1. Polnjenje stopnje 1:

3 do 8 kilometrov dometa na eno uro polnjenja



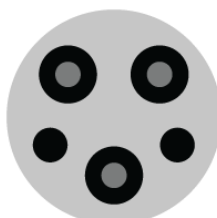
Slika 15: J1772 priključek (9)

Oprema za izmenični tok (AC) nivo 1 (pogosto imenovana preprosto kot raven 1) zagotavlja polnjenje prek 120-voltnega (V) vtiča AC. Večina, če ne vsi, priključni električni avtomobili ima priložena kabla stopnje 1, tako da dodatna oprema za polnjenje ni potrebna. Na enem koncu kabla je standardni konektor NEMA (na primer NEMA 5-15, ki je običajen gospodinjski vtič s tremi vtiči), na drugem koncu pa standardni konektor SAE J1772 (pogosto imenovan preprosto kot J1772, prikazano na zgornji sliki). Konektor J1772 se vklopi v polnilna vrata J1772 v avtomobilu, konektor NEMA pa v standardno stensko vtičnico NEMA. [24]

Polnjenje stopnje 1 se običajno uporablja, ko je na voljo samo 120 V vtičnica, na primer med polnjenjem doma, vendar lahko enostavno zagotovi polnjenje za vse voznikove potrebe. Na primer, 8 ur polnjenja pri 120 V lahko napolni približno 64 km električnega dosega za srednje velik priključni električni avtomobil. [24]

Polnjenje stopnje 2

16 do 32 kilometrov dometa na eno uro polnjenja



Slika 16: J1772 priključek (9)

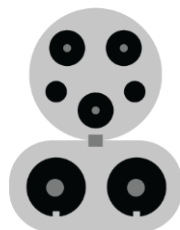
Oprema AC nivo 2 (pogosto imenovana preprosto raven 2) ponuja polnjenje prek 240 V (običajno v stanovanjskih aplikacijah) ali 208 V (tipično v komercialnih aplikacijah) električne storitve. Večina domov ima na voljo storitev 240 V, in ker lahko oprema 2.

stopnje polni običajno baterijo priključnih električnih avtomobilov čez noč, jo lastniki priključnih električnih avtomobilov običajno namestijo za domače polnjenje. Oprema 2. stopnje se običajno uporablja tudi za javno in delovno polnjenje. Ta možnost polnjenja lahko deluje pri do 80 amperih (Amp) in 19,2 kW. Vendar pa večina stanovanjske opreme 2. stopnje deluje z manjšo močjo. Številne od teh enot delujejo pri 30 amperih in zagotavljajo 7,2 kW moči. Te enote zahtevajo namensko vezje 40 A. [24]

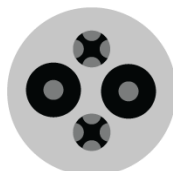
Polnilna oprema stopnje 2. uporablja isti konektor J1772 kot oprema stopnje 1. Vsi komercialno dostopni priključni električni avtomobili imajo možnost polnjenja s polnilno opremo stopnje 1 in 2. [24]

2. DC hitro polnjenje

96 do 128 kilometrov dometa na 20 minut polnjenja



Slika 17: CCS priključek (9)



Slika 18: CHAdeMO priključek (9)



Slika 19: Priključek Tesla (9)

Oprema za hitro polnjenje z enosmernim tokom (običajno 208/480 V AC trifazni vhod) omogoča hitro polnjenje vzdolž težkih prometnih koridorjev na nameščenih postajah. Obstajajo trije tipi sistemov hitrega polnjenja z enosmernim tokom, odvisno od vrste priključka za polnjenje na vozilu: SAE Combined Charging System (CCS), CHAdeMO in Tesla. [24]

Konektor CCS (znan tudi kot kombinacija J1772) je edinstven, ker lahko voznik uporablja ista vrata za polnjenje pri polnjenju s hitro opremo stopnje 1, stopnje 2 ali DC. Edina razlika je v tem, da ima priključek za hitro polnjenje DC dva dodatna spodnja zatiča. [24]

Priključek CHAdeMO je najpogostejši od treh vrst konektorjev. [24]

Vozila Tesla imajo edinstven konektor, ki deluje za vse njihove stopnje polnjenja, vključno z možnostjo hitrega polnjenja, imenovano Supercharger. Čeprav vozila Tesla nimajo priključka za polnjenje CHAdeMO in nimajo adapterja CHAdeMO, Tesla prodaja adapter. [24]

4.4 Nadomestitev z električnimi avtomobili

Povprečni električni avtomobil na 100 kilometrov porabi 21,5 kWh (kWh/100 km). To pomeni, da povprečni električni avtomobil porabi 0,215 kWh na 1 kilometer. [18]

To temelji na 231 električnih avtomobilih, izdelanih med letoma 2000 in 2022, in njihovih kWh/100 km, kot je navedeno na fueleconomy.gov (uradni vir ameriške vlade za informacije o ekonomičnosti porabe goriva). [18]

Poraba (v kWh) je odvisna od vozila samega, od načina vožnje, od trenutnih porabnikov vključenih na vozilu in tudi velikosti akumulatorja. Vozila z zmogljivejšimi baterijami imajo več avtonomije in seveda potrebujejo več energije, da se popolnoma napolnijo. Povprečni električni avtomobili na trgu imajo v povprečju baterije z zmogljivostjo med 25 kWh in 100 kWh, s prevoženo razdaljo v kilometrih z enim polnjenjem med 110 in 500+ km po polni obremenitvi. [17]

Primer: Električno vozilo z baterijo 25 kWh ima lahko avtonomijo – doseg približno 160 kilometrov. Potrebni je slabih 7 ur, da se ta baterija popolnoma napolni, če uporabljamo moč 3,7 kW (16A na enofaznem priključku). Teh 25kWh porabljene energije, ki jo je potreboval vaš avto za polnjenje baterije, se neposredno prišteje k običajni porabi električne energije vašega doma po obstoječi tarifi. Zmogljivejša polnilna postaja porabi oziroma dostavi enako količino elektrike vaši bateriji v vozilu, samo vozilo je hitreje napolnjeno in pripravljeno za uporabo. [17]

Pomemben parameter za razumevanje, koliko porabi električni avtomobil, je razmerje kWh/km (kilovatna ura na 100 km), ki ga lahko primerjamo z razmerjem l/100 km (litrov goriva na 100 prevoženih kilometrov), ki prikazuje porabo energije v vozilu. [17]

Pri računanju sem upošteval izračune iz enačb 1, 2, 3, 4, 5, 6 in 7. Namen spodnjih izračunov je okolijska in finančna primerjava električnih vozil in vozil na fosilna goriva.

Pri računanju sem uporabil število vseh avtomobilov na notranje izgorevanje v Sloveniji (1.167.330). Prav tako sem upošteval enako število prevoženih kilometrov za en avtomobil letno (7.200). Po zanesljivih podatkih s spleta je povprečna poraba električnega avtomobila **21,5 kWh/100 km oz. 0.215 kWh/1 km**. S to porabo se predvideva kombinacija vožnje po mestu in po avtocesti. Upoštevati moramo tudi zunanje dejavnike, ki imajo velik vpliv na porabo električnega avtomobila. To je izrazito vidno poleti, ko je v avtomobilu potrebna klima in je poraba vozila kar 2–krat večja kot npr. jeseni. Tudi pozimi imajo zunanji dejavniki vpliv na porabo, saj je zaradi mraza potrebno avtomobil segrevati. Upošteval sem polnjenje doma, saj za tako veliko število električnih avtomobilov Slovenija nima dovolj javnih električnih polnilnic. Cena električne energije za gospodinjstva z vsemi davki za Slovenijo je 0,16 EUR/kWh (SURS). Po podatkih iz enačbe 2 sem izračunal letno porabo elektrike za električne avtomobile, ki znaša **1.807,02684 GWh** (glej enačbo 10). Tako kot pri avtomobilih na notranje izgorevanje sem tudi za električne avtomobile izračunal skupni in posamezni letni strošek (strošek na avtomobil) »goriva«. Skupni letni strošek znaša **289.124.294,4 €** (glej enačbo 11), medtem ko posamezni letni strošek (strošek na avtomobil) znaša **247,68 €** (glej enačbo 12).

Cena fosilnega goriva za prevožen kilometer:

$$71 \times 1,49 \text{ €} = 10,43 \text{ €}$$

$$10,43 \text{ €} \div 100 \text{ km} = \mathbf{0,1043 \text{ €}} \quad \dots (8)$$

Cena elektrike za prevožen kilometer:

$$21,5 \text{ kWh} \times 0,16 = 3,44 \text{ €}$$

$$3,44 \text{ €} \div 100 \text{ km} = \mathbf{0,0344 \text{ €}} \quad \dots (9)$$

Letna poraba električne energije za električne avtomobile v Sloveniji:

$$84.047.760 \text{ km} \times 21,5 \text{ kWh} = \mathbf{1.807.026.840 \text{ kWh}} = \mathbf{1.807.026,84 \text{ MWh}} = \mathbf{1.807,02684 \text{ GWh}} \quad \dots (10)$$

Skupni letni strošek »goriva« električnih avtomobilov v Sloveniji:

$$1.807.026.840 \text{ kWh} \times 0,16 \text{ €} = \mathbf{289.124.294,4 \text{ €}} \quad \dots (11)$$

Posamezni letni strošek (strošek na avtomobil) »goriva« električnih avtomobilov v Sloveniji:

$$289.124.294,4 \text{ €} \div 1.167.330 = \mathbf{247,68 \text{ €}} \quad \dots (12)$$

Tabela 3: Primerjava porabe, stroškov in onesnaževanja električnih avtomobilov in avtomobilov na notranje izgorjevanje

	Električni avtomobili	Avtomobili na notranje izgorjevanje
Število osebnih avtomobilov	1.167.330	1.167.330
Število prevoženih kilometrov na avtomobil letno	7.200 km	7.200 km
Število vseh kilometrov prevoženih na leto	8.404.776.000 km	8.404.776.000 km
Poraba elektrike / goriva	21,5 kWh/100 km	7 l/100 km
Cena kWh/litra goriva	0,16 €/kWh	1,49 €/l
Letna poraba elektrike/goriva	1.807.026.840 kWh	588.334.320 l
Skupni strošek letne porabe elektrike/goriva	289.124.294,4 €	876.618.136,8 €
Letni strošek porabe elektrike/goriva na avtomobil	247,68 €	750,96 €
Izpusti CO ₂ na kilometer	/	123,7 g
Izpusti NO _x na kilometer	/	0,33 g
Skupni izpusti CO ₂ letno	/	958.984.941,6 kg
Skupni izpusti NO _x letno	/	2.773.576,08 kg

Kot je razvidno v tabeli 1, je električni avtomobil veliko cenejši za gospodinjstva. Prav tako je prijazen do okolja, saj v ozračje ne spušča izpušnih plinov, medtem ko avtomobili z notranjim izgorevanjem skozi izpuh v ozračje spustijo ogromno količino toplogrednih in škodljivih plinov.

4.5 Pridobivanje elektrike

Električni avtomobili porabijo veliko elektrike, zato je pomembno, kako jo pridobimo. V nadaljevanju sem predstavil tri primere pridobivanja elektrike, ki se med seboj zelo razlikujejo po izpustih CO₂.

Primer 1:

1. $\frac{1}{3}$ hidroelektrarne (HE)
2. $\frac{1}{3}$ termoelektrarna Šoštanj (TEŠ)
3. $\frac{1}{3}$ nuklearna elektrarna Krško (NEK)

Primer 2:

Koliko m² sončnih celic ali vetrnic je potrebnih za pridobitev elektrike, ki jo porabijo električni avtomobili?

Primer 3:

Samo TEŠ, predpostavimo, da lahko proizvede dovolj elektrike za samooskrbo.

4.5.1 $\frac{1}{3}$ HE, $\frac{1}{3}$ TEŠ, $\frac{1}{3}$ NEK

V enačbi 8 je izračunana in podana poraba elektrike za električne avtomobile, **1.807.026.840 kWh**. Ta podatek razdelimo na tri dele, saj vsaka elektrarna izdelava tretjino elektrike potrebne za električne avtomobile (glej enačbo 13). Po enačbi 13 vsaka elektrarna proizvede **602.342,28 MWh** električne energije. Tolikšna proizvodna elektrike za naše HE, TEŠ in NEK ni težava, saj toliko elektrike lahko proizvedejo brez težav. Pomembni so tudi izpusti, ki so v tabeli 2 predstavljeni za vsako elektrarno. S podatkom iz enačbe 11 sem izračunal tudi izpuste CO₂ za posamezno elektrarno (glej enačbo 12). V enačbi 12 opazimo, da ima najmanjše izpuste HE, druga je NEK, največje izpuste pa ima

TEŠ. Če primerjamo izpuste avtomobilov z notranjim izgorevanjem in skupne izpuste elektrarn ugotovimo, da so izpusti avtomobilov z notranjim izgorevanjem več kot 2-krat višji. To pomeni, da so električni avtomobili s tem načinom pridobivanja elektrike bolj prijazni okolju. Uporaba elektrarn v takšnem razmerju je torej z ekološkega vidika dobra.

Razdelitev proizvodnje električne energije za električne avtomobile med HE, TEŠ in NEK:

$$1.807.026.840 \text{ kWh} \div 3 = \mathbf{602.342.280 \text{ kWh} = 602.342,28 \text{ MWh}} \quad \dots (13)$$

Tabela 4: Izpusti elektrarn

	Hidroelektrarne	Termoelektrarne	Nuklearne elektrarne
Izpusti	8 kg CO ₂ /MWh	1.100 kg CO ₂ /MWh	10 kg CO ₂ /MWh

Količina izpustov ob razdelitvi proizvodnje elektrike med HE, TEŠ in NEK:

$$\text{HE: } 602.342,28 \text{ MWh} \times 8 \text{ kg} = \mathbf{4.818.738,24 \text{ kg CO}_2}$$

$$\text{TEŠ: } 602.342,28 \text{ MWh} \times 1.100 \text{ kg} = \mathbf{662.576.508 \text{ kg CO}_2}$$

$$\text{NEK: } 602.342,28 \text{ MWh} \times 10 \text{ kg} = \mathbf{6.023.422,8 \text{ kg CO}_2}$$

$$\text{Skupaj: } 4.818.738,24 \text{ kgCO}_2 + 662.576.508 \text{ kg CO}_2 + 6.023.422,8 \text{ kg CO}_2 = \mathbf{673.418.669,04 \text{ kg CO}_2} \quad \dots (14)$$

Primerjava izpustov avtomobilov z notranjim izgorevanjem s skupnimi izpusti elektrarn:

$$\text{Izpusti elektrarn: } \mathbf{673.418.669,04 \text{ kgCO}_2}$$

$$\text{Izpusti avtomobilov: } \mathbf{958.984.941,6 \text{ kgCO}_2}$$

$$\text{Razlika: } 958.984.941,6 \text{ kgCO}_2 - 673.418.669,04 \text{ kgCO}_2 = \mathbf{285.566.272,56 \text{ kgCO}_2}$$

... (15)

4.5.2 Koliko m² sončnih celic ali vetrnic je potrebnih za pridobitev elektrike, ki jo porabijo električni avtomobili?

Za izračune bom uporabil panel sončnih celic z močjo 0,3 kWh oz. 0,21 kWh na m². Takšen panel na leto izdelava približno 0,37 MWh oz. 0,26 MWh na m². 50 m² takšnih sončnih celic proizvede približno 13,1 MWh letno. Prav tako bom v izračunih uporabil vetrnice z močjo 6 MW s 30-odstotnim izkoristkom, kar pomeni proizvodnjo 20 GWh električne energije letno.

Sončne celice, ki bi jih potrebovali za proizvodnjo elektrike:

$$1.807.026,84 \text{ MWh} \div 0,26 \text{ MWh} = 6.950.103,230769231 \text{ m}^2 \approx \mathbf{6.950.103 \text{ m}^2} \quad \dots (16)$$

Količina elektrike, ki jo morajo letno proizvesti sončne celice, je **1.807.026,84 MWh**, kar pomeni, da bi za zadostitev letne porabe elektrike pri električnih avtomobilih potrebovali **6.950.103 m²** sončnih celic (glej enačbo 16) z močjo 0,26 MWh letno.

Vetrnice, ki bi jih potreboval za proizvodnjo elektrike:

$$1.807,02684 \text{ GWh} \div 20 \text{ GWh} = 90,351342 \approx \mathbf{90} \quad \dots (17)$$

Količina elektrike, ki jo morajo letno proizvesti vetrnice, je **1.807,02684 GWh**, kar pomeni, da bi za zadostitev letne porabe elektrike pri električnih avtomobilih potrebovali **90 vetrnic** (glej enačbo 17) z močjo 20 GWh letno.

Kar se tiče izpustov, sončne celice in vetrnice ne proizvajajo CO₂ (postavitev in transport zanemarimo). Vseeno pa imajo vpliv na okolje.

4.5.3 Vpliv na okolje, če bi vso elektriko za električne avtomobile proizvedli v TEŠ, ob predpostavki, da lahko proizvede dovolj elektrike za samooskrbo

Količina elektrike, ki bi jo morali letno proizvesti v TEŠ za porabo v električnih avtomobilih, je **1.807.026,84 MWh**. V TEŠ se za 1 MWh proizvedene električne energije

v zrak spusti **1.100 kg CO₂** kar pomeni, da bi se za proizvodnjo električne energije za električne avtomobile v TEŠ v zrak spustilo **1.987.729.524 kg CO₂** (glej enačbo 18).

$$1.807.026,84 \text{ MWh} \times 1.100 = \mathbf{1.987.729.524 \text{ kg CO}_2} \quad \dots (18)$$

Če primerjamo izpuste CO₂ pri pridobitvi električne energije iz TEŠ v primerjavi z izpusti CO₂ pri avtomobilih z notranjim izgorevanjem lahko opazimo, da so izpusti v TEŠ kar za **1.000.000.000 kg CO₂ večji**, zato bi bilo nesmiselno, neekološko in tudi neekonomično pridobiti elektriko za električna vozila iz TEŠ

Izpusti TEŠ: **1.987.729.524 kg CO₂**

Izpusti avtomobilov: **958.984.941,6 kgCO₂**

5 POVZETEK

Avtomobili so nepogrešljiva stvar v razvitem svetu, ker pa delujejo na različna pogonska sredstva (plin, bencin, dizel, elektrika itd.) se razlikujejo tudi po izpustih CO₂ in drugih škodljivih plinov. Prav tako živimo v času, ko plin CO₂ predstavlja okoljsko nevarnost zaradi podnebnih sprememb in ena izmed zelo vplivajočih komponent podnebnih sprememb je tudi transport.

V zadnjem času smo priča naraščajočemu trendu proizvodnje in prodaje električnih vozil, ki so predstavljena kot rešitev za okoljski problem v zvezi s transportom.

V moji raziskovalni nalogi sem se osredotočil na nadomestitev vozil na »klasični« pogon z vozili na električni pogon in kakšen vpliv bi ta zamenjava imela za okolje. Raziskava je bila izvedena povsem teoretično, ob predpostavki, da bi v enem hipu vsi zamenjali klasične avtomobile (motor z notranjim izgorevanjem) z avtomobili na električni pogon. Postavil sem 5 hipotez, ki sem jih potrjeval z raziskavo.

HIPOTEZA 1: Več kot je električnih avtomobilov v Sloveniji, manjša je onesnaženost zraka.

To hipotezo lahko potrdim ob upoštevanju, da elektriko, ki je potrebna za vožnjo električnih vozil, pridobimo iz hidroelektrarne, jedrske elektrarne in termo elektrarne (TEŠ), tako kot elektriko pridobivamo sedaj. V kolikor pa bi namesto iz TEŠ elektriko pridobili iz sončnih elektrarn ali vetrnih elektrarn, pa bi bil vpliv na okolje še manjši.

HIPOTEZA 2: V Slovenji trenutno ne proizvedemo oz. uvozimo dovolj elektrike, da bi lahko vsa osebna vozila zamenjali z električnimi.

To hipotezo lahko potrdim, saj že za »normalne« potrebe po električni energiji v Sloveniji uvažamo elektriko, v kolikor pa bo število električnih avtomobilov še naraslo, pa bodo potrebe po uvozu ali postavitvi dodatnih elektrarn še večje.

HIPOTEZA 3: Na prevoženih 100 km je cena klasičnega goriva višja kot cena elektrike.

Ta hipoteza je potrjena, razlika je celo večja, kot sem sam pričakoval, saj se z vozilom na električni pogon že samo pri pogonskem gorivu strošek zmanjša za 10-krat.

HIPOTEZA 4: Stroški za vožnjo in vzdrževanje električnih osebnih vozil so nižji kot stroški za osebna vozila na bencin ali dizel.

Stroški so nižji, saj so poleg nižje cene za pogonsko gorivo nižji tudi stroški registracije, servisiranja in vzdrževanja.

HIPOTEZA 5: Investicija v nakup električnega vozila srednjega cenovnega razreda (35000 €) se povrne po prevoženih 50000 km.

Glede na ceno goriva letno je razlika cca 500 € letno ob prevoženih 7200 km. Ob predpostavki, da klasični avto z motorjem z notranjim izgorevanjem stane 25000 €, primerljivi avto z električnim motorjem pa 35000 € to pomeni, da se investicija samo z vidika pogonskega goriva povrne v 20. letih. Tako da ta hipoteza ni potrjena, če gledamo z vidika pogona. V kolikor pa upoštevamo še cenejše vzdrževanje in subvencije, pa se investicija povrne bistveno prej. Prav tako se investicija povrne hitreje, če prevozimo letno več kot 7200 kilometrov.

6 ZAKLJUČEK

Avtomobili imajo velik vpliv na izpuste CO₂, zato sem v raziskovalni nalogi iskal rešitev s pomočjo osebnih električnih avtomobilov. Zaradi višjega števila električnih avtomobilov bi bila Slovenija primorana proizvesti še več elektrike oz. jo uvažati v večjih količinah. Zelo pomembno je, kako bi proizvedli dodatno elektriko. Če za proizvodnjo dodatne elektrike uporabimo termoelektrarno Šoštanj, bodo izpusti CO₂ še višji kot z avtomobili na fosilna goriva. Za zmanjšati izpustov, bi bilo potrebno za proizvodnjo dodatne električne energije uporabiti hidroelektrarne ali pa nuklearno elektrarno Krško. Prav tako bi bila priporočljiva uporaba sončnih celic in vetrnic, ki ne proizvajata izpustov (postavitvev in transport zanemarimo).

V raziskovalno nalogo bi lahko v prihodnje vključil tudi druge vrste vozil (tovornjaki, vlaki, kmetijska vozila, gradbena vozila itd.). Prav tako bi lahko rezultate izpustov vozil primerjal z izpusti tovarn, ki prav tako predstavljajo okoljski problem. Ozračje v Sloveniji in po svetu je vsak dan bolj onesnaženo, na ta problem se je potrebno odzvati s preudarnimi rešitvami za okolje.

7 SUMMARY

Cars have a big impact on CO₂ emissions, so in my research paper I was looking for a solution with the help of personal electric cars. Due to the higher number of electric cars, Slovenia would be forced to produce even more electricity or. to import it in larger quantities. It is very important how to produce additional electricity. If we use the Šoštanj thermal power plant to produce additional electricity, CO₂ emissions will be even higher than with fossil fuel cars. In order to reduce emissions, it would be necessary to use hydroelectric power plants or the Krško nuclear power plant to produce additional electricity. It would also be advisable to use solar cells and windmills that do not produce emissions (installation and transport are neglected).

Other types of vehicles (trucks, trains, agricultural vehicles, construction vehicles, etc.) could be included in the research project in the future. It could also compare the results

of vehicle emissions with factory emissions, which also pose an environmental problem. The atmosphere in Slovenia and around the world is becoming more polluted every day, and it is necessary to respond to this problem with prudent solutions for the environment.

8 VIRI IN LITERATURA

[1] History of the electric vehicle, pridobljeno 13. 1. 2022 iz:
https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle

[2] Electric cars have been around since before the US Civil War, pridobljeno 17. 1. 2022 iz:

<https://edition.cnn.com/interactive/2019/07/business/electric-car-timeline/index.html>

[3] Zgodovina avtomobila, pridobljeno 19. 1. 2022 iz:

https://sl.wikipedia.org/wiki/Zgodovina_avtomobila

[4] Dizel, pridobljeno 23. 1. 2022 iz:

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Dizel>

[5] Štiritaktni motor, pridobljeno 26. 1. 2022 iz:

https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%A0tiritaktni_motor

[6] Štiritaktni motor, pridobljeno 27. 1. 2022 iz:

https://dijaski.net/gradivo/teh_ref_stiritaktni_motor_01

[7] How Do Gasoline Cars Work?, pridobljeno 30. 1. 2022 iz:

<https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work>

[8] gasoline engine, pridobljeno 30. 1. 2022 iz:

<https://www.britannica.com/technology/gasoline-engine>

[9] Dvotaktni bencinski motor, pridobljeno 5. 2. 2022 iz:

https://dijaski.net/gradivo/teh_ref_dvotaktni_bencinski_motor_01

[10] Tipi električnih vozil: Ali res poznate vse?, pridobljeno 13. 2. 2022 iz:

<http://www.simplyclever.si/tipi-elektricnih-vozil-ali-res-poznate-vse/>

[11] Hybrid Electric Vehicles, pridobljeno 14. 2. 2022 iz:

https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html

[12] Plug-In Hybrid Electric Vehicles, pridobljeno 18. 2. 2022 iz:

https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html

[13] All-Electric Vehicles, pridobljeno 19. 2. 2022 iz:

https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html

[14] Električni avto: Ko je treba izbrati, pridobljeno 20. 2. 2022 iz:

<https://vsebovredn.triglav.si/tehnologija/elektricni-avto-ko-je-treba-izbrati>

[15] Statistični urad, pridobljeno 22. 2. 2022 iz:

<https://www.stat.si/StatWeb/news/Index/9389>

[16] Kaj v resnici prihaja iz izpušnih cevi avtomobilov?, pridobljeno 23. 2. 2022 iz:

http://www1.amzs.si/si/778/2597/Kaj_v_resnici_prihaja_iz_izpusnih_cevi_avtomobilov.aspx

[17] Koliko energije porabi električni avtomobil?, pridobljeno 24. 2. 2022 iz:

<https://www.e-mobilni.eu/?faq=koliko-porabi-elektricni-avtomobil>

[18] eco cost savings, pridobljeno 14. 4. 2022 iz:

<https://ecocostsavings.com/>

[19] How long do electric car batteries last?, pridobljeno 14. 4. 2022 iz:

<https://blog.evbox.com/uk-en/ev-battery-longevity>

[20] Costs of Electric Car Battery Replacement, pridobljeno 14. 4. 2022 iz:

<https://www.recurrentauto.com/research/costs-ev-battery-replacement>

[21] Kje je Slovenija v Evropi po številu polnilnic za e-vozila?, pridobljeno 15. 4. 2022 iz:

<https://www.zurnal24.si/avto/na-strom/kje-je-slovenija-v-evropi-po-stevilu-polnilnic-za-e-vozila-358816>

[22] Koliko znaša povprečen čas polnjenja električnega avtomobila?, pridobljeno 15. 4. 2022 iz:

<https://kgiff.si/cas-polnjenja-elektricnega-avtomobila/>

[23] Cenik storitve polnjenja električnih vozil - Slovenija, pridobljeno 15. 4. 2022 iz:

<https://www.petrol.si/na-poti/e-mobilnost/javne-elektricne-polnilnice/cenik-polnjenje>

[24] Developing Infrastructure to Charge Plug-In Electric Vehicles, pridobljeno 15. 4. 2022 iz:

https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html

8.1 VIRI SLIK

- (1) <http://v-85.weebly.com/rudolf-diesel.html>
- (2) <https://www.britannica.com/technology/diesel-engine#ref45703>
- (3) <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-diesel-cars-work>
- (4) <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-gasoline-cars-work>
- (5) <https://www.britannica.com/technology/gasoline-engine>
- (6) <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work>
- (7) <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work>
- (8) <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
- (9) https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju, g. Igorju Košaku, za pomoč in podporo pri izdelavi raziskovalne naloge.

Prav tako se zahvaljujem tudi učiteljici Sanji Jazbinšek Sever, ki je lektorirala besedilo.

Zahvaljujem se družini, ki me je ves čas podpirala pri izvedbi te raziskovalne naloge.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi pri izdelavi raziskovalne naloge kakorkoli pomagali.