

Ukupni trošak vlasništva vozila s različitim pogonskim sustavima

Konosić, Dunja

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:952515>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-16**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Dunja Konosić

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Goran Šagi, dipl. ing.

Student:

Dunja Konosić

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru Doc. dr. sc. Goranu Šagiju na korisnim savjetima, stručnoj pomoći i strpljenju tijekom izrade rada.

Zahvaljujem se i svojoj obitelji, dečku i prijateljima na pruženoj podršci tijekom cijelog studija.

Dunja Konosić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Dunja Konosić

Mat. br.: 0130294910

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

Ukupni trošak vlasništva vozila s različitim pogonskim sustavima

Naslov rada na
engleskom jeziku:

Total cost of ownership of a vehicle with different powertrain

Opis zadatka:

Kod nabave vozila za određeni vremenski rok i za određenu namjenu treba, između ostalog, voditi računa i o ukupnom trošku vlasništva vozila odnosno voznog parka.

U okviru završnog rada potrebno je:

- Izraditi bazu s podacima o cijeni, potrošnji, emisiji CO₂ te ostalim relevantnim podacima novih, zastupljenijih modela vozila koja se nude na tržištu RH: konvencionalna vozila, električna vozila (EV), hibridna električna vozila (HEV), utična hibridna električna vozila (PHEV).
- Prikupiti relevantne propise povezane s izračunom davanja koja se plaćaju prilikom kupovine vozila i s izračunom troškova registracije i osiguranja vozila svake sljedeće godine.
- Proučiti utjecaj način eksploatacije na troškove održavanja vozila u zadanom vremenskom roku za različite pogonske sustave prema dostupnim planovima održavanja u uputama proizvođača (npr. redoviti servisi, intervali i troškovi zamjene tekućina ili komponenata i sl.)
- Proučiti projekcije kretanja cijene električne energije i tekućih goriva za buduće razdoblje.
- Razraditi matematički model izračuna ukupnog troška vlasništva koji će obuhvatiti način financiranja nabave vozila, troškove registracije i osiguranja vozila, način eksploatacije (prijeđeni put), očekivane troškove održavanja, troškove električne energije i tekućih goriva.
- Analizirati utjecaj pojedinog parametra (cijena vozila, poticaji za kupovinu EV, HEV ili PHEV, trošak održavanja vozila, cijena energenta, ...) na ukupni trošak vlasništva vozila.
- Dodatno, izraditi projekcije emisije CO₂ i projekcije potrošnje energenta za pojedinačno vozilo i za vozni park određene strukture (određeni udio EV, HEV, PHEV) na duži rok.

Pri izradi se treba pridržavati uobičajenih pravila za izradu završnog rada. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

28. studenog 2019.

Datum predaje rada:

1. rok: 21. veljače 2020.
2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.
3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 24.2. – 28.2.2020.
2. rok (izvanredni): 3.7.2020.
3. rok: 21.9. – 25.9.2020.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Goran Šagi

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS OZNAKA	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
1. UVOD.....	1
2. UKUPNI TROŠKOVI VLASNIŠTVA VOZILA	3
2.1 Način financiranja.....	7
2.2 Davanja i Subvencije.....	7
2.3 Registracija.....	8
2.4 Osiguranje.....	10
2.5 Servis.....	11
2.6 Gorivo.....	14
2.7 Deprecijacija.....	20
3. MATEMATIČKI MODEL.....	22
3.1 Baza podataka vozila.....	22
3.2 Rezultati.....	26
3.3 Usporedba pogonskih sustava.....	27
4. EMISIJA CO ₂	37
5. ZAKLJUČAK.....	39
LITERATURA.....	40
PRILOZI.....	43

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz troškova posjedovanja vozila na stranici Edmunds.com [2].....	1
Slika 2. Struktura modela ukupnog troška vlasništva [4].....	4
Slika 3. Struktura modela ukupnog troška vlasništva [3].....	5
Slika 4. Struktura modela ukupnog troška vlasništva [5].....	6
Slika 5. Ilustracija odnosa stavki ukupnog troška vlasništva [5]	6
Slika 6. Primjer izračuna naknada za registraciju i tehnički pregled na stranici HAK-a [15] .	10
Slika 7. Udjeli pojedinih stavki redovnog održavanja vozila različitih pogonskih sustava [17]	12
Slika 8. Usporedba prosječnih cijena servisa za različite pogonske sustave	13
Slika 9. Kretanje cijena benzina i dizelskog goriva u Hrvatskoj	14
Slika 10. Predviđanje cijene benzina [23]	15
Slika 11. Predviđanje cijene benzina [24]	15
Slika 12. Predviđanje cijene dizelskog goriva [24]	16
Slika 13. Kretanje cijena električne energije u kućanstvu i industriji u Hrvatskoj	16
Slika 14. Projekcija cijene električne energije u EU do 2050. [25]	17
Slika 15. Usporedba godišnje potrošnje goriva konvencionalnog i električnog vozila	17
Slika 16. Lokacije punionica na području Hrvatske [26]	18
Slika 17. Prikaz punionica u Zagrebu (gore) i Splitu (dolje) [26].....	18
Slika 18. Usporedba potrošnje goriva ovisno o mjestu punjenja električnog vozila	19
Slika 19. Deprecijacija konvencionalnog vozila i određenih modela električnog vozila kroz godine [3]	21
Slika 20. Pad vrijednosti modela Ford F-150 u periodu od 5 godina [28]	21
Slika 21. Modeli vozila uključenih u bazu podataka	22
Slika 22. Baza podataka vozila	23
Slika 23. Baza podataka cijena registracije za pojedine modele.....	24
Slika 24. Tabela Ulazni podaci	25
Slika 25. Tabela Rezultat, razdoblje 1-6 godina	26

Slika 26. Tabela Rezultat, razdoblje 7-15 godina	26
Slika 27. VW Up! (lijevo) i Renault Zoe (desno) [29] [30]	27
Slika 28. Troškovi posjedovanja VW Up!-a u periodu od 5 godina	28
Slika 29. Troškovi posjedovanja Renaulta Zoe u periodu od 5 godina.....	28
Slika 30. Podjela troškova održavanja vozila u prvoj godini posjedovanja za VW Up! (lijevo) i Renault Zoe (desno)	29
Slika 31. Hyundai Kona (lijevo) i Honda CR-V Hybrid (desno) [31] [32]	30
Slika 32. Troškovi posjedovanja Hyundai Kone u periodu od 5 godina.....	30
Slika 33. Troškovi posjedovanja Honda CR-V Hybrid u periodu od 5 godina	31
Slika 34. Podjela troškova održavanja vozila u prvoj godini posjedovanja za Hyundai Kona (lijevo) i Honda CR-V Hybrid (desno).....	32
Slika 35. Hyundai Kona: konvencionalni model (gore lijevo), električni model (gore desno) i hibridni model (dolje) [31]	32
Slika 36. Podaci o modelu Hyundai Kona s različitim pogonskim sustavima (s lijeva na desno: konvencionalni, električni i hibridni model).....	33
Slika 37. Udio pojedine stavke troškova u prvoj godini posjedovanja za: konvencionalni model (gore lijevo), električni model (gore desno) i hibridni model (dolje) Hyundai Kona.....	33
Slika 38. Usporedba troškova održavanja različitih pogonskih sustava modela Hyundai Kona (u prvom stupcu su podaci za konvencionalni model, u drugom za električni, a u trećem za hibridni model).....	34
Slika 39. Kretanje cijena goriva u budućnosti za različite pogonske sustave modela Hyundai Kona	35
Slika 40. Emisija CO ₂ pojedinih pogonskih sustava modela Hyundai Kona.....	36
Slika 41. Podaci o proizvodnji CO ₂ pri proizvodnji tekućih goriva i u proizvodnji električne energije	37
Slika 42. Projekcije emisije CO ₂ do 2030.	38

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
<i>PP</i>	kn	Posebni porez na motorna vozila
<i>VN</i>	kn	Vrijednosna naknada
<i>PC</i>	kn	Naknada temeljena na prodajnoj cijeni motornog vozila ovisno kojoj skupini ono pripada
<i>ON</i>	kn	Osnovna naknada
<i>EN</i>	kn	Naknada ekološke komponente
<i>PP_{plug-in}</i>	kn	Posebni porez u kunama za „plug-in“ vozilo
<i>D</i>	-	Umanjenje posebnog poreza u postotnom iznosu dosega u električnom načinu rada
<i>GN</i>	kn	Godišnje naknada za ceste
<i>K</i>	-	Korektivni koeficijent
<i>PN</i>	kn	Posebna naknada za okoliš
<i>N₀</i>	kn	Osnovna naknada posebne naknade za okoliš
<i>k_k</i>	-	Korektivni koeficijent
<i>S</i>	kn	Prosječna cijena servisa na godišnjoj razini
<i>c</i>	kn/km	Prosječna cijena servisa
<i>gk</i>	km	Prijeđeni kilometri u jednoj godini
<i>G</i>	kn	Cijena goriva na godišnjoj razini
<i>r</i>	l/km	Potrošnja goriva vozila
<i>gk</i>	km	Prijeđeni kilometri u jednoj godini
<i>k_p</i>	-	Koeficijent promjene cijene energenta
<i>cg</i>	kn/l	Cijena energenta

SAŽETAK

Tema ovog rada jest analiza ukupnih troškova vlasništva vozila obzirom na vrstu pogonskog sustava i razvoj modela za jednostavan izračun i usporedbu troškova posjedovanja vozila različitih pogonskih sustava.

Na početku rada objašnjene su pojedine stavke koje su sastavni dio ukupnog troška posjedovanja, naveden je način njihovog izračuna kojim se služilo u modelu te na koji način se one razlikuju ovisno o vrsti pogonskog sustava. Također, osvrnuto se i na već postojeće modele izračuna te na koji način su usmjerili razvoj vlastitog modela.

U drugom dijelu rada opisan je vlastiti model, prikazane su sve mogućnosti i informacije koje on nudi. Usporedbom pojedinih modela vozila pokazano je kako se koristiti modelom i gdje pronaći potrebne informacije.

Na kraju je analizirana emisija CO₂ danas, kako će izgledati u sljedećih 20-30 godina te kako će utjecati na cijenu i troškove održavanja osobnih vozila različitih pogonskih sustava.

Ključne riječi: Osobno vozilo, ukupni trošak vlasništva, pogonski sustav, emisija CO₂

SUMMARY

The main topic of this thesis is the analysis of a total cost of ownership of a vehicle with different powertrain and the development of a tool for simple calculation and comparison of cost of ownership with a different powertrain.

Firstly, there is an overview of each component that contributes to the total cost of ownership, an explanation of how it is calculated and how it differs for each powertrain. Also, a review of other total cost of ownership models was made and how they developed it.

Additionally, the tool is explained and all of the options and possibilities that the tool offers are mentioned. Through example, with a comparison of some vehicles, it is shown how to use the tool and find useful information.

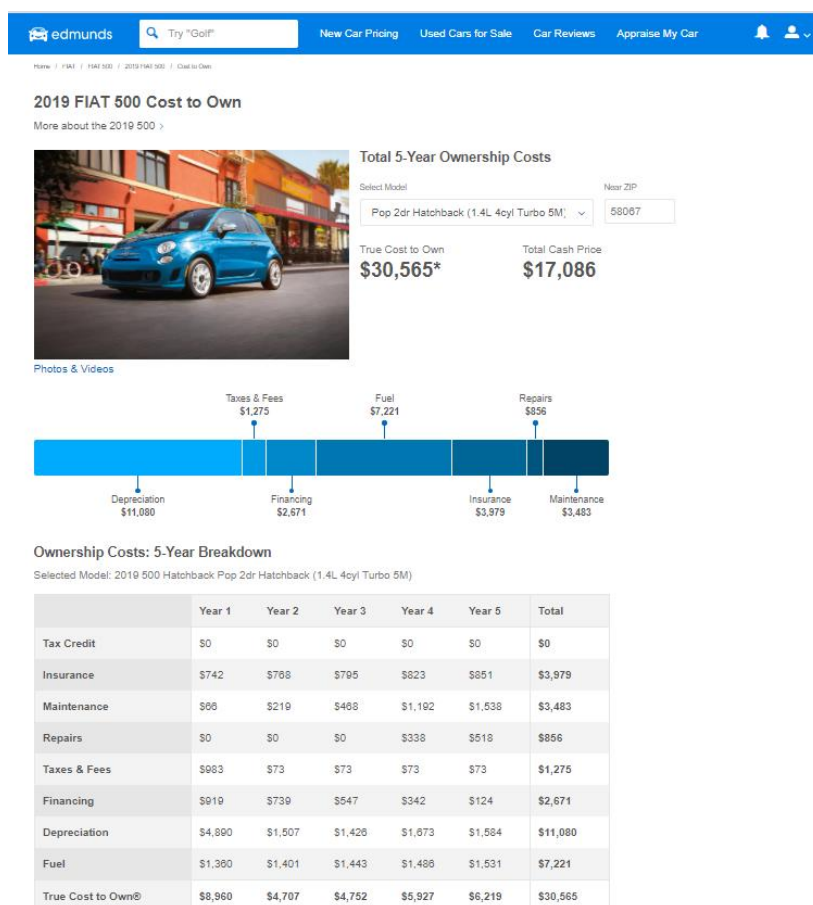
In the end, CO₂ emissions were analyzed and compared to where are they now and how will they change in the future and how will the emission affect vehicle prices and total cost of ownership.

Keywords: Personal vehicle, Total cost of ownership, powertrain, CO₂ emission

1. UVOD

Prilikom kupovine osobnog vozila kupac (potrošač) mora uzeti u obzir ne samo početnu cijenu vozila, već i sve one troškove koji dolaze nakon same kupovine. To se odnosi na cijenu osiguranja, registracije, redovnih servisa, goriva, ali i mogućih kamata ukoliko je vozilo financirano putem kredita ili leasinga. Razvojem novih tehnologija pa tako i pogonskih sustava vozila na tržištu se pojavljuje sve više opcija te je današnjem potrošaču otežan pronalazak relevantnih informacija.

Istraživanja u Zapadnoj Europi i Americi već su se uhvatila u koštac s tim problemom te postoje internetske stranice gdje korisnik u samo nekoliko koraka može vidjeti pojedinačne troškove posjedovanja u periodu od 5 ili više godina. Tako za njemačko tržište na stranici ADAC.de [1] korisnik može pronaći sve informacije vezane uz održavanje vozila, ali i više, dok se u Americi, pored mnogih, na stranici Edmunds.com [2] nudi pregledan izračun troškova u razdoblju od 5 godina.



Slika 1. Prikaz troškova posjedovanja vozila na stranici Edmunds.com [2]

U Hrvatskoj još uvijek ne postoji jedinstvena baza podataka koja bi na jednom mjestu davala informacije kako o cijenama osiguranja i registracije vozila, tako i o aktualnim cijenama servisa i goriva. Za svaki taj podatak kupac mora s različitih strana prikupljati informacije, a često se dešava i da se informacije kriju u statističkim tablicama ili nejasnim formulama.

To za posljedicu, između ostalog, nosi i da se korisnici češće okreću pouzdanim informacijama i iskustvu koje se najčešće odnosi na konvencionalna vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem. Iako se vidi određeni pomak u svijesti građana i povećanje prodaje električnih i „plug-in“ hibridnih vozila ono bi se svakako moglo još više pomaknuti stvaranjem opcija jednostavnijeg i bržeg pronalaska ključnih informacija o cijenama održavanja, usporedbama s konvencionalnim vozilima i mogućim subvencijama te na kraju ukupnoj uštedi odabirom vozila s određenim pogonskim sustavom. U ovom radu nastojalo se započeti izradu baze podataka vozila različitih pogonskih sustava i sakupiti što više ključnih informacija koje su krajnjem potrošaču od važnosti prilikom kupovine osobnog vozila.

2. UKUPNI TROŠKOVI VLASNIŠTVA VOZILA

Na osnovu postojećih modela iz literature [3] i dostupnih na internetu [4], razmatranja njihove složenosti, mogućnosti za prikupljanje i dostupnosti pojedinih podataka potrebnih za izradu modela, model izrađen u ovom radu sastoji se od sljedećih troškova:

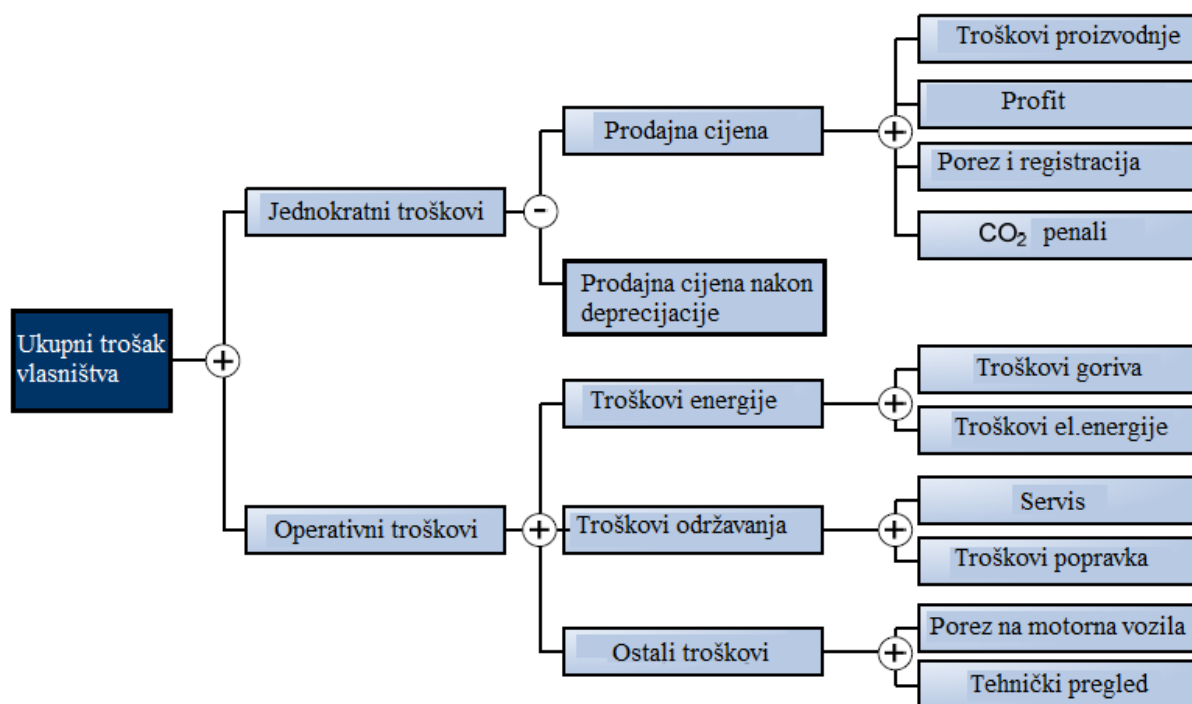
- prodajne cijene vozila (ovisi o načinu financiranja),
- davanja (PDV, PPMV,...),
- subvencija (sufinanciranje kupnje električnih i „plug-in“ hibridnih vozila od strane države),
- registracije,
- osiguranja,
- servisa (redovna održavanja i popravci),
- potrošnje goriva (benzin, dizelsko gorivo ili električna energija),
- deprecijacije (pada vrijednosti vozila kroz vrijeme).

Primjeri postojećih modela prikazani su na Slici 2., 3. i 4. Model u radu jednostavnija je verzija spomenutih u smislu da jednokratni i operativni (ponavljajući) troškovi nisu odvojeni u prikazu, ali svakako su zastupljene sve komponente pa i neke dodatne, specifične za Hrvatsku (subvencije, način financiranja).

Složeniji modeli [3] uzimali su u obzir razvoj tehnologije te odnos ponude i potražnje određenih automobilskih sustava koji itekako utječu na sadašnje i buduće cijene osobnih vozila. To se najviše vidi u slučaju električnih vozila jer upravo njihova potražnja i razvoj infrastrukture punionica potiče istraživanje i razvoj. Time električna vozila postaju konkurentnija (veći domet, manja prodajna cijena,...) na tržištu jer dolazi do smanjenja cijene proizvodnje. Ovakav širi pogled na faktore koji utječu na ukupne troškove vlasništva vozila omogućen je kombiniranjem istraživanja i provođenjem intervjua stručnjaka iz različitih područja.

Na Slici 2. prikazan je model kojim se htjelo usporediti troškove održavanja pojedinih pogonskih sustava i time usporediti kompetitivnost električnih i hibridnih vozila u odnosu na konvencionalna s motorom s unutarnjim izgaranjem. Za razliku od prijašnjih modela, ovdje je u obzir uzeta promjenjivost u prijašnjoj kilometraži i vremenu posjedovanja čime je ostvariva opsežnija analiza korisnika s različitim ekonomskim mogućnostima. U radu [4] je pokazano da se dosadašnji model ukupnih troškova posjedovanja mora prilagoditi i novim pogonskim

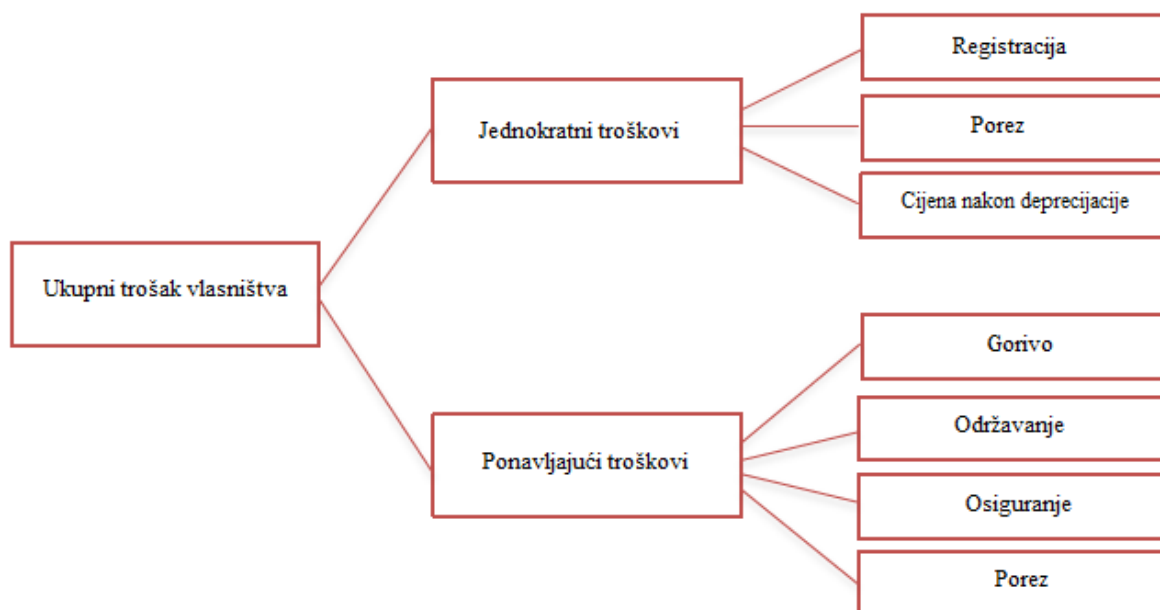
sustavima osobnih vozila te da isplativost određenog pogonskog sustava vrlo ovisi o prijedenoj kilometraži i navikama vozača.



Slika 2. Struktura modela ukupnog troška vlasništva [4]

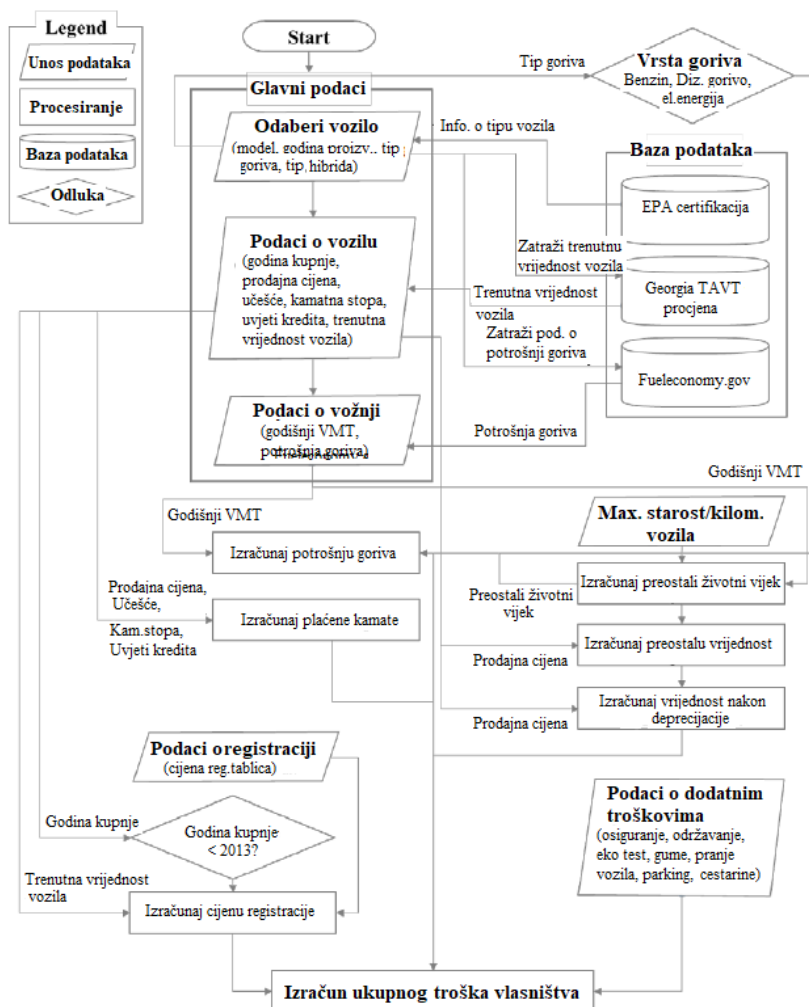
Rad *Electric Vehicles: a cost competitive game changer or technology's false hope?* [3] također se bavi prilagođavanjem dosadašnjeg modela ukupnog troška posjedovanja novim pogonskim sustavima. Također predviđaju smanjenje prodajnih cijena električnih vozila što bi im napokon omogućilo konkurentnost na tržištu jer se u polju troškova održavanja već pokazuju izrazito povoljnim. Naravno, tu postoji i potreba za smanjenjem cijene električnih vozila koja se zasad pokazuju kao glavno sredstvo u borbi za smanjenjem emisije CO₂. Na slici 3. prikazan je zastarjeli model ukupnih troškova posjedovanja.

Dosad navedeni primjeri odnosili su se na europsko tržište gdje na važnosti dobivaju električna vozila i načini kako ih približiti krajnjim korisnicima pomoću subvencija i sl. kako bi se smanjio štetni utjecaj transporta (emisije štetnih tvari automobila, kamiona, javnog prijevoza i dr.).

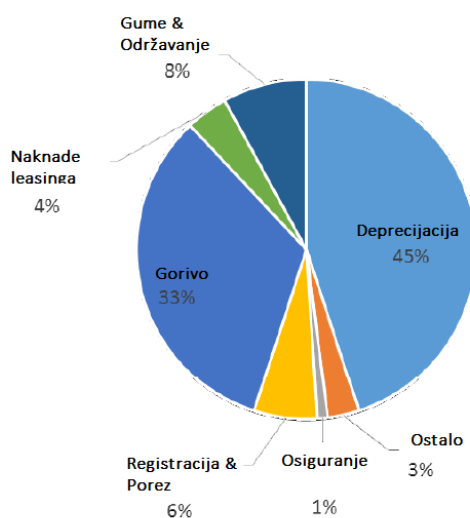


Slika 3. Struktura modela ukupnog troška vlasništva [3]

Sljedeći primjer modela ukupnog troška vlasništva rađen je za američko tržište. Istraživanje [5] je vođeno time da se razvije alat pristupačan studentima i široj javnosti koji bi omogućio bolje razumijevanje pojedinih stavki ukupnih troškova. Ovdje naglasak nije bio toliko na različitim pogonskim sustavima (iako su i ona uključena) i u kojoj mjeri oni mogu pomoći smanjenju emisije CO₂ već je bilo bitno prepoznati da se cijene određenih stavki razlikuju po mjestu stanovanja (grad ili selo) i navikama vozača. Također se htjelo omogućiti korisnicima da vide kako njihova specifična situacija utječe na troškove održavanja. Na Slici 4. dan je primjer kalkulatora troškova održavanja za američko tržište za alat, a na Slici 5. udio pojedinih komponenti u godišnjim troškovima posjedovanja za tadašnje američko tržište. Na deprecijaciju korisnik ne može previše utjecati, no drugi po redu najveći troškovi, gorivo, sigurno ovise i o mjestu stanovanja (cijena tekućeg goriva) i navikama vozača (prijeđena kilometraža).



Slika 4. Struktura modela ukupnog troška vlasništva [5]



Slika 5. Ilustracija odnosa stavki ukupnog troška vlasništva [5]

2.1. Način financiranja

Sam način financiranja vozila može utjecati na troškove vlasništva u određenom periodu. Ukoliko se vozilo financira putem kredita ili leasinga, u periodu otplate akumulirat će se određene kamate koje se također moraju pribrojati godišnjoj cijeni posjedovanja vozila.

U slučaju kredita, kupac uplaćuje određeni iznos učešća, a ostatak iznosa otplaćuje tokom definiranog perioda. Za ovaj složen izračun u modelu je korištena formula CUMIPMT čime je dobiven iznos akumuliranih kamata. U izračunu su potrebni podaci o visini učešća (kako bi se odredila vrijednost na koju se računa kamata), kamatnoj stopa i periodu otplate kredita.

Postoje dvije vrste leasinga, operativni i financijski. Financijski leasing sličan je kreditu i pogodniji je za fizičke osobe jer nakon isplate svih rata i uplatom otkupne vrijednosti (koja je često gotovo zanemariva) kupac postaje vlasnik vozila. U slučaju operativnog leasinga mjesečne rate su manje, no otkupna vrijednost na kraju perioda otplate je viša nego u slučaju financijskog. Kod leasinga također treba dati učešće, obično 20% vrijednosti vozila. Izračun kamata otplaćenih putem leasinga isti je kao i kod kredita.

U modelu se proučavala isključivo cijena s kojom se kupac susreće, dok se u sličnim modelima osvrtao i na proizvodne troškove i profit proizvođača [4]. Također, predviđane su cijene baterija električnih vozila u budućnosti i obzirom na to usklađivani troškovi.

2.2. Davanja i Subvencije

Prvi trošak vezan uz osobno vozilo je naravno cijena automobila. Na nju utječu PDV, PPMV (Posebni porez na motorna vozila) i subvencije. PDV u RH iznosi 25 % i plaća se na osnovnu cijenu automobila. Električna vozila oslobođena su plaćanja ovog poreza zbog svoje energetske učinkovitosti i nulte emisije CO₂ [6].

U smislu Zakona o posebnom porezu na motorna [7], Pravilnika o posebnom porezu na motorna vozila [8] i Uredbe o načinu izračuna i visinama sastavnica za izračun posebnog poreza na motorna vozila [9], posebni porez određuje se na temelju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) izražene u gramima po kilometru, prodajne cijene motornog vozila, snage motora u kilovatima i obujma motora u kubičnim centimetrima.

Sastoji se od dvije komponente, vrijednosne i ekološke, a računa se prema sljedećoj formuli

$$PP = (VN + PC) + (ON + EN), \quad 1.1$$

gdje je PP posebni porez u kunama, VN vrijednosna naknada u kunama, PC naknada temeljena na prodajnoj cijeni motornog vozila ovisno kojoj skupini ono pripada, ON osnovna naknada u kunama i EN naknada koja ovisi o iznosu prosječne emisije CO₂ [6].

Plaćanju PPMV-a podliježu sva motorna i hibridna vozila, s iznimkom „plug-in hibrida“ čiji se PPMV umanjuje za postotni iznos koji odgovara dosegu vozila u potpuno električnom načinu rada.

$$PP_{plug-in} = PP - (D \times PP), \quad 1.2$$

$PP_{plug-in}$ predstavlja posebni porez u kunama za „plug-in“ vozilo, PP posebni porez u kunama, a D umanjenje posebnog poreza u postotnom iznosu dosega u električnom načinu rada [6].

Subvencije su moguće u sklopu sufinanciranja nabave energetski učinkovitijih vozila koju provodi Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost. Za te potrebe 2020. godine izdvojeno je 44 milijuna kuna i građani se mogu prijaviti na javni poziv koji je objavljen jednom godišnje kako bi se kvalificirali za dobivanje sredstava.

Kategorije osobnih vozila koja se sufinanciraju su vozila na električni pogon (emisija CO₂ 0 g/km) i maksimalni iznos sufinanciranja je do 70,000.00 kn te „plug-in“ hibridna vozila (emisija CO₂ do 50 g/km) s maksimalnim iznosom sufinanciranja do 40,000.00 kn. U obje kategorije iznos subvencija ne smije prelaziti 40 % vrijednosti osobnog vozila [10].

2.3. Registracija

Prema članku 238. Zakona o sigurnosti prometa na cestama [11] motorna vozila smiju sudjelovati na cesti ako su registrirana i ako imaju važeću prometnu dozvolu. To provode i izdaju ovjerene stanice za tehnički pregled vozila kada se na tehničkom pregledu utvrdi da je vozilo ispravno. Prema članku 255. istog zakona prilikom redovnog tehničkog pregleda vozila utvrđuje se ima li vozilo propisane uređaje i opremu, jesu li uređaji i oprema ispravni te udovoljavaju li propisanim uvjetima za sudjelovanje u prometu na cesti [11]. Vozilo ne može biti registrirano ako nisu plaćene propisane obveze (porez, obavezno osiguranje, carina,

naknada za ceste, posebna naknada za okoliš i dr.) prema članku 264. Zakona o sigurnosti prometa na cestama [11].

Naknada za ceste jest godišnja naknada koja se izračunava prema izrazu

$$GN = ON \times K, \quad 1.3$$

gdje je GN iznos godišnje naknada u kunama, ON osnovna naknada i K korektivni koeficijent koji ovisi o radnom volumenu motora osobnog vozila. Osnovna naknada iznosi 215,00 kn [12].

Posebna naknada za okoliš vozila na motorni pogon izračunava se prema izrazu

$$PN = N_0 \times k_k, \quad 1.4$$

Gdje je PN iznos posebne naknade u kunama, N_0 osnovna naknada koja ovisi o vrsti vozila i broju prijeđenih kilometara te k_k korektivni koeficijent ovisan o vrsti motora i pogonskog goriva, radnom volumenu vozila, vrsti vozila, emisiji CO₂ i starosti vozila.

Način i rokovi obračunavanja i plaćanja posebne naknade propisuju se Pravilnikom o načinu i rokovima obračunavanja i plaćanja posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon [13], a jedinične naknade, korektivni koeficijenti i približi kriteriji i mjerila propisuju se Uredbom o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i približim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon [13].

Porez na cestovna motorna vozila plaća se jednom godišnje i obavezni su je plaćati vlasnici osobnih automobila do 10 godina starosti. Svota poreza ovisi o snazi motora i godinama starosti vozila i kreće se od 200,00 kn za najstarija vozila (5 do 10 godina) najmanje snage motora (do 55 kW) pa do 1.500,00 kn za najmlađa vozila (do 2 godine) najveće snage motora (preko 130 kW) [14].

Kriterija koji utječu na cijenu godišnje registracije ima mnogo. Različit je iznos cijene tehničkog pregleda i registracije ovisno radi li se o novom autu ili o produljenju registracije. Radni volumen motora, vrsta motora, snaga motora, emisijski razred vozila, vrsta goriva, godina proizvodnje i emisija CO₂ također utječu na cijenu komponenti koje na kraju čine ukupnu cijenu. U danom modelu, za svaki pojedini model osobnog vozila izračunat je iznos registracije pomoću HAK-ovog kalkulatora za izračun naknada [15].

Kalkulator za izračun naknada

Postavke	
Tip registracije	Prva registracija (novo vozilo) ▼
Datum registracije	12.09.2020
Vrsta vozila	Osobni automobil ▼
Zapremina motora	1600 cm ³
Vrsta motora	Diesel motor (i biodizel) ▼
Snaga motora	110 kW
Godina proizvodnje	2020 ▼
Emisija CO ₂ [g/km] (e)	90 < e ≤ 100 ▼
Rješenje o invalidnosti	☐
Prijenos pločica	☐

Izračun cijene	
Tehnički pregled:	11,68 kn
Naknada za ceste:	374,10 kn
Posebna naknada za okoliš:	24,50 kn
Porez na cestovna motorna vozila:	319,65 kn
Ostale naknade:	344,60 kn

Tehnički pregled:	11,68 kn
Registracija:	+ 1.062,85 kn
Ukupno:	1.074,53 kn

Slika 6. Primjer izračuna naknada za registraciju i tehnički pregled na stranici HAK-a [15]

Prilikom produljenja registracije cijena, uz prethodne kriterije, ovisi i o prijednim godišnjim kilometrima pa tako za svaki model postoje tri različite cijene prilikom produljenja garancije, ovisno o navikama vozača, odnosno o učestalosti vožnje.

2.4. Osiguranje

Obavezno osiguranje osobnog vozila može se ugovoriti kod većine osiguravajućih kuća. Polica uglavnom pokriva odgovornost za slučajeve u kojima uporabom vozila dođe do tjelesne ozljede, narušavanja zdravlja ili smrti, i u slučaju uništenja i oštećenja tuđih stvari. Uglavnom je moguće ostvariti i dodatne popuste ovisno o dobi i tipu osiguranika, godinama bez štete te načinu plaćanja.

Vrlo često se cijene i popusti razlikuju od kuće do kuće i svakako ih treba usporediti kako bi se pronašao najbolji omjer cijene i kvalitete. Tu u pomoć pristiže internetska stranica Kompare.hr [16] na kojoj se istovremeno može usporediti više ponuda za osiguranje konkretnog modela osobnog vozila. Cijena osiguranja ovisi o dobi i tipu osiguranika, registracijskoj zoni te o snazi motora osobnog vozila. Kada su uneseni svi podaci, mogu se usporediti cijene osiguranja pojedinih osiguravajućih kuća, počevši od najpovoljnije.

Sama cijena osiguranja ovisi o snazi motora pa se za najslabije cijena kreće od 1.100,00 kn pa sve do 2.346,50 kn pa i više za najsnažnije motore. Za modele iz baze podataka modela uzete su najpovoljnije cijene osiguranja u svrhu maksimalne uštede, a za modele proizvoljnog vozila cijene su određene po rasponima snage motora, npr. do 40 kW, 40-50 kW, 50-60 kW, itd.

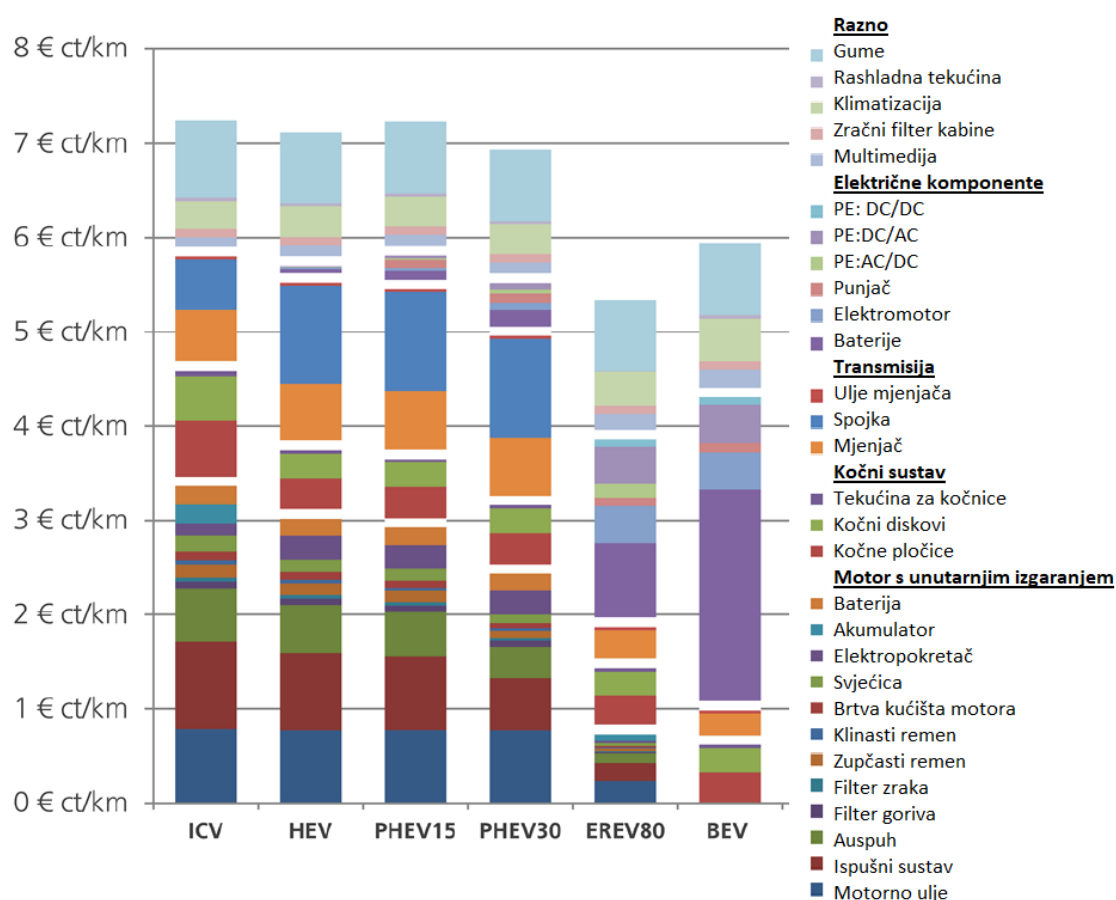
2.5. Servis

Redovno održavanje osobnog vozila i pravovremeno mijenjanje zastarjelih i/ili pokvarenih dijelova utječe na održavanje prodajne cijene vozila, ali i štiti korisnike vozila od mogućih nesreća i neugodnosti. Različiti pogonski sustavi zahtijevaju različite načine održavanja, a učestalost i cijena samog servisa ovise o složenosti samog pogonskog sustava.

Redovni pregled vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem može, ovisno o prijedenoj kilometraži, uključivati zamjenu motornog ulja, ulja mjenjača, filtra za gorivo, ulje, klimu, zrak ili prašinu, tekućine za kočnice, zamjenu svjećica, provjeru i/ili, zamjenu zupčastog remena, antifrizu, itd. Naravno uz to može biti potrebe i za zamjenom nekog potrošnog dijela vozila, kao što su kočnice obloge.

Električno vozilo, osobito njegov pogonski sustav, sastoji se od mnogo manje dijelova od prethodno navedenog vozila. Oni nemaju cilindre, klipove, ventile, ispušni sustav, klasični mjenjač, itd., dijelove koji zahtijevaju održavanje, čiji popravak može biti vrlo skup. Osim dijelova, za rad je potrebno i manje tekućina (nema potrebe za motornim uljem ili uljem mjenjača), a zbog svojstva regenerativnog kočenja koje je ugrađeno u svako električno vozilo produljuje se vijek kočnog sustava (vijek im može biti i dvostruko dulji od onih kod konvencionalnih vozila). Doduše, ovdje treba voditi računa o električnom motoru, vezanoj elektronici i bateriji, no oni nisu podložni čestim kvarovima, posebno jer većina proizvođača za ove dijelove nudi garancije od 8 do 10 godina.

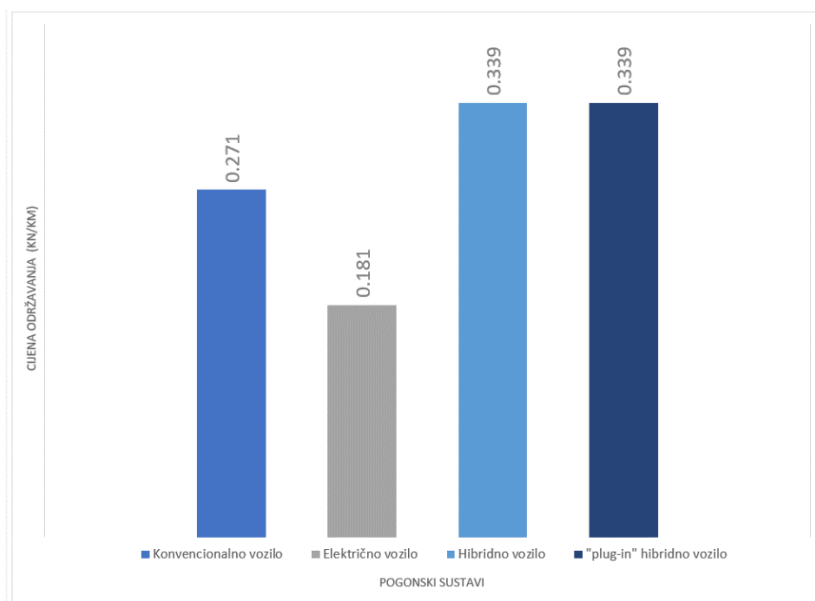
Kada je riječ o održavanju hibridnih i „plug-in“ hibridnih vozila, oni spadaju u najzahtjevniju skupinu jer posjeduju i motor s unutarnjim izgaranjem i elektromotor. Zato je potrebno voditi računa i o klasičnim zamjenama ulja, filtera i ostalog kao kod konvencionalnih vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem, ali i provjeravati zdravlje baterije, testirati izolaciju baterije i punjenje pomoćnog akumulatora kao kod električnog vozila. I kod ovih vozila najčešće su produljene garancije na hibridne komponente pogonskog sustava na 5 ili više godina. Udio svake stavke redovnog održavanja pojedinog pogonskog sustava prikazan je na Slici 7.



Slika 7. Udjeli pojedinih stavki redovnog održavanja vozila različitih pogonskih sustava [17]

Iako stvarne cijene servisa ovise o starosti vozila, marki automobila, tipu osobnog vozila i zastupljenog pogonskog sustava, navikama vozača pa i mnogim drugim kriterijima, cilj je bio usporediti cijene servisa različitih pogonskih sustava pa se koristila prosječna cijena servisa po prijeđenom kilometru. Također, u ovom modelu cijena redovnog održavanja i mogućih popravaka objedinjena je u jedinstven iznos. Dosad provedena istraživanja [18] [19] o cijenama

redovnih servisa različitih pogonskih sustava dovela su do zaključka da je održavanje električnih vozila najjeftinije (0,181 kn/km), slijede ih konvencionalna vozila (0,271 kn/km), a najskuplja su hibridna i „plug-in“ hibridna vozila (0,339 kn/km). Razlog tome jest da električna vozila imaju najmanje pokretnih dijelova pa samim time i manje dijelova koje je potrebno održavati. Hibridna vozila su najskuplja za održavanje zbog kompleksnosti samog pogonskog sustava što znači prisutnost više dijelova koji su podložni kvarenju i redovnom održavanju.



Slika 8. Usporedba prosječnih cijena servisa za različite pogonske sustave

U modelu za izračun cijene servisa pojedinih pogonskih sustava korištena je formula

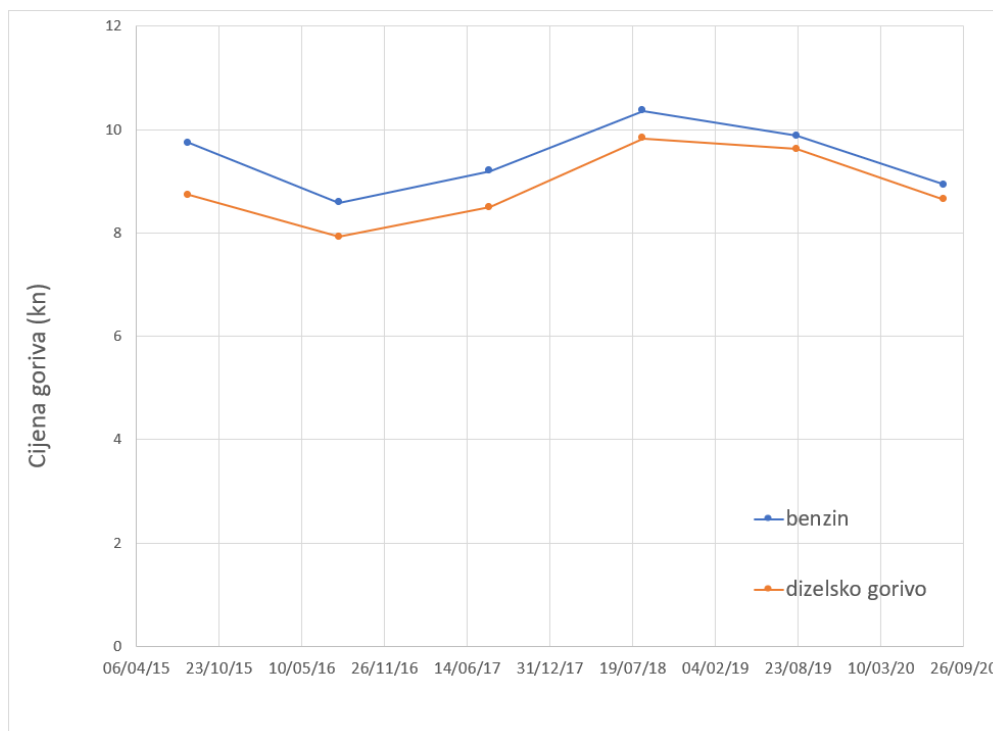
$$S = c \times gk, \quad 1.5$$

gdje je S prosječna cijena servisa na godišnjoj razini, c prosječna cijena servisa, a gk prijeđeni kilometri u jednoj godini.

2.6. Gorivo

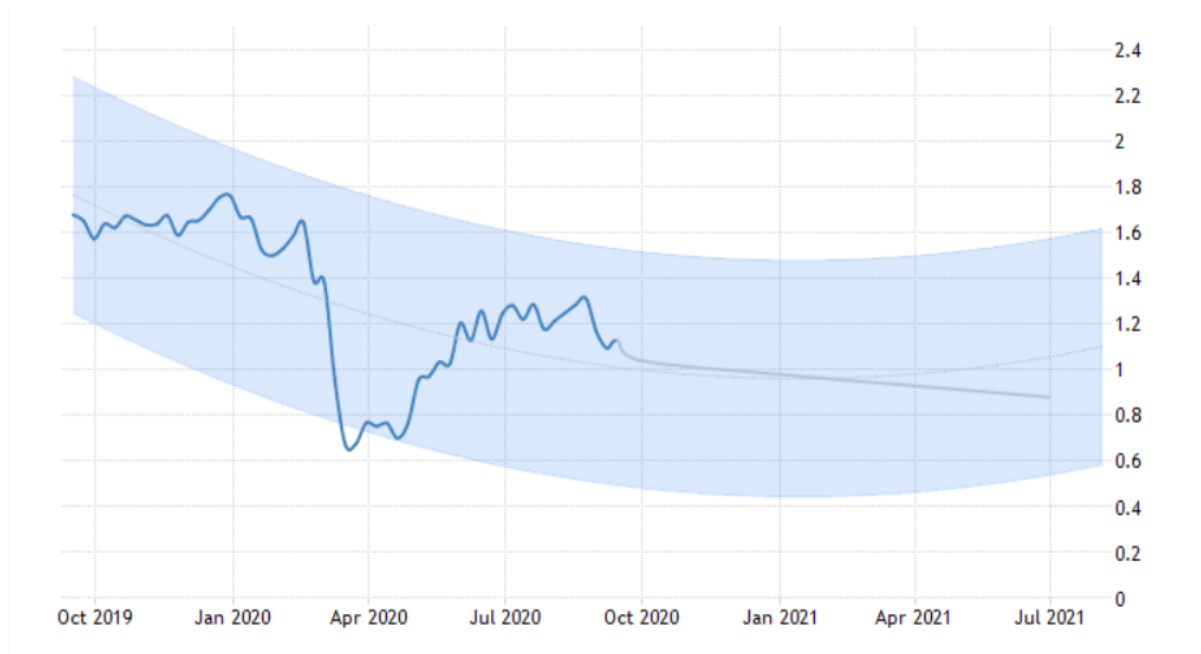
Troškovi goriva izdaci su vezani uz osobno vozilo s kojima se vozač najčešće susreće zbog gotovo svakodnevnog točenja goriva na benzinskoj postaji i kada se govori o mogućoj uštedi prve ih se razmatra. Kod konvencionalnih vozila tu su benzin i dizelsko gorivo, no automobilska industrija se sve više okreće ekološki prihvatljivim pogonskim sustavima, kao što je električna energija. Europska Unija iz godine u godinu postavlja sve strože ciljeve u smislu dopuštenih emisija CO₂ pa se tako očekuje da do 2021. prosječni novi automobil ne smije proizvoditi više od 95 g/km CO₂. Do 2025. ta brojka će se smanjiti za 15 %, a do 2030. za čak 30 % [20].

Prednosti električnih vozila nad ostalim pogonskim sustavima su jasne. Osim što im je potrošnja značajno manja, cijena energenta odnosno goriva je gotovo neusporediva. Dok se cijene benzina i dizelskog goriva kreću između 8,5 – 11 kn/l, cijena električne energije je gotovo uvijek ispod 1 kn/kWh [21] [22]. Ilustrirano na jednostavnoj usporedbi, za prijeđenih 100 km vozač Opel Corse F s pogonom na benzin, uz potrošnju 4,1 l/100 km, potroši 34,85 kn, dok vlasnik Opel Corse-E, električnog modela istog vozila, uz potrošnju 17 kWh/100 km, potroši 16,66 kn.

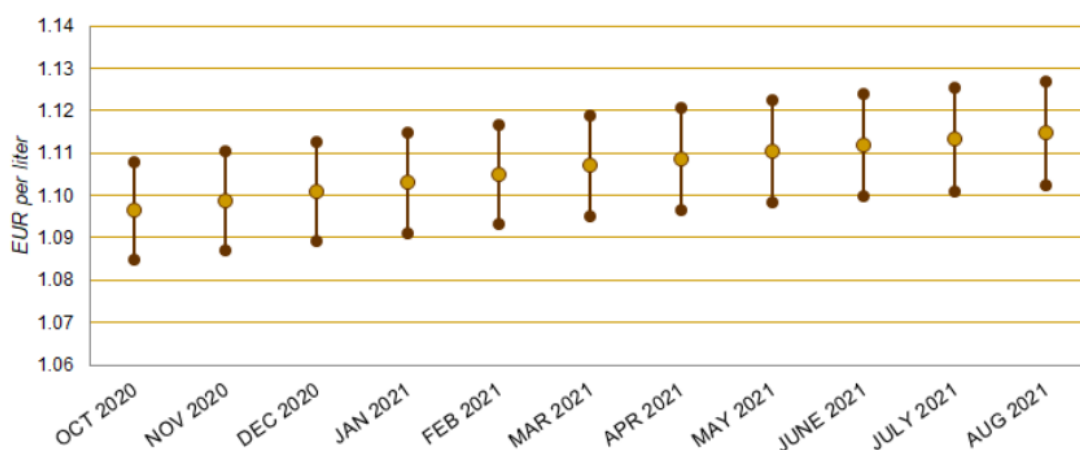


Slika 9. Kretanje cijena benzina i dizelskog goriva u Hrvatskoj

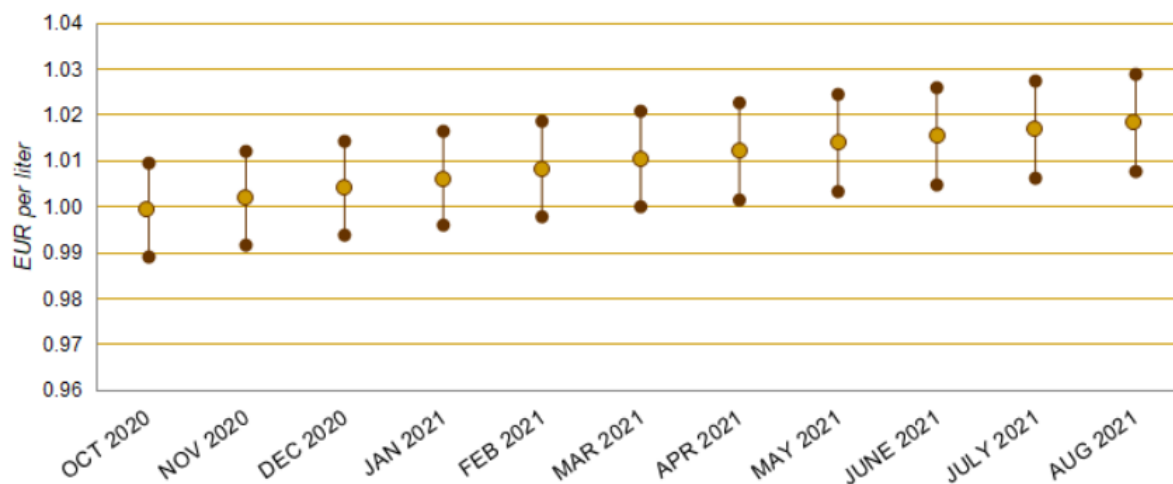
Predviđanja cijena benzina i dizelskog goriva su vrlo kompleksna zbog mnogih faktora. Od načina prerade goriva ovisno o dobu godine (zima ili ljeto), davanja, cijene osnovnog energenta pa do ekonomske situacije u određenoj zemlji. Stoga je vrlo teško sa sigurnošću reći kako će se cijene goriva kretati u sljedećoj godini, a gotovo nemoguće za neki dulji period. Vidljivo je iz primjera na Slikama 10. i 11. kako dva različita izvora predviđaju potpuno drugačiji smjer kretanja cijena benzina. Stoga se u modelu koristila prosječna promjena cijene tekućih goriva kroz godine.



Slika 10. Predviđanje cijene benzina [23]



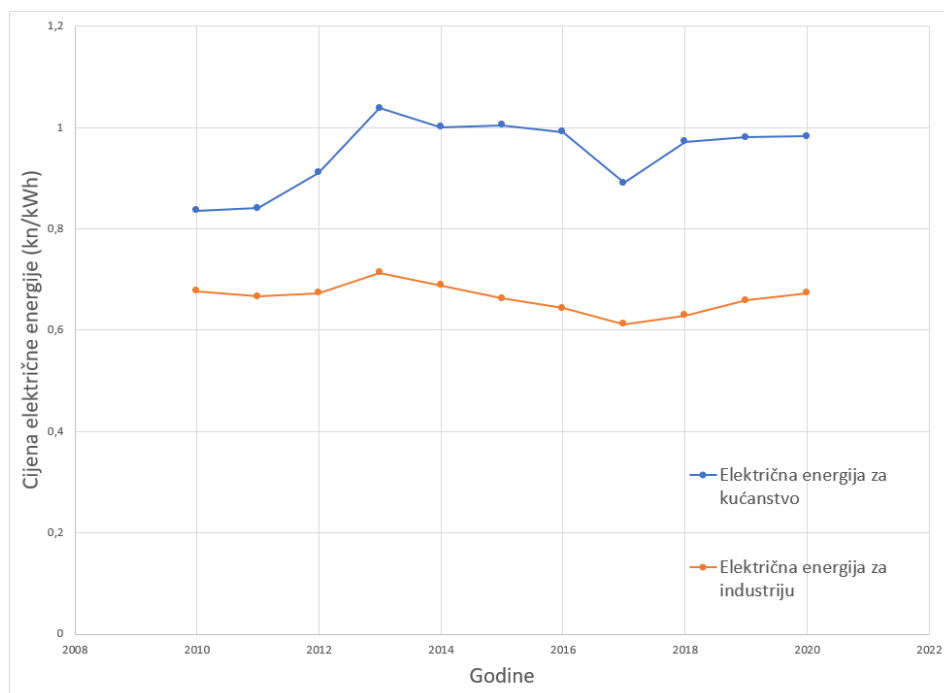
Slika 11. Predviđanje cijene benzina [24]



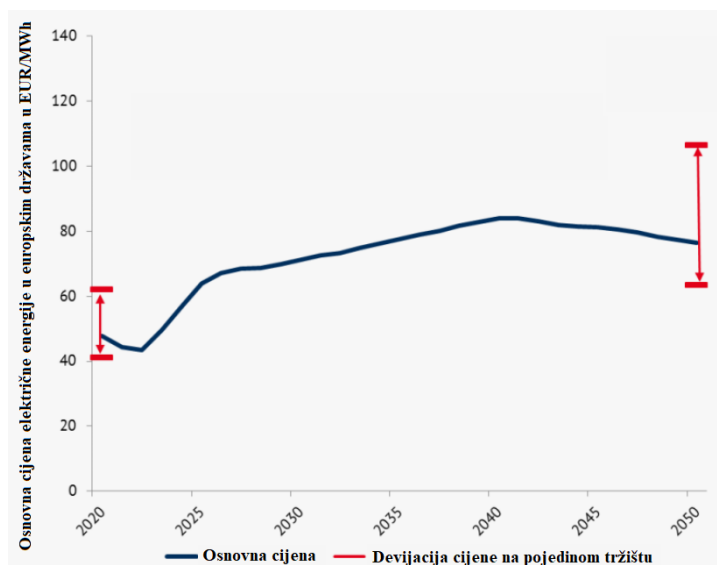
Slika 12. Predviđanje cijene dizelskog goriva [24]

Cijena električne energije u Europi u budućnosti ovisit će o cijeni primarne energije i CO₂ certifikata. Do 2040. očekuje se porast cijene primarne energije i CO₂ certifikata. Od 2040. očekivan je pad cijene električne energije usprkos daljnjem porastu spomenutih cijena.

Razlog tome jesu veliki poticaji na solarne i vjetroelektrane koji povećavaju periode vrlo niskih cijena električne energije. Naravno, razvoj i poticaji u proizvodnji električne energije razlikuju se od države do države [25].

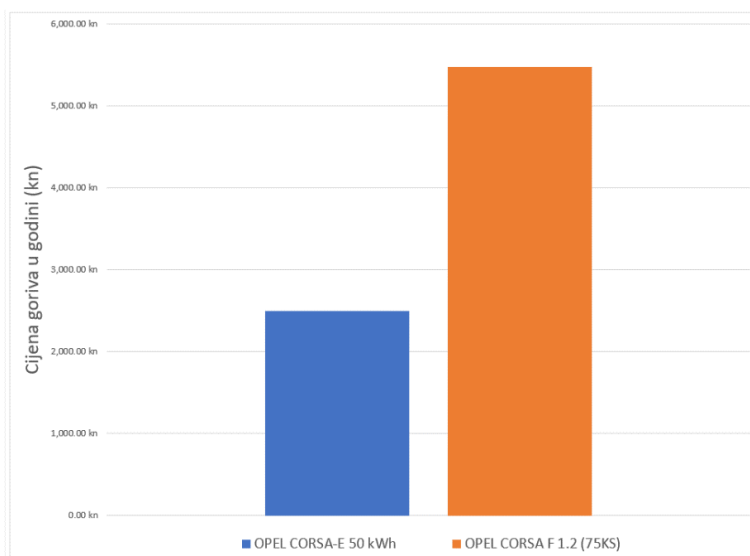


Slika 13. Kretanje cijena električne energije u kućanstvu i industriji u Hrvatskoj



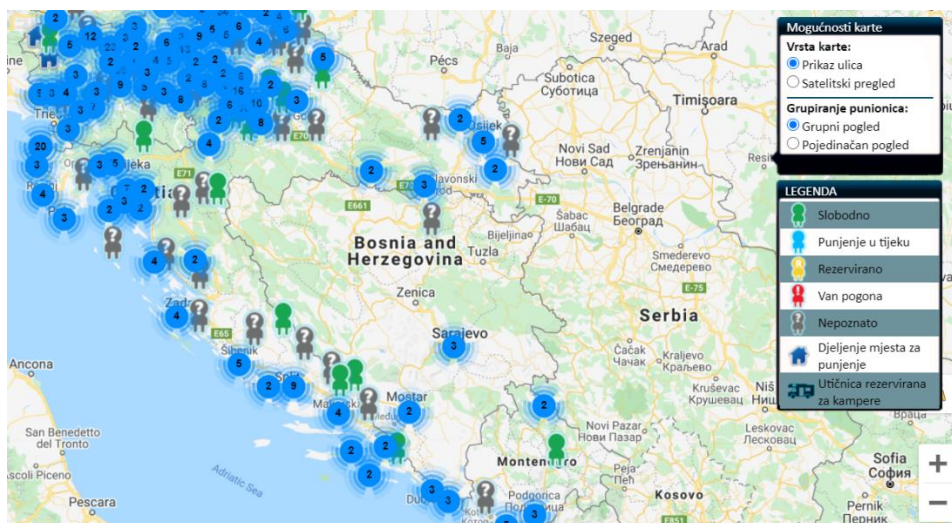
Slika 14. Projekcija cijene električne energije u EU do 2050. [25]

Ušteda u cijeni jasno se vidi kod usporedbe jednog od klasičnog modela konvencionalnog vozila, Opel Corse, i njenog električnog dvojnika, Opel Corse-E. Konvencionalni model troši 4,1 l/100 km dok električni troši 17 kWh/100 km. Kada se uzme u obzir prodajna cijena energenta, razlika je i više nego očita.



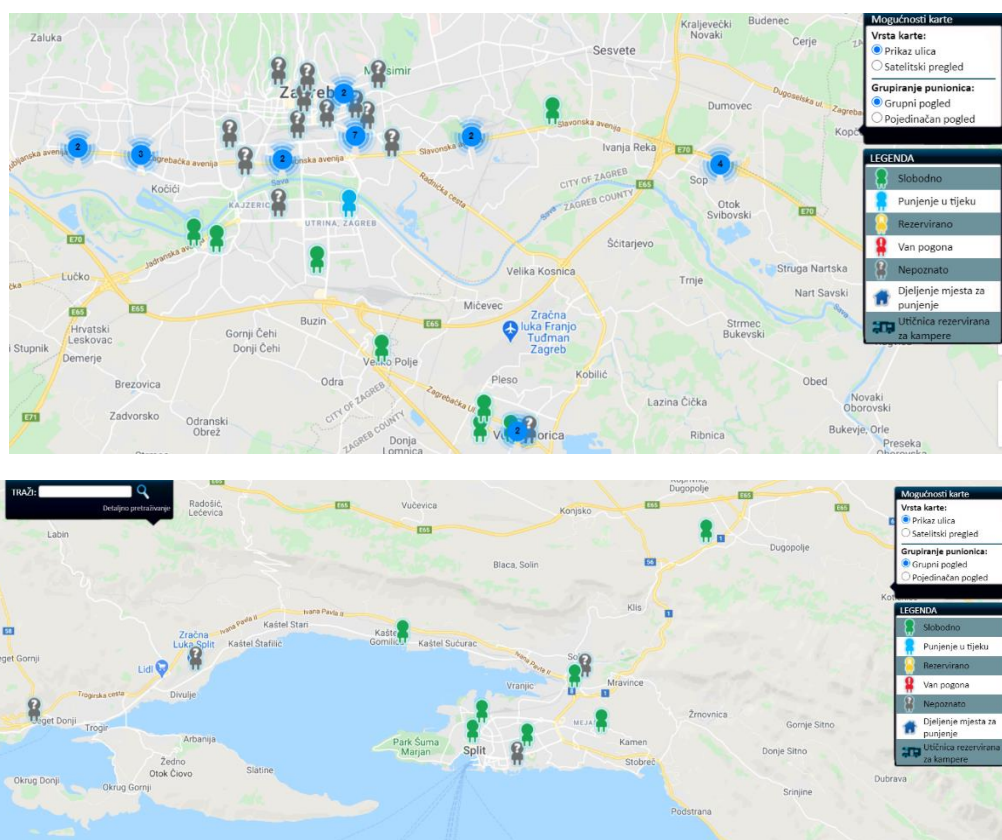
Slika 15. Usporedba godišnje potrošnje goriva konvencionalnog i električnog vozila

Jedna od bitnijih stvari kada se razmišlja o električnim vozilima jest mjesto punjenja. Dok vozači koji žive u kući imaju prednosti punjenja automobila u vlastitoj garaži, ostali će se morati poslužiti javnim punionicama, kojih ima više od 700 u RH, ili ponekim punionicama u vlasništvu firmi.



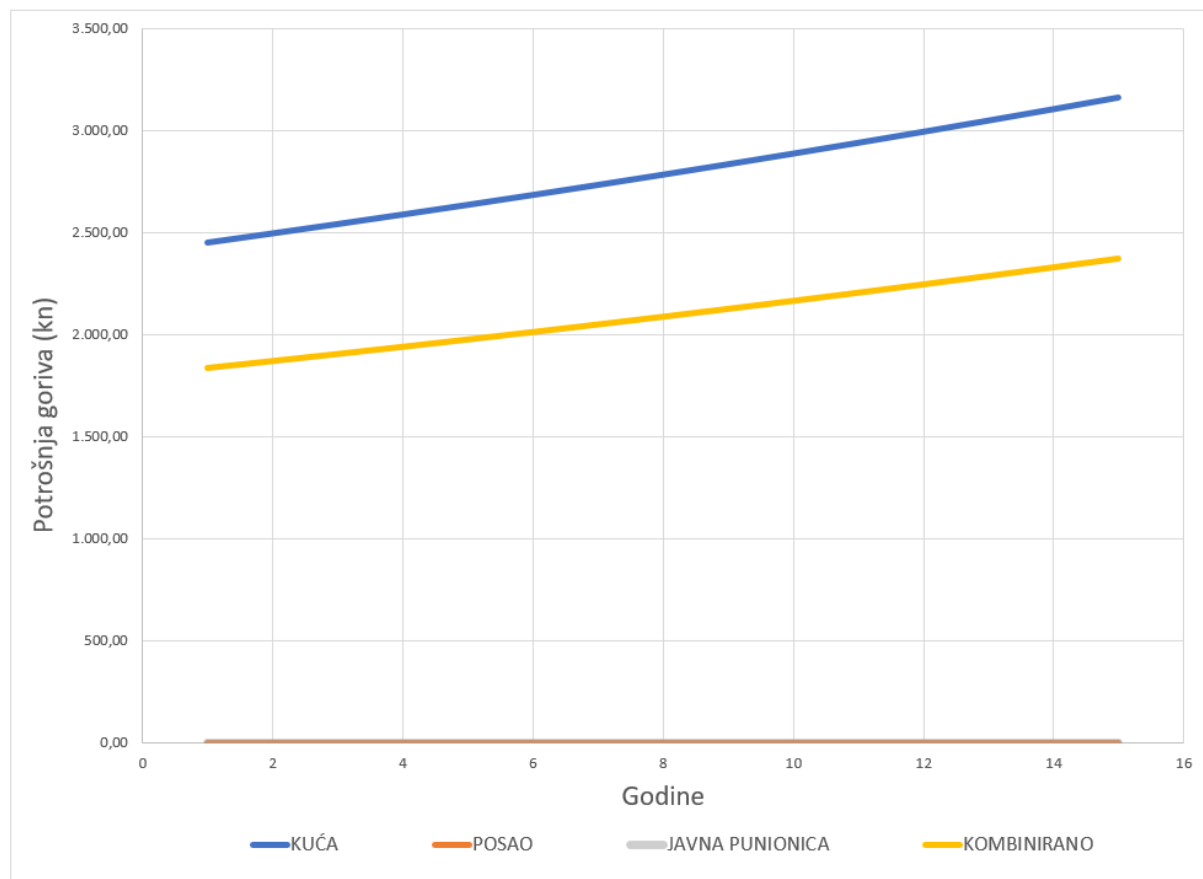
Slika 16. Lokacije punionica na području Hrvatske [26]

Dostupnost javnih punionica veoma zavisi od mjesta stanovanja. Dok je na području grada Zagreba dostupno 60-ak punionica, Split ih sa okolicom nema više od 10. Naravno, nove javne punionice nastaju sve brže i brže pa uskoro ni mjesto prebivanja neće predstavljati problem vlasnicima električnih vozila.



Slika 17. Prikaz punionica u Zagrebu (gore) i Splitu (dolje) [26]

Vlasnici električnih vozila još uvijek uživaju pogodnost besplatnog punjenja svojih osobnih vozila na javnim punionicama te je tako sama ušteda naspram konvencionalnih vozila još veća, međutim može se pretpostaviti da će se popularizacijom električnih vozila takvo nešto početi naplaćivati. Ovisno koliko je korisniku ušteda novca bitna, razlika u krajnjem iznosu koji će izdvajati na gorivo na godišnjoj razini može biti velika.



Slika 18. Usporedba potrošnje goriva ovisno o mjestu punjenja električnog vozila

Kao što je vidljivo iz Slike 18. ako bi se električno vozilo, u ovom slučaju Opel Corsa-E uz pretpostavku da prevladuje 40 km dnevno i potrošnju 17 kWh/100 km, cijele godine punilo na raznim oblicima javnih punionica koje su još uvijek besplatne, izdataka nema. Vjerojatniji je slučaj da će to biti kombinacija punjenja vozila kod kuće i na poslu/javnoj punionici. Iako je na Slici 18. u opciji „Kombinirano“ uzet slučaj kada vozač najčešće puni svoje vozilo kod kuće, u praksi to može varirati, a samim time i ušteda, ovisno koliko često se vozilo puni na, zasad, besplatan način.

U našem modelu iznos troškova koji se odnosi na gorivo računa se pomoću formule

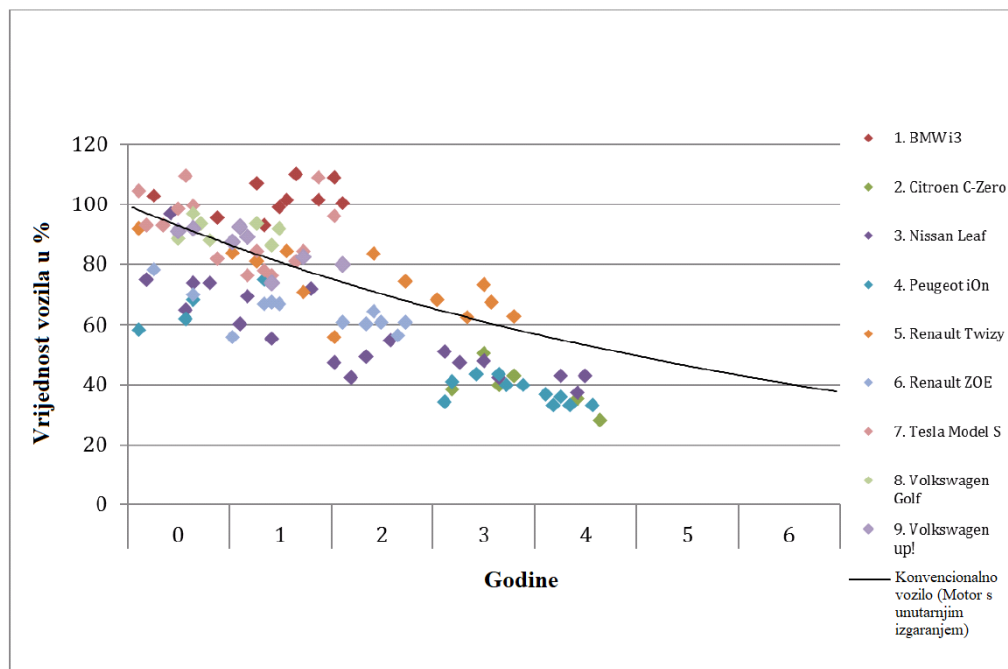
$$G = r \times gk \times cg \times k_p, \quad 1.6$$

gdje je G cijena goriva na godišnjoj razini, r potrošnja goriva vozila, gk prijeđeni kilometri u jednoj godini, k_p koeficijent promjene cijene energenta i cg cijena energenta.

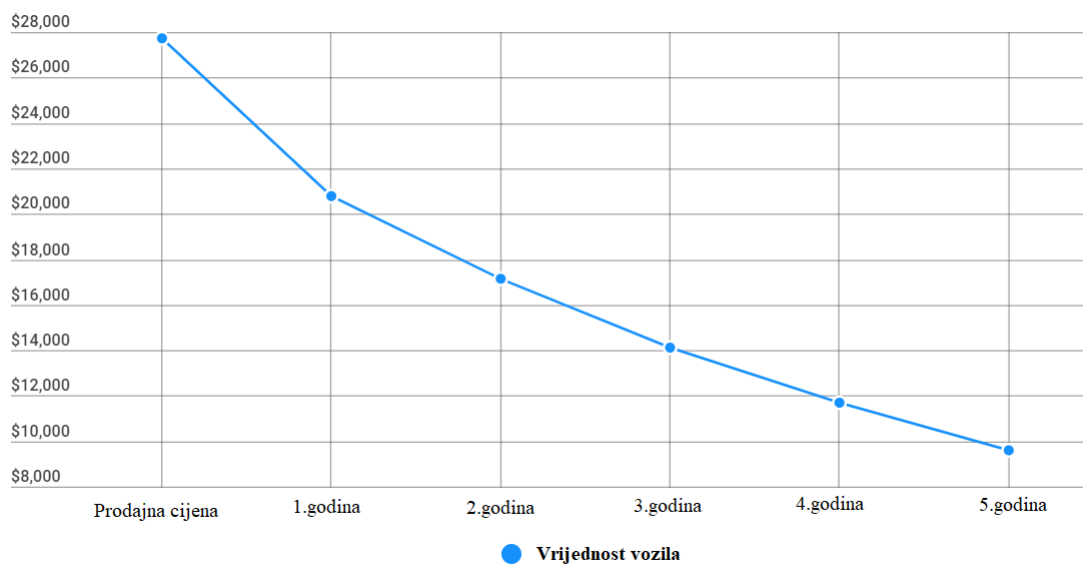
Koeficijent promjene predstavlja prosječnu promjenu cijene energenta kroz godine.

2.7. Deprecijacija

Deprecijacija predstavlja razliku između prodajne cijene prilikom kupovine i prodajne cijene nakon određenog perioda vlasništva. Pad vrijednosti novog vozila zapravo je najveći trošak s kojim se vlasnik susreće nakon same kupnje, kao što je prikazano ranije na Slici 5. Deprecijacija je složen proces koji ovisi o mnogo faktora: karakteristike modela (boja, dodatna oprema), ugled marke vozila, cijene goriva, cijene održavanja, davanja državi i dr. Kako marka i model osobnog vozila utječe na pad vrijednosti vozila, vidi se na Slici 19. i Slici 20. U [27] daje se pregled većine financijskih modela te kako je u njima izračunata deprecijacija. U većini slučajeva radi se o padu cijene od 50 % nakon 3 godine posjedovanja vozila s prijeđenih 45.000 km. To uglavnom vrijedi za vozila s motorima s unutarnjim izgaranjem i one s hibridnim pogonom, dok je za električna vozila potrebna dodatna analiza kretanja pada cijena. Razlog je vrlo jednostavan, tehnologija pogona električnih vozila je relativno nova i ne postoji dovoljno provjerenih podataka o stanju vozila nakon duljeg perioda (10 do 20 godina). Upravo to donosi i predviđanja veće deprecijacije električnih vozila u nekim slučajevima, do čak 67 % za VW eUp! [27]. Sadašnje niske cijene održavanja električnih vozila mogle bi pozitivno utjecati na prodajnu vrijednost nakon nekog perioda. Istraživanja [3] [28] kažu da u prvoj godini nova vozila gube 10 do 20 % svoje vrijednosti, neka čak i do 30 %. Sljedećih godina pad vrijednosti je sve manji pa se u 10. godini uglavnom dolazi do 40 % početne vrijednosti vozila [28]. U modelu se nastojalo uzeti podatke iz literature, ali i iz prakse pa je za određene modele proučavan stvaran pad cijene nakon 5, 10 ili 15 godina odnosno odgovarajuće kilometraže. Na deprecijaciju se može utjecati smanjenjem dnevne, odnosno godišnje kilometraže. Redovno održavanje vozila također pridonosi smanjenju deprecijacije no ona najviše zavisi od modela vozila. Također, nije sigurno da će modeli vozila koji danas drže na vrijednosti, zbog potražnje, biti isti za 3, 5 ili 10 godina.



Slika 19. Deprecijacija konvencionalnog vozila i određenih modela električnog vozila kroz godine [3]



Slika 20. Pad vrijednosti modela Ford F-150 u periodu od 5 godina [28]

3. MATEMATIČKI MODEL

3.1. Baza podataka vozila

Kao što je u uvodu rečeno, izrađena je baza podataka osnovnih modela najčešćih osobnih vozila registriranih u RH i Europi. Tu su zastupljena konvencionalna vozila s klasičnim pogonom na benzin ili dizelsko gorivo, električna vozila, hibridna i „plug-in“ hibridna vozila. Također, nastojalo se ravnomjerno zastupati sve kategorije osobnih vozila, od malih gradskih automobila i kompakta do monovolumena i SUV vozila. Tu se odmah može primijetiti da se električna vozila mogu pronaći u svim kategorijama osobnih vozila, dok za hibridna i „plug-in“ hibridna vozila ne postoje manji modeli koji bi konkurirali manjim gradskim automobilima. Razlog tome jest da je zbog kompleksnije strukture pogonskog sustava (zastupljen je i motor s unutarnjim izgaranjem i električni motor(i)) nemoguće proizvesti dovoljno malen automobil koji bi mogao sadržavati sve komponente, a da pri tome bude pristupačan jer kompleksniji pogonski sustav sa sobom povlači višu cijenu proizvodnje. To je zapravo jedan od većih nedostataka hibridnih i „plug-in“ hibridnih vozila jer za sobom vuče i veće troškove održavanja.

KONVENCIONALNA VOZILA	EV	PHEV	HEV
FIAT 500 1.2 8v (69KS) Pop MTA	NISSAN LEAF 2 40kWh	MITSUBISHI OUTLANDER PHEV	TOYOTA PRIUS HYBRID
VW UP! 1.0	RENAULT ZOE ZEN R110	TOYOTA PLUG-IN PRIUS	HONDA CR-V HYBRID
RENAULT CLIO V 1.0 Sce (75KS)	HYUNDAI KONA	VOLVO XC60 PHEV	SUZUKI SX4 1.4 4WD HYBRID 48V
DACIA SANDERO II 1.5 dCi (75 KS)	TESLA MODEL 3	SKODA SUPERB IV	HYUNDAI KONA HEV 1.6 GDI 6DCT hibrid
OPEL CORSA F 1.2 (75KS)	OPEL CORSA-E 50 kWh		
VW POLO 1.0 TSI Comfortline			
VW GOLF 7 1.6 TDI CR 110KS			
FORD FOCUS IV 1.5 EcoBlue (120KS)			
SKODA OCTAVIA Ambition 1.0 TSI			
MERCEDES C-KLASA C 180			
VW PASSAT 2.0 TDI Business			
AUDI A4 35TFSI S tr Select			
RENAULT CAPTUR II 1.5 Blue dCi (115KS)			
VW T-ROC 1.5 TSI EVO Design			
HYUNDAI KONA 1.6			
TOYOTA RAV-4 MY20 Limited			
AUDI Q5 40TDI quattro S tr Advanced +			
VW TOURAN 3.0 V6 TDI 4M Elegance			
BMW X5 25d (231KS)			
VOLVO XC90 B5 AWD AUT MOMENTUM PRO			

Slika 21. Modeli vozila uključenih u bazu podataka

Baza podataka vozila sastoji se od informacija o pogonskom sustavu, snazi i volumenu motora, potrošnji goriva, emisiji CO₂, iznosu subvencije, cijeni registracije i osiguranja te cijeni bez i s PDV-om te visini posebnog poreza na motorna vozila. Cijene vozila u bazi podataka predstavljaju cijene osnovnog modela ili modela s minimalnom količinom dodatne opreme.

	POGON	SNAGA (kW/KS)	VOLUMEN M	CO ₂	POTROŠNJA	SUBVENCIJA	CIJENA (BEZ PDV)	CIJENA S PDV	PPMV	OSIGURANJE
KONVENCIONALNA VOZILA										
FIAT 500 1.2 8v (69KS) Pop.MTA	benzin	51/69	1242	115	5,1	/	72.960,00 kn	91.200,00 kn	3.995,00 kn	1.211,00 kn
VW UPI 1.0	benzin	44/60	999	100	4,4	/	75.092,40 kn	93.865,50 kn	1.970,00 kn	1.100,00 kn
RENAULT CLIO V 1.0 Sce (75KS)	benzin	55/75	999	120	5	/	78.680,00 kn	98.350,00 kn	3.455,00 kn	1.211,00 kn
DACIA SANDERO II 1.5 dCi (75 KS)	dizel	55/75	1461	90	3,5	/	78.828,00 kn	98.535,00 kn	2.935,00 kn	1.211,00 kn
OPEL CORSA F 1.2 (75KS)	benzin	55/75	1199	94	4,1	/	75.208,80 kn	94.011,00 kn	1.160,00 kn	1.211,00 kn
VW POLO 1.0 TSI Comfortline	benzin	70/95	999	106	4,6	/	94.829,40 kn	118.536,75 kn	2.780,00 kn	1.481,00 kn
VW GOLF 7 1.6 TDI CR 110KS	dizel	85/115	1598	104	4	/	120.030,40 kn	150.038,00 kn	7.211,14 kn	1.663,00 kn
FORD FOCUS IV 1.5 EcoBlue (120KS)	dizel	80/120	1499	92	3,7	/	133.790,40 kn	167.238,00 kn	4.752,00 kn	1.481,00 kn
SKODA OCTAVIA Ambition 1.0 TSI	benzin	81/110	999	107	4,6	/	143.270,75 kn	179.088,44 kn	2.915,00 kn	1.481,00 kn
MERCEDES C-KLASA C 180	benzin	115/156	1595	138	6,1	/	186.400,00 kn	233.000,00 kn	5.150,00 kn	1.812,00 kn
VW PASSAT 2.0 TDI Business	dizel	110/150	1968	101	3,8	/	210.114,90 kn	262.643,63 kn	10.695,05 kn	1.663,00 kn
AUDI A4 35TFSI S tr Select	benzin	110/150	1984	135	6,2	/	205.207,68 kn	256.509,60 kn	17.912,40 kn	1.663,00 kn
RENAULT CAPTUR II 1.5 Blue dCi (115KS)	dizel	85/115	1461	122	4,2	/	150.186,40 kn	187.733,00 kn	8.167,00 kn	1.532,00 kn
VW T-ROC 1.5 TSI EVO Design	benzin	110/150	1498	119	5,2	/	161.843,60 kn	202.304,50 kn	8.150,00 kn	1.663,00 kn
HYUNDAI KONA 1.6	dizel	85/115	1598	113	4,3	/	102.064,00 kn	127.580,00 kn	5.910,00 kn	1.663,00 kn
TOYOTA RAV-4 MY20 Limited	benzin	129/175	1987	142	6,4	/	198.423,20 kn	248.029,00 kn	20.971,00 kn	2.063,00 kn
AUDI Q5 40TDI quattro S tr Advanced +	dizel	150/204	1968	139	5,3	/	355.848,72 kn	444.810,90 kn	54.310,42 kn	2.063,00 kn
VW TOUAREG 3.0 V6 TDI 4M Elegance	dizel	170/231	2967	173	6,6	/	362.319,30 kn	452.899,12 kn	98.090,90 kn	2.226,00 kn
BMW X5 25d (231KS)	mh-dizel	170/231	1995	147	5,7	/	426.105,00 kn	532.631,25 kn	76.779,69 kn	2.226,00 kn
VOLVO XC90 B5 AWD AUT MOMENTUM	mh-dizel	173/235	1969	167-195	6,7	/	422.218,80 kn	527.773,50 kn	104.801,10 kn	2.226,00 kn
EV										
NISSAN LEAF 2 40kWh	električni	110/150	0	0	17.1kWh/100km	do 70000	227.120,00 kn	283.900,00 kn	0,00 kn	1.663,00 kn
RENAULT ZOE ZEN R110	električni	80/108	0	0	17.2kWh/100km	do 70000	207.840,00 kn	259.800,00 kn	0,00 kn	1.481,00 kn
HYUNDAI KONA	električni	150/204	0	0	15.4kWh/100km	do 70000	245.592,00 kn	306.990,00 kn	0,00 kn	2.063,00 kn
TESLA MODEL 3	električni	330/449	0	0	18.8kWh/100km	do 70000	401.964,00 kn	502.455,00 kn	0,00 kn	2.346,50 kn
OPEL CORSA-E 50 kWh	električni	100/136	0	0	17kWh/100km	do 70000	192.800,00 kn	241.000,00 kn	0,00 kn	1.663,00 kn
PHEV										
MITSUBISHI OUTLANDER PHEV	ben+el	165/225	2360	40	1,8	do 40000	235.760,51 kn	294.700,64 kn	4.199,37 kn	2.226,00 kn
TOYOTA PLUG-IN PRIUS	ben+el	90/120	1798	29	1	do 40000	235.465,60 kn	294.332,00 kn	3.368,00 kn	1.663,00 kn
VOLVO XC60 PHEV	ben+el	302/405	1969	47	2	do 40000	459.860,80 kn	574.826,00 kn	20.901,90 kn	2.346,50 kn
SKODA SUPERB IV	ben+el	163/218	1395	32	1,4	do 40000	218.375,12 kn	272.968,90 kn	2.235,40 kn	2.226,00 kn
HEV										
TOYOTA PRIUS HYBRID	ben+el	90/122	1798	75	3,3	/	174.556,00 kn	218.195,00 kn	4.505,00 kn	1.663,00 kn
HONDA CR-V HYBRID	ben+el	107/145 (135/184)	1993	120	5,3	/	205.472,90 kn	256.841,12 kn	11.148,88 kn	2.063,00 kn
SUZUKI SX4 1.4 4WD HYBRID 48V	ben+el	95/129	1373	110	4,9	/	123.061,12 kn	153.826,40 kn	5.434,80 kn	1.663,00 kn
HYUNDAI KONA HEV 1.6 GDI 6DCT hibrid	ben+el	77.2/105 i 32/43.5	1580	90-99	4,3	/	162.948,00 kn	203.685,00 kn	4.911,80 kn	1.663,00 kn

Slika 22. Baza podataka vozila

U slučaju proizvoljnog vozila vrijednost registracije, kako prve, tako i za svaku sljedeću godinu odabrana je tako što je za određen pogonski sustav i veličinu vozila (koja se dijeli prema radnom volumenu motora) uzet karakteristični predstavnik svake skupine.

	Manje od 10.000.00 km		Od 10.000.00 km do 20.000.00 km		Više od 20.000.00 km	
	NOVO	PONOVNO	NOVO	PONOVNO	NOVO	PONOVNO
KONVENCIONALNA VOZILA						
FIAT 500 1.2 8v (69KS) Pop MTA	881,00 kn	1.194,34 kn	881,00 kn	1.211,84 kn	881,00 kn	1.229,34 kn
VW UPI 1.0	677,00 kn	990,34 kn	677,00 kn	1.002,59 kn	677,00 kn	1.014,84 kn
RENAULT CLIO V 1.0 Sce (75KS)	687,50 kn	1.000,84 kn	687,50 kn	1.018,34 kn	687,50 kn	1.035,84 kn
DACIA SANDERO II 1.5 dCi (75 KS)	863,50 kn	1.180,62 kn	863,50 kn	1.189,37 kn	863,50 kn	1.198,12 kn
OPEL CORSA F 1.2 (75KS)	870,50 kn	1.183,34 kn	870,50 kn	1.196,09 kn	870,50 kn	1.208,34 kn
VW POLO 1.0 TSI Comfortline	722,54 kn	1.097,34 kn	722,54 kn	1.113,09 kn	722,54 kn	1.128,84 kn
VW GOLF 7 1.6 TDI CR 110KS	993,11 kn	1.494,62 kn	993,11 kn	1.510,37 kn	993,11 kn	1.526,12 kn
FORD FOCUS IV 1.5 EcoBlue (120KS)	986,11 kn	1.487,62 kn	986,11 kn	1.499,87 kn	986,11 kn	1.512,12 kn
SKODA OCTAVIA Ambition 1.0 TSI	799,61 kn	1.297,34 kn	799,61 kn	1.313,09 kn	799,61 kn	1.328,84 kn
MERCEDES C-KLASA C 180	1.122,73 kn	1.804,84 kn	1.122,73 kn	1.827,59 kn	1.122,73 kn	1.850,34 kn
VW PASSAT 2.0 TDI Business	1.186,13 kn	1.872,02 kn	1.186,13 kn	1.887,77 kn	1.186,13 kn	1.903,52 kn
AUDI A4 35TFSI S tr Select	1.200,13 kn	1.882,24 kn	1.200,13 kn	1.904,99 kn	1.200,13 kn	1.927,74 kn
RENAULT CAPTUR II 1.5 Blue dCi (115KS)	1.000,11 kn	1.501,62 kn	1.000,11 kn	1.520,87 kn	1.000,11 kn	1.540,12 kn
VW T-ROC 1.5 TSI EVO Design	1.112,23 kn	1.794,34 kn	1.112,23 kn	1.811,84 kn	1.112,23 kn	1.829,34 kn
HYUNDAI KONA 1.6	975,46 kn	1.498,12 kn	975,46 kn	1.515,62 kn	975,46 kn	1.533,12 kn
TOYOTA RAV-4 MY20 Limited	1.210,63 kn	1.892,74 kn	1.210,63 kn	1.920,74 kn	1.210,63 kn	1.948,74 kn
AUDI Q5 40TDI quattro S tr Advanced +	1.431,37 kn	2.486,02 kn	1.431,37 kn	2.508,77 kn	1.431,37 kn	2.531,52 kn
VW TOUAREG 3.0 V6 TDI 4M Elegance	2.206,22 kn	3.260,87 kn	2.206,22 kn	3.295,87 kn	2.206,22 kn	3.330,87 kn
BMW X5 25d (231KS)	1.441,87 kn	2.496,52 kn	1.441,87 kn	2.524,52 kn	1.441,87 kn	2.552,52 kn
VOLVO XC90 B5 AWD AUT MOMENTUM PRO	1.455,87 kn	2.510,52 kn	1.455,87 kn	2.545,52 kn	1.455,87 kn	2.580,52 kn
EV						
NISSAN LEAF 2 40kWh	901,23 kn	1.458,89 kn	901,23 kn	1.467,64 kn	901,23 kn	1.476,39 kn
RENAULT ZOE ZEN R110	785,61 kn	1.158,89 kn	785,61 kn	1.167,64 kn	785,61 kn	1.176,39 kn
HYUNDAI KONA	1.132,47 kn	2.058,89 kn	1.132,47 kn	2.067,64 kn	1.132,47 kn	2.076,39 kn
TESLA MODEL 3	1.132,47 kn	2.058,89 kn	1.132,47 kn	2.067,64 kn	1.132,47 kn	2.076,39 kn
OPEL CORSA-E 50 kWh	785,61 kn	1.158,89 kn	785,61 kn	1.167,64 kn	785,61 kn	1.176,39 kn
PHEV						
MITSUBISHI OUTLANDER PHEV	1.702,22 kn	2.753,09 kn	1.702,22 kn	2.761,84 kn	1.702,22 kn	2.770,59 kn
TOYOTA PLUG-IN PRIUS	1.056,51 kn	1.554,24 kn	1.056,51 kn	1.562,99 kn	1.056,51 kn	1.571,74 kn
VOLVO XC60 PHEV	1.403,37 kn	2.454,24 kn	1.403,37 kn	2.462,99 kn	1.403,37 kn	2.471,74 kn
SKODA SUPERB IV	1.325,97 kn	2.376,84 kn	1.325,97 kn	2.385,59 kn	1.325,97 kn	2.394,34 kn
HEV						
TOYOTA PRIUS HYBRID	1.056,51 kn	1.554,24 kn	1.056,51 kn	1.562,99 kn	1.056,51 kn	1.571,74 kn
HONDA CR-V HYBRID	1.420,87 kn	2.471,74 kn	1.420,87 kn	2.489,24 kn	1.420,87 kn	2.506,74 kn
SUZUKI SX4 1.4 4WD HYBRID 48V	993,11 kn	1.490,84 kn	993,11 kn	1.506,59 kn	993,11 kn	1.522,34 kn
HYUNDAI KONA HEV 1.6 GDI 6DCT hibrid	1.101,73 kn	1.783,84 kn	1.101,73 kn	1.796,09 kn	1.101,73 kn	1.808,34 kn

Slika 23. Baza podataka cijena registracije za pojedine modele

Iz Slike 23. vidi se da visina registracije ne ovisi toliko o vrsti pogonskog sustava koliko o veličini vozila. Mali gradski automobili i kompakti bez obzira na pogonski sustav imaju niže cijene registriranja, kako na početku, tako i svake sljedeće godine. Razlog tome jest što sustav i dalje prepoznaje snagu i volumen motora kao osnovne faktore za visinu cijene registracije.

Uz samu bazu podataka, potrošaču je dan izbor i proizvoljnog vozila za koji on sam unosi podatke u sustav. Time je nadomještena relativno skromna baza vozila koju se u budućnosti može proširiti i obuhvatiti većinu, ako ne i sve modele određenih marki vozila. U slučaju proizvoljnog vozila vrijednost registracije, kako prve, tako i za svaku sljedeću godinu odabrana je tako što je za određen pogonski sustav i veličinu vozila (koja se dijeli prema radnom volumenu motora) uzet karakteristični predstavnik svake skupine.

VOZILO/POGON	VOZILO	POGON	UKOLIKO STE IZABRALI POGONSKI SUSTAV, UNESITE PODATKE U SLJEDEĆIM REDOVIMA
FIAT 500 1.2 8v (69KS) Pop MTA			
CIJENA VOZILA/ BUDŽET	91.200,00 kn	0,00 kn	
RADNI VOLUMEN MOTORA [cm ³]	1242	0	
SNAGA MOTORA [kW]	51	0	
EMISIJA CO ₂ [g/km]	115	0	
POTROŠNJA GORIVA [l/100 km] ili [kWh/100 km]	5,1	0	
GODIŠNJI KILOMETRI [km]	14600	40	
MJESTO STANOVANJA	ZAGREB		
NAČIN FINANCIRANJA	GOTOVINA		
UKOLIKO STE IZABRALI KREDIT ILI LEASING, UNESITE I SLJEDEĆE PODATKE			
KAMATA	0,00%		
ROK OTPLATE	0		
UČEŠĆE	0,00 kn		
SUBVENCIJA	0,00 kn		
TRENUTNA CIJENA GORIVA			
BENZIN [kn/l]	8,925		
DIEZEL [kn/l]	8,64		
ELEKTRIČNA ENERGIJA [kn/kWh]	0,9821		

*U PLAVO OZNAČENIM POLJIMA SAMI UPISUJETE/ODABIRETE VRIJEDNOSTI

**U LJUBIČASTO OZNAČENIM POLJIMA NE MARIJATE VRIJEDNOSTI

Slika 24. Tabela Ulazni podaci

U ulaznim podacima korisnik unosi sve ili dio podataka vezanih za vozilo i svoje navike u vožnji (dnevno prijeđeni kilometri). Ukoliko je zainteresiran za neki od postojećih modela, cijena samog vozila, volumen i snaga motora, emisija CO₂ te potrošnja goriva biti će automatski ispisani samim odabirom. Odabirom proizvoljnog vozila kupac će iste podatke unijeti sam. U svrhu pojednostavljenja, potrebno je unijeti i pretpostavljene dnevno prijeđene kilometre pomoću kojih se kasnije računaju ukupna potrošnja goriva te cijena redovnog servisa.

Prilikom odabira načina financiranja, dane su tri opcije, gotovina, kredit i leasing. Ukoliko je odabrana jedna od zadnje dvije opcije, potrebno je upisati informacije o roku otplate, visini kamata i učešću. Time će se kasnije korisniku automatski izračunati kamate koje također imaju utjecaja na troškove posjedovanja osobnog vozila.

Na kraju su navedene trenutne cijene energenata, benzina, dizelskog goriva i električne energije. Kako je cijena energenata podložna promjenama i zavisi o ekonomskoj situaciji u državi i svijetu, ona se sukladno mijenja kroz godine pa je i na to obraćena pozornost prilikom izračuna troškova.

Zbog jednostavnosti i jasnoće, polja u koja korisnik unosi podatke obojana su drugačijom bojom od onih gdje se vrijednosti pojavljuju automatizmom.

3.2. Rezultati

Kada su odabrani ili uneseni svi potrebni podaci, u tabeli Rezultat jasno su prikazane pojedine stavke od kojih se sastoji ukupan trošak održavanja vozila. U vrhu su ponovljeni osnovni podaci s prethodne tabele, kao što su naziv modela vozila, snaga motora te emisija CO₂. Ispod se nalaze troškovi održavanja podijeljeni u 5 kategorija: registracija, osiguranje, servis, gorivo i godišnja kamata (u slučaju plaćanja kreditom ili leasingom). Prikazani su troškovi u periodu od 15 godina no korisnik se može koristiti modelom i za kraće periode posjedovanja vozila. Tu se također može vidjeti vrijednost vozila nakon svake godine te koliki je zaista ukupni trošak posjedovanja nakon prodaje vozila.

ODABRANO VOZILO/POGON		OPEL CORSA-E 50 kWh					
CIJENA VOZILA:		241.000,00 kn					
SNAGA MOTORA [kW]:		100					
EMISIJA CO ₂ [g/km]		0					

TROŠKOVI ODRŽAVANJA		1.GODINA	2.GODINA	3.GODINA	4.GODINA	5.GODINA	6.GODINA
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		785,61 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn
		0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
	OSIGURANJE	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn
	SERVIS	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn
	GORIVO	2.437,57 kn	2.482,42 kn	2.528,10 kn	2.574,62 kn	2.621,99 kn	2.670,23 kn
	KAMATE						
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		7.528 kn	7.955 kn	8.001 kn	8.047 kn	8.095 kn	8.143 kn

CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		136.800 kn	115.596 kn	95.367 kn	89.168 kn	83.372 kn	77.953 kn
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		41.728 kn	70.887 kn	99.117 kn	113.363 kn	119.726 kn	140.816 kn

Slika 25. Tabela Rezultat, razdoblje 1-6 godina

ODABRANO VOZILO/POGON		OPEL CORSA-E 50 kWh												
CIJENA VOZILA:		241.000,00 kn												
SNAGA MOTORA [kW]:		100												
EMISIJA CO ₂ [g/km]		0												

TROŠKOVI ODRŽAVANJA		7.GODINA	8.GODINA	9.GODINA	10.GODINA	11.GODINA	12.GODINA	13.GODINA	14.GODINA	15.GODINA	
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	*u slučaju manje kilometraže
		1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	*u slučaju prosječne kilometraže
		0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	*u slučaju veće kilometraže
	OSIGURANJE	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	1.663,00 kn	
	SERVIS	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	*prosječna vrijednost tijekom godina posjedovanja
	GORIVO	2.719,37 kn	2.769,40 kn	2.820,36 kn	2.872,26 kn	2.925,10 kn	2.978,93 kn	3.033,74 kn	3.089,56 kn	3.146,41 kn	
	KAMATE										*u slučaju financiranja kreditom/leasingom*
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		8.192 kn	8.242 kn	8.293 kn	8.345 kn	8.398 kn	8.452 kn	8.506 kn	8.562 kn	8.619 kn	

CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		76.004 kn	75.624 kn	75.246 kn	74.870 kn	74.495 kn	74.123 kn	73.752 kn	73.383 kn	73.016 kn	
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		143.429 kn	159.579 kn	168.250 kn	168.678 kn	185.743 kn	194.567 kn	203.444 kn	212.375 kn	221.361 kn	

Slika 26. Tabela Rezultat, razdoblje 7-15 godina

3.3. Usporedba pogonskih sustava

Pomoću ovog modela korisnik jednostavno može usporediti troškove nekog proizvoljnog ili modela vozila iz baze podataka na jednom mjestu. Također, ako pogonski sustav dopušta, mogu se usporediti isti tipovi vozila s različitim pogonskim sustavom. Na primjer, nemoguće je usporediti mali gradski auto u kategoriji „plug-in“ hibrida i električnog vozila jer tehnologija još uvijek ne omogućuje da se sve potrebne komponente pogonskog sustava „plug-in“ hibrida poslože u tako malom osobnom vozilu. Za usporedbu uzet je primjer malih gradskih automobila i malih SUV-a.

Za mali gradski automobil iz kategorije konvencionalnih vozila, u ovom slučaju s motorom s unutarnjim izgaranjem i pogonom na benzin, kao predstavnik uzet je osnovni model VW Up! 1.0 dok je u kategoriji električnog vozila tu Renault Zoe Zen R110. Ovdje se radi o praktičnim malim gradskim vozilima te bi korisnika mogla zanimati usporedba zbog moguće uštede pri kupnji ili prilikom posjedovanja vozila. Zbog jednostavnosti, odabrano je da se vozila financiraju gotovinom te da je u oba slučaja dnevna prijeđena kilometraža 40 km u periodu od 5 godina.



Slika 27. VW Up! (lijevo) i Renault Zoe (desno) [29] [30]

Ako bi se vozilo financiralo preko kredita ili leasinga, treba imati na umu da se troškovi povećavaju zbog kamata koje naravno ovise o visini učešća i kamatnoj stopi.

ODABRANO VOZILO/POGON		VW UP! 1.0				
CIJENA VOZILA:		93.865,50 kn				
SNAGA MOTORA [kW]:		44				
EMISIJA CO ₂ [g/km]		100				
TROŠKOVI ODRŽAVANJA		1.GODINA	2.GODINA	3.GODINA	4.GODINA	5.GODINA
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		677,00 kn	1.002,59 kn	1.002,59 kn	1.002,59 kn	1.002,59 kn
		0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
	OSIGURANJE	1.100,00 kn	1.100,00 kn	1.100,00 kn	1.100,00 kn	1.100,00 kn
	SERVIS	3.963,02 kn	3.963,02 kn	3.963,02 kn	3.963,02 kn	3.963,02 kn
	GORIVO	5.733,42 kn	5.660,61 kn	5.588,72 kn	5.517,74 kn	5.447,66 kn
KAMATE						
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		11.473 kn	11.726 kn	11.654 kn	11.583 kn	11.513 kn
CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		75.092 kn	63.453 kn	52.349 kn	48.946 kn	45.765 kn
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		30.247 kn	53.612 kn	76.371 kn	91.357 kn	94.578 kn

Slika 28. Troškovi posjedovanja VW Up!-a u periodu od 5 godina

ODABRANO VOZILO/POGON		RENAULT ZOE ZEN R110				
CIJENA VOZILA:		259.800,00 kn				
SNAGA MOTORA [kW]:		80				
EMISIJA CO ₂ [g/km]		0				

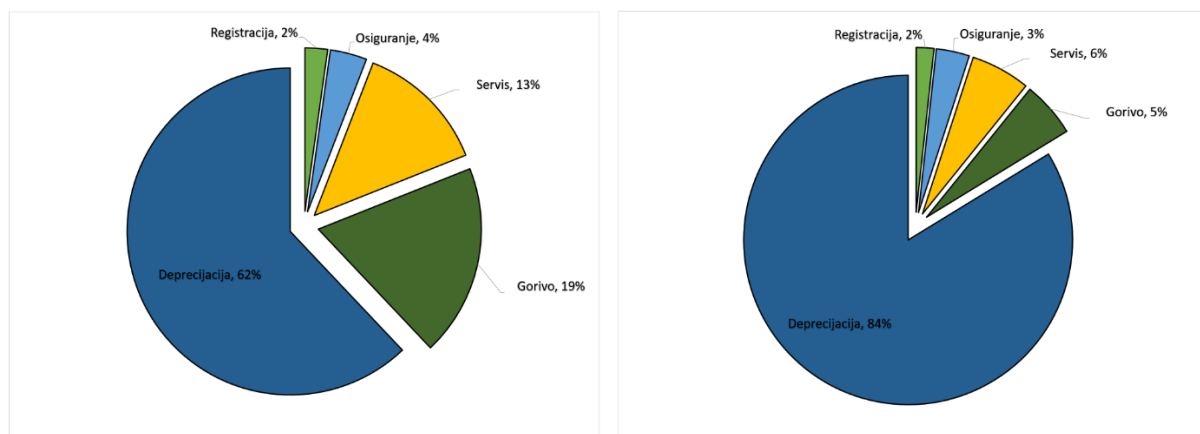
TROŠKOVI ODRŽAVANJA		1.GODINA	2.GODINA	3.GODINA	4.GODINA	5.GODINA
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		785,61 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn	1.167,64 kn
		0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
	OSIGURANJE	1.481,00 kn	1.481,00 kn	1.481,00 kn	1.481,00 kn	1.481,00 kn
	SERVIS	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn
	GORIVO	2.466,25 kn	2.511,63 kn	2.557,84 kn	2.604,91 kn	2.652,84 kn
KAMATE						
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		7.375 kn	7.802 kn	7.848 kn	7.896 kn	7.943 kn
CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		151.840 kn	128.305 kn	105.851 kn	98.971 kn	92.538 kn
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		45.335 kn	76.672 kn	106.974 kn	121.750 kn	128.752 kn

Slika 29. Troškovi posjedovanja Renaulta Zoe u periodu od 5 godina

Iz Slika 28. i 29. korisniku je jasno da je početna cijena električnog modela dvostruko veća. Međutim, uz prijavu korisnika za sufinanciranje nabave energetski učinkovitijih vozila koju provodi Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost moguće je ostvariti subvenciju do 70.000,00 kn.

Troškovi održavanja iz godine u godinu su za 35 % manji kod Renault Zoe nego kod VW Up!. Tome najviše pridonose upola manji troškovi goriva kod električnog vozila koji se mogu svesti na sami minimum ako bi korisnik uvijek ili u većini slučajeva punio svoje vozilo na javnim punionicama ili na poslu, ukoliko je poslodavac osigurao punionice električnih vozila. U tom slučaju troškovi održavanja električnog automobila padaju i do 50 % cijene održavanja konvencionalnog vozila na benzin ili dizelsko gorivo. U prilog električnom vozilu idu i gotovo dvostruko jeftinija prosječna cijena servisa. Nasuprot tome, cijene osiguranja i registracije ovise samo o snazi i radnom volumenu motora, ne prepoznajući razliku između različitih pogonskih sustava, i nešto su viši zbog veće snage elektromotora.

Jasno je da je električno vozilo u kategoriji malih gradskih automobila povoljnije u pogledu samog održavanja vozila no kupce i dalje koči visoka kupovna cijena u usporedbi s konvencionalnim vozilima. Može se pretpostaviti da će razvojem tehnologija i padom cijene proizvodnje baterija prodajna cijena električnih automobila vremenom padati i postati pristupačnija širim masama.



Slika 30. Podjela troškova održavanja vozila u prvoj godini posjedovanja za VW Up! (lijevo) i Renault Zoe (desno)

U usporedbi malih SUV vozila, za primjer ćemo uzeti Hyundai Kona, električno vozilo, i Hondu CR-V Hybrid, hibridno vozilo. Za potrebe usporedbe, pretpostavit će se financiranje gotovinom te da je dnevno prijeđena kilometraža 40 km. Promatrat će se vrijeme posjedovanja vozila od 5 godina.



Slika 31. Hyundai Kona (lijevo) i Honda CR-V Hybrid (desno) [31] [32]

I ovdje se mora obratiti pozornost da u slučaju financiranja kreditom ili leasingom cijena troškova rate ovisno o visini plaćenih kamata.

ODABRANO VOZILO/POGON		HYUNDAI KONA				
CIJENA VOZILA:		306.990,00 kn				
SNAGA MOTORA [kW]:		150				
EMISIJA CO ₂ [g/km]		0				
TROŠKOVI ODRŽAVANJA		1.GODINA	2.GODINA	3.GODINA	4.GODINA	5.GODINA
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		1.132,47 kn	2.067,64 kn	2.067,64 kn	2.067,64 kn	2.067,64 kn
	OSIGURANJE	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		2.063,00 kn	2.063,00 kn	2.063,00 kn	2.063,00 kn	2.063,00 kn
		2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn	2.642,02 kn
		2.208,15 kn	2.248,78 kn	2.290,16 kn	2.332,30 kn	2.375,21 kn
	KAMATE					
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		8.046 kn	9.021 kn	9.063 kn	9.105 kn	9.148 kn
CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		189.592 kn	160.205 kn	132.169 kn	123.578 kn	115.546 kn
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		55.444 kn	93.852 kn	130.951 kn	148.647 kn	157.781 kn

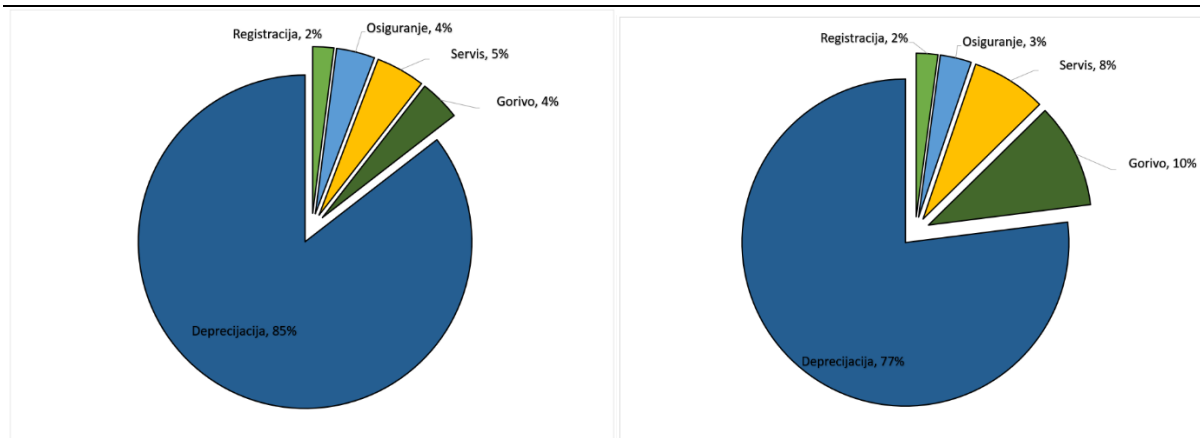
Slika 32. Troškovi posjedovanja Hyundai Kone u periodu od 5 godina

ODABRANO VOZILO/POGON		HONDA CR-V HYBRID				
CIJENA VOZILA:		256.841,12 kn				
SNAGA MOTORA [kW]:		135				
EMISIJA CO ₂ [g/km]		120				
TROŠKOVI ODRŽAVANJA		1.GODINA	2.GODINA	3.GODINA	4.GODINA	5.GODINA
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		1.420,87 kn	2.489,24 kn	2.489,24 kn	2.489,24 kn	2.489,24 kn
		0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
	OSIGURANJE	2.063,00 kn	2.063,00 kn	2.063,00 kn	2.063,00 kn	2.063,00 kn
	SERVIS	4.953,78 kn	4.953,78 kn	4.953,78 kn	4.953,78 kn	4.953,78 kn
	GORIVO	6.906,17 kn	6.818,46 kn	6.731,86 kn	6.646,37 kn	6.561,96 kn
	KAMATE					
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		15.344 kn	16.324 kn	16.238 kn	16.152 kn	16.068 kn
CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		205.473 kn	173.625 kn	143.240 kn	133.930 kn	125.224 kn
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		66.712 kn	114.885 kn	161.507 kn	186.970 kn	196.400 kn

Slika 33. Troškovi posjedovanja Honde CR-V Hybrid u periodu od 5 godina

Ako bi se ostvario maksimalni iznos sufinanciranja električnog vozila (70.000,00 kn), početna cijena hibrida i električnog vozila bila bi gotovo ista. Uz približno iste cijene osiguranja i registracije, električno vozilo ima dvostruko nižu prosječnu cijenu servisa zahvaljujući jednostavnosti pogonskog sustava, a cijena potrošnje goriva je samo trećina one kod hibridnog vozila i to u slučaju kada bi se punjenje vršilo samo kod kuće. Kada bi se nastojalo električno vozilo što više puniti pomoću korisniku besplatnih izvora energije (posao i javne punionice) cijena bi se mogla svesti na simboličnih 600-tinjak kuna godišnje, u usporedbi s gotovo 7.000,00 kn koju vlasnik hibridnog vozila izdvaja na godišnjoj razini.

U periodu posjedovanja vozila na 5 godina, korisnik bi, kada bi se odlučio za električno vozilo, mogao uštedjeti najmanje 40.000,00 kn, odnosno do 50.000,00 kn u slučaju maksimalne uštede.



Slika 34. Podjela troškova održavanja vozila u prvoj godini posjedovanja za Hyundai Kona (lijevo) i Honda CR-V Hybrid (desno)

Zanimljivo je vidjeti usporedbu između tri modela istog vozila, ali s različitim pogonskim sustavima. Za ovaj primjer idealna je Hyundai Kona, koja postoji u izvedbi s motorom s unutarnjim izgaranjem, kao električno vozilo te kao hibrid.

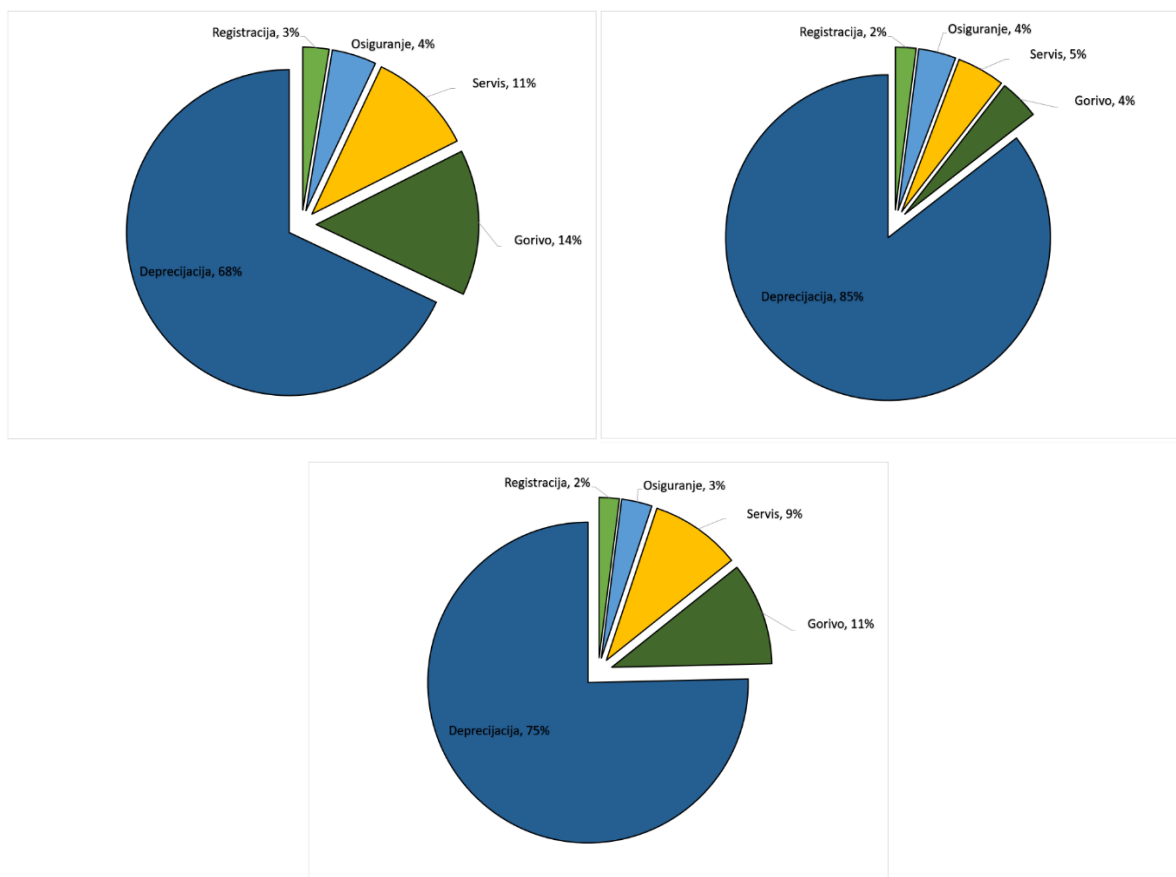


Slika 35. Hyundai Kona: konvencionalni model (gore lijevo), električni model (gore desno) i hibridni model (dolje) [31]

VOZILO/POGON	VOZILO HYUNDAI KONA 1.6	VOZILO HYUNDAI KONA	VOZILO HYUNDAI KONA HEV 1.6 GDI 6DCT hibrid
CIJENA VOZILA/ BUDŽET	127.580,00 kn	306.990,00 kn	203.685,00 kn
RADNI VOLUMEN MOTORA [cm ³]	1598	0	1580
SNAGA MOTORA [kW]	85	150	104
EMISIJA CO ₂ [g/km]	113	0	95
POTROŠNJA GORIVA [l/100 km] ili [kWh/100 km]	4,3	15,4	4,3
GODIŠNJI KILOMETRI [km]	14600	14600	14600

Slika 36. Podaci o modelu Hyundai Kona s različitim pogonskim sustavima (s lijeva na desno: konvencionalni, električni i hibridni model)

Na Slici 36. prikazane su glavne specifikacije pojedinih modela s kojima je rađena usporedba. Valja naglasiti da je model s električnim pogonom uzet uz maksimalan iznos subvencije od 70.000,00 kn i time umanjena prodajna cijena vozila.



Slika 37. Udio pojedine stavke troškova u prvoj godini posjedovanja za: konvencionalni model (gore lijevo), električni model (gore desno) i hibridni model (dolje) Hyundai Kona

Iz odnosa na Slici 37. i cijena na Slici 38. očite su glavne razlike između pogonskih sustava. Cijena registracije najniža je za konvencionalni model, dok su za električni i hibridni model cijene nešto više zbog veće snage, odnosno radnog volumena, samog motora, ali i zbog

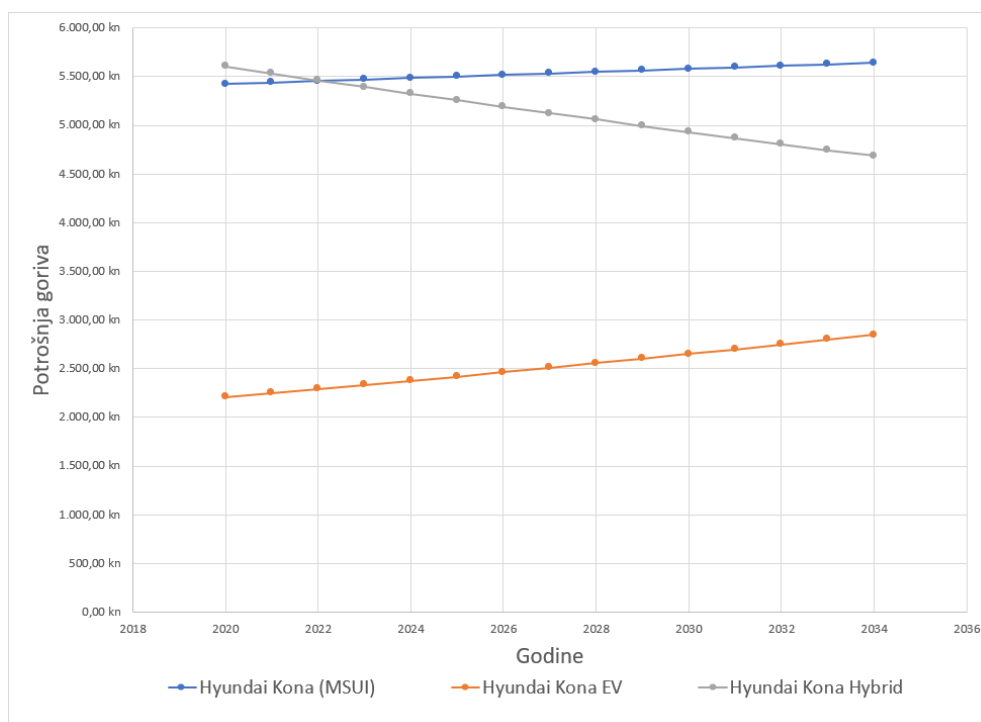
pogona na benzin kod posljednjeg. Kako cijene osiguranja ovise samo o snazi motora, tu predvodi električni model s elektromotorom od 150 kW.

Troškovi redovnog održavanja, kako je ranije napomenuto, ovise o vrsti pogonskog sustava. Ovdje se konkretno može zamijetiti nedostatke i prednosti jednostavnijeg/složenijeg pogonskog sustava. Hibridni model, kao vozilo s najsloženijim pogonskim sustavom ima više nego dvostruku cijenu servisa na godišnjoj razini od električnog modela, koji zbog nedostatka klasične transmisije, ispušnog sustava, itd. iziskuje puno manje cijene održavanja.

TROŠKOVI ODRŽAVANJA		1.GODINA	1.GODINA	1.GODINA
	REGISTRACIJA	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		975,46 kn	1.132,47 kn	1.101,73 kn
	OSIGURANJE	0,00 kn	0,00 kn	0,00 kn
		1.663,00 kn	2.063,00 kn	1.663,00 kn
		3.963,02 kn	2.642,02 kn	4.953,78 kn
		5.424,19 kn	2.208,15 kn	5.603,12 kn
	KAMATE			
UKUPNI TROŠAK ODRŽAVANJA VOZILA		12.026 kn	8.046 kn	13.322 kn
CIJENA VOZILA NAKON DEPRECIJACIJE		102.064 kn	189.592 kn	162.948 kn
UKUPNI TROŠAK POSJEDOVANJA VOZILA (NAKON PRODAJE)		37.542 kn	55.444 kn	54.059 kn

Slika 38. Usporedba troškova održavanja različitih pogonskih sustava modela Hyundai Kona (u prvom stupcu su podaci za konvencionalni model, u drugom za električni, a u trećem za hibridni model)

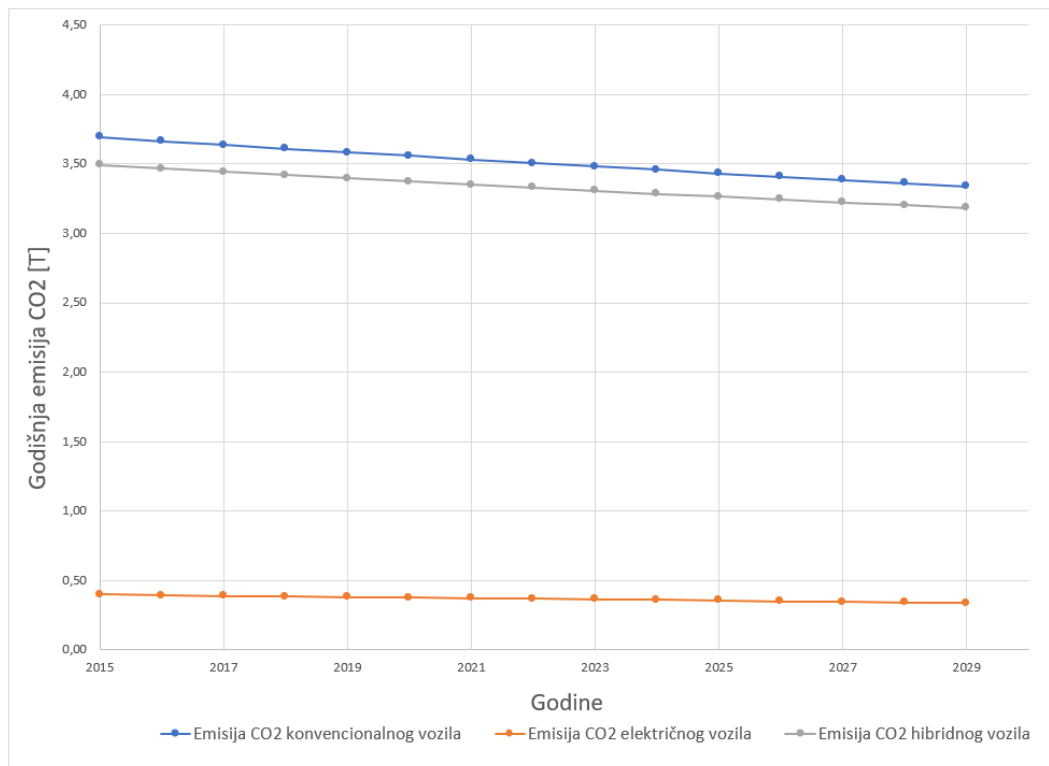
Potrošnja goriva razlikuje se kod sva tri modela. Konvencionalni model s motorom s unutarnjim izgaranjem pogonjen je dizelskim gorivom, električni električnom energijom, a hibridni model benzinom. Prosječna cijena dizelskog goriva u prosjeku raste iz godine u godinu [21], benzina pada, a prosječna cijena električne energije raste gotovo 2% [22]. Predviđanja su da će se ovi trendovi cijene električne energije nastaviti i u budućnosti [25]. Usprkos povećanju cijene električne energije, električni model Hyundai Kona daleko je isplativiji od sestrinskih modela s konvencionalnim i hibridnim pogonom u pogledu goriva jer će i uz povećanje cijene u budućnosti ona biti daleko ispod cijene tekućih goriva. Prema sadašnjim podacima o kretanju cijena, cijena goriva (benzina i dizelskog goriva) trebala bi se izjednačiti do 2022., a do 2035. godine razlika u godišnjoj potrošnji goriva mogla bi iznositi i do 1.000,00 kn [21].



Slika 39. Kretanje cijena goriva u budućnosti za različite pogonske sustave modela Hyundai Kona

Kada bi se uspoređivalo različite pogonske sustave modela Hyundai Kona prema ukupnim troškovima održavanja i nakon prodaje vozila, teško bi se našla zajednička karakteristika, a razloga za to ima više. Prvenstveno je tu, zasad, puno viša prodajna cijena električnog modela pa ni unatoč subvencijama te značajno nižim cijenama održavanja i goriva, ne uspijeva uz sve ostale troškove biti najpovoljniji, upravo zbog niže cijene proizvodnje konvencionalnih modela s unutarnjim izgaranjem. Konvencionalni model, gledano u periodu od 15 godina, jest najpovoljniji, međutim, ubrzan razvoj tehnologije i sve masovnija proizvodnja električnih vozila mogla bi im omogućiti smanjenje cijena i puno ranije pa bi im se konkurentnost na tržištu značajno povećala. Najskuplji model, kako za održavanje, tako i u konačnici (gledano uz kupovinu te prodaju vozila nakon 15 godina) jest hibridni. Kako mu prodajna cijena nije najpovoljnija, a troškovi održavanja su najveći, neisplativ je u svakom segmentu.

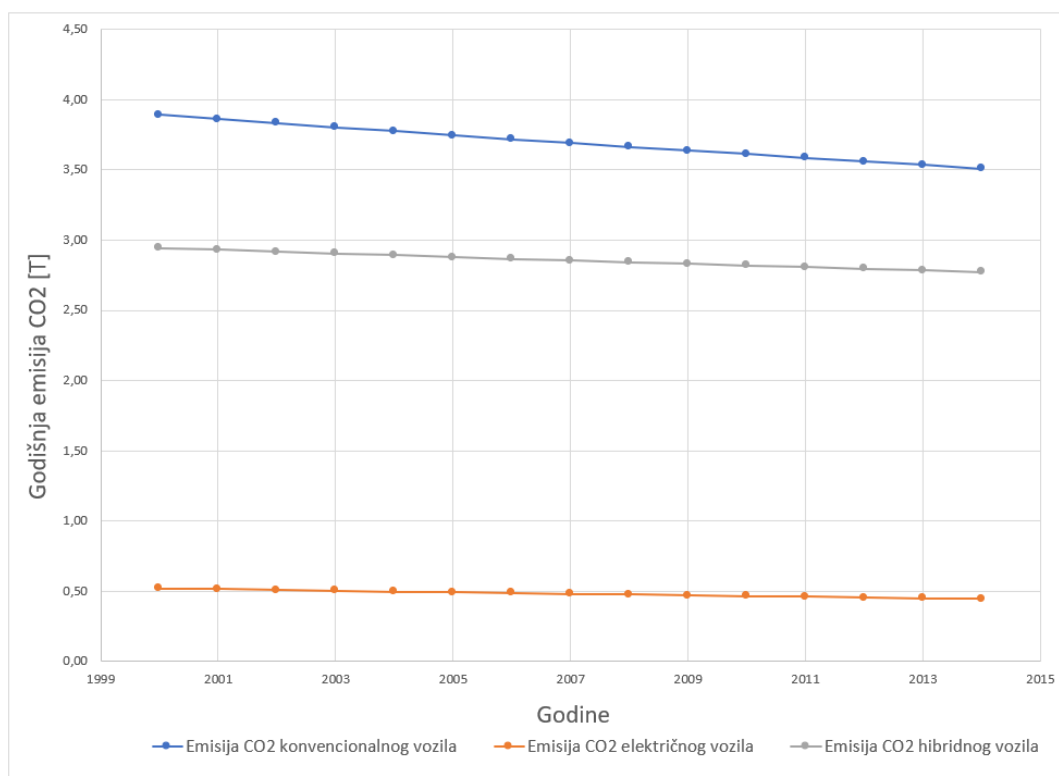
Emisije CO₂ različitih pogonskih sustava modela Hyundai Kona neznatno se razlikuju kada je riječ o konvencionalnom i hibridnom modelu, dok je električni model daleko ekološki prihvatljiviji.



Slika 40. Emisija CO₂ pojedinih pogonskih sustava modela Hyundai Kona

4. EMISIJA CO₂

Kada je riječ o električnim vozilima, gotovo uvijek se spominje prednosti nulte emisije CO₂ no često se zaboravlja da se prilikom proizvodnje vozila, ali i energenta, električne energije, proizvodi emisija CO₂. Naime, prilikom proizvodnje električne energije, u Hrvatskoj se proizvodi 210 g/kWh CO₂ što je nešto manje od europskog prosjeka proizvodnje CO₂ u proizvodnji električne energije od 296 g/kWh [33]. Emisija CO₂ nastala u proizvodnji električne energije u konstantnom je padu od gotovo 1 % godišnje [33] no i dalje nije zanemariva. Kolika je ona u usporedbi s razinom štetne emisije koja se proizvede kod konvencionalnih i hibridnih vozila, vidljivo je na Slici 41. Dok se kod električnih vozila sva emisija CO₂ bazira na onoj koju se proizvede u proizvodnji električne energije, kod konvencionalnih vozila proizvodnja je dvostruka. S jedne strane, u proizvodnji tekućih goriva se po glavi stanovnika Hrvatske godišnje proizvede 2,44 tone CO₂ [34], a s druge postoji emisija CO₂ konkretnog vozila, u prosjeku 115 g/km [35]. Iako su ove brojke u konstantnom padu [34] [35], električna vozila su u ovom trenutku i dalje puno ekološki prihvatljivija opcija, a vjerojatno će tako i ostati.

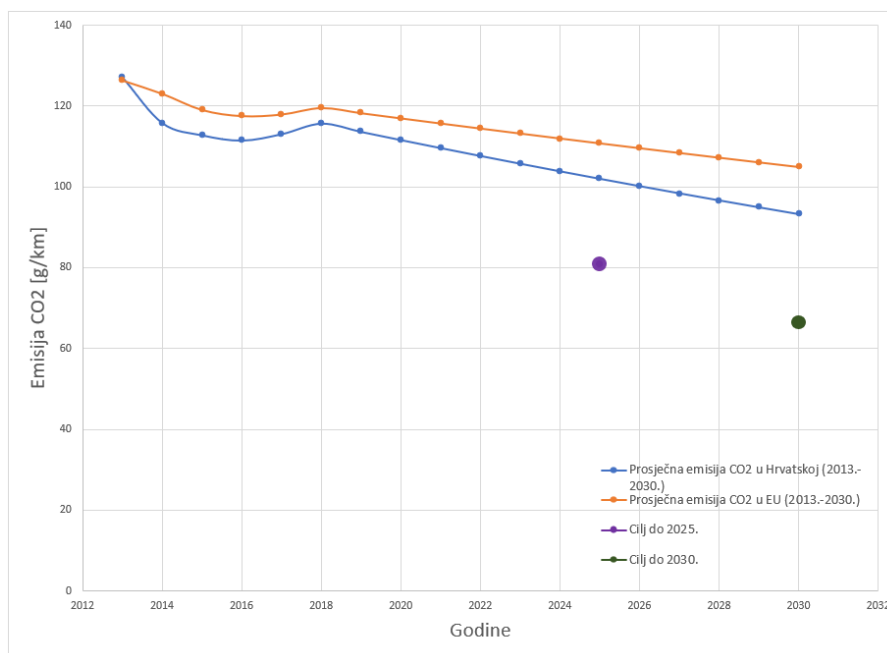


Slika 41. Podaci o proizvodnji CO₂ pri proizvodnji tekućih goriva i u proizvodnji električne energije

Pozitivna strana proizvodnje CO₂ prilikom proizvodnje električne energije jest ta što je emisija štetnih plinova lokalizirana na određenom području, često daleko od naseljenih područja. U slučaju konvencionalnih vozila, štetni plinovi i čestice ispuštaju se najviše u naseljenim područjima. Time se negativno utječe na zdravlje čovjeka i vidi se da iako i električna vozila potiču određenu emisiju štetnih tvari, ona se obavlja daleko od naseljenih područja i ne izlaže čovjeka izravnom štetnom utjecaju na zdravlje.

Dakako, i u razvoju konvencionalnih vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem nastoji se maksimalno smanjiti proizvodnja štetnih tvari, čemu svjedoče i statistički podaci iz kojih je vidljivo da prosječna emisija CO₂ kod ovih vozila iz godine u godinu u prosjeku pada za 1,7 % [35].

Kao što je spomenuto ranije, planovi Europske Unije su drastično smanjenje dopuštenih emisija CO₂ novih osobnih vozila te su postavljeni ciljevi za 2025. i 2030. godinu [20]. Naravno, tako velika smanjenja (15 % do 2025. i 30 % do 2030.) iziskuju vrlo oštre mjere i trebale bi biti strogo provođene ukoliko se ciljevi namjeravaju ostvariti. To je vidljivo iz podataka prosječnih emisija CO₂ vozila u Hrvatskoj i Europskoj Uniji koje sadašnjim vrijednostima [20] i sudeći po godišnjim kretanjima tih vrijednosti ovakvim trendom ne mogu postići toliko smanjenje štetnih emisija. Sadašnjim trendom, Hrvatska bi ciljeve za 2030. godinu postigla 2049. godine, a cjelokupna Europska Unija 2072. godine.



Slika 42. Projekcije emisije CO₂ do 2030.

5. ZAKLJUČAK

U radu je razvijen jednostavan model koji olakšava pristup informacijama vezanima za kupnju i troškove održavanja osobnog vozila. U modelu su sadržani najzastupljeniji modeli vozila na tržištu RH. Među modelima nalaze se vozila s konvencionalnim pogonom (motor s unutarnjim izgaranjem), električna vozila, hibridna i „plug-in“ hibridna vozila. Upravo zbog nedostatka dostupnih informacija o određenim pogonskim sustavima i cijenama njihovog održavanja na jednom mjestu, nastojalo se krajnjem korisniku omogućiti da u svega nekoliko koraka ima pristup za njega specifičnim (obzirom na učestalost vožnje, dostupnost subvencija,..) informacijama vezanim uz održavanje osobnog vozila.

Model je izrađen u programu *Microsoft Excel* kako bi bio široko dostupan, ali i zato što dopušta izračun svih potrebnih komponenti. U njemu korisnik može dobiti uvid u troškove postojećih modela vozila, ali i proizvoljnog vozila kojeg trenutno nema u bazi podataka. Također, mogu se usporediti vozila različitih pogonskih sustava u svrhu odabira povoljnijeg. Kako se u ovom dobu velika pažnja posvećuje zaštiti prirode i smanjenju štetnog ljudskog utjecaja na nju, istražene su i emisije CO₂ vezane za osobna vozila i kreću li se trendovi ka smanjenju emisija štetnih plinova razvojem ekološki prihvatljivijih pogonskih sustava vozila.

Jasno je da se bez popularizacije i povećanja konkurentnosti električnih vozila ne mogu postići ambiciozni ciljevi smanjenja emisija CO₂ Europske unije. Usporedbom tri različita pogonska sustava istog modela vozila, zamijećeno je da je glavni nedostatak električnih automobila upravo njihova visoka cijena koja ni uz subvencije države nije konkurentna s konvencionalnim ili hibridnim modelom. Visokim ulaganjem u razvoj tehnologija i proizvodnih procesa, omogućit će se niža prodajna cijena električnih vozila i time snažno utjecati na emisiju CO₂ u svijetu.

Glavni cilj rada bio je objasniti krajnjem korisniku pojedine stavke i njihov utjecaj na visinu troškova održavanja vozila i kako vrsta pogonskog sustava utječe na nju. Također, bilo je bitno objediniti sve relevantne informacije u pristupačan model kojim bi se koristio sadašnji ili budući kupac osobnog vozila.

LITERATURA

- [1] *ADAC Autokosten-Rechner*,
<https://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokosten/default.aspx>, kolovoz 2020.
- [2] *Cost of Car Ownership*, <https://www.edmunds.com/tco.html>, kolovoz 2020.
- [3] A.M. van Velzen: *Electric Vehicles: a cost competitive game changer or technology's false hope?*, Delft University of Technology, 2016.
- [4] *Competitive Cost Analysis of Alternative Powertrain Technologies*,
https://www.researchgate.net/publication/225025651_Competitive_Cost_Analysis_of_Alternative_Powertrain_Technologies, kolovoz 2020.
- [5] D. Kim: *Personal vehicle ownership and operating cost calculator*, Georgia Institute of Technology, 2018.
- [6] *Carinska uprava*, <https://carina.gov.hr/pristup-informacijama/propisi-i-sporazumi/trosarinsko-postupanje/dodatne-informacije-o-trosarinama-i-posebnim-porezima/posebni-porez-na-motorna-vozila-3650/informativni-kalkulator-za-izracun-ppmv-a/4838>, rujan 2020.
- [7] *Zakon o posebnom porezu na motorna vozila*, <https://carina.gov.hr/propisi-i-sporazumi/trosarinsko-postupanje/propisi-o-trosarinama-i-posebnim-porezima/posebni-porez-na-motorna-vozila/zakon-o-posebnom-porezu-na-motorna-vozila/2488>, rujan 2020.
- [8] *Pravilnik o posebnom porezu na motorna vozila*, <https://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-posebnom-porezu-na-motorna-vozila/pravilnik-o-posebnom-porezu-na-motorna-vozila/>, rujan 2020.
- [9] *Uredba o načinu izračuna i visinama sastavnica za izračun posebnog poreza na motorna vozila*, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_109_2092.htm, rujan 2020.
- [10] *Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost*,
https://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/poticanje_energetske_ucinkovitosti_u_prometu/sufinanciranje_nabave_energetski_ucinkovitijih_vozila/, kolovoz 2020.
- [11] *Hrvatski Sabor*, <https://www.cvh.hr/media/2686/zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama-2020-1.pdf>, rujan 2020.

-
- [12] CVH, <https://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-cestama/pravilnik-o-visini-godisnje-naknade-za-uporabu-javnih-cesta-sto-se-placa-pri-registraciji-motornih-i-prikljucnih-vozila/>, rujan 2020.
- [13] *Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost*, https://www.fzoeu.hr/hr/naknade/naknade_temeljem_zakona_o_fondu_za_zastitu_okolisa_i_energetsku_ucinkovitost/posebna_naknada_za_okolis_na_vozila_na_motorni_pogon/, kolovoz 2020.
- [14] *Ministarstvo financija, Porezna uprava*, <https://www.porezna-uprava.hr/Gradani/Stranice/Motorna%20vozila/Vlasnik.aspx>, rujan 2020.
- [15] HAK, <https://www.hak.hr/vozila/tehnicki-pregledi/kalkulator/>, rujan 2020.
- [16] KOMPARE, <https://kompare.hr/osiguranje/auto-osiguranje/usporedba-cijena/>, kolovoz 2020.
- [17] B.Propfe, M.Redelbach, D.J. Santini, H.Friedrich: *Cost analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles including*, 2012.
- [18] J. Richter, D. Lindenberger: *Potenziale der elektromobilität bis 2050*. Köln: Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, 2010.
- [19] S. Bubeck, J. Tomaschek, U. Fahl: *Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany*, Transport Policy, 2016.
- [20] *Reducing car emissions: new CO2 targets for cars explained*, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180920STO14027/reducing-car-emissions-new-co2-targets-for-cars-explained>, rujan 2020.
- [21] *Weekly Oil Bulletin*, https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/weekly-oil-bulletin_en, rujan 2020.
- [22] *Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)*, https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_pc_204, kolovoz 2020.
- [23] *Gasoline*, <https://tradingeconomics.com/commodity/gasoline>, rujan 2020.
- [24] *Gasoline and diesel price forecast - outlook for Europe and the world*, <https://www.globalpetrolprices.com/articles/51/>, rujan 2020.
- [25] *Energy BrainBlog*, <https://blog.energybrainpool.com/en/eu-energy-outlook-2050-how-will-europe-evolve-over-the-next-30-years/>, rujan 2020.

-
- [26] *Mapa punionica*, <http://www.puni.hr/chargingSpotsMapMgr.php?returnP=1>, rujan 2020.
- [27] J. Hagman, S. Ritzén, J. Janhager Stier, Y. Susilo: *Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion*, KTH The Royal Institute of Technology, Švedska, 2016.
- [28] *How car depreciation affects your car's value*, <https://www.finder.com/what-is-car-depreciation>, kolovoz 2020.
- [29] <https://www.volkswagen.hr/up>, rujan 2020.
- [30] <https://www.renault.hr/>, rujan 2020.
- [31] <https://hyundai.hr/>, rujan 2020.
- [32] <http://www.honda.hr/automobili/>, rujan 2020.
- [33] *European Environment Information and Observation Network*, https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-5#tab-googlechartid_chart_11, rujan 2020.
- [34] H. Ritchie, M. Roser: *CO2 emissions by fuel*, <https://ourworldindata.org/emissions-by-fuel>, kolovoz 2020.
- [35] *Eurostat*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_12_30/default/table?lang=en, kolovoz 2020.

PRILOZI

I. CD-R disc