

Vedran Bobanac¹
UNIZG-FER
vedran.bobanac@fer.hr

Hrvoje Pandžić
UNIZG-FER
hrvoje.pandzic@fer.hr

Tomislav Capuder
UNIZG-FER
tomislav.capuder@fer.hr

ANKETA O ELEKTRIČNIM VOZILIMA I STANICAMA ZA IZMJENU BATERIJA: OČEKIVANJA SADAŠNJIH I BUDUĆIH VLASNIKA EL. VOZILA

SAŽETAK

Električna vozila sve su popularnija, a razlog tomu treba tražiti u sazrijevanje tehnologije (ponajprije baterija), te u različitim poticajima za kupnju ekološki prihvatljivih vozila. Međutim, i dalje postoje objektivne i subjektivne zapreke za masovnije prihvatanje el. vozila. Objektivne zapreke su primjerice: ograničen domet vožnje, visoka nabavna cijena vozila, mali broj punionica, te duga vremena punjenja. S druge strane, neke od subjektivnih zapreka su strah zbog ograničenog dometa, skepticizam prema novim tehnologijama, te nedovoljan izbor različitih modela el. vozila. Kako bi se dobio uvid u tehnološku i sociološku percepciju el. vozila, te u želje i očekivanja potencijalnih vlasnika provedeno je istraživanje preko Interneta, u formi ankete. Ovaj referat prezentira i analizira rezultate navedenog istraživanja.

Jedan dio ankete posvećen je stanicama za izmjenu baterija koje predstavljaju potencijalnu alternativu punionicama. U ovim se stanicama ispraznjene baterije mijenjaju punima, što omogućava brži nastavak putovanja. Rezultati istraživanja pokazuju da bi stanice za izmjenu baterija mogle ubrzati integraciju el. vozila budući da vozačima pružaju dodatnu fleksibilnost, čime se uklanjaju neke tehnološke i psihološke zapreke.

Ključne riječi: Električna vozila, stanice za izmjenu baterija, anketa

POLL ABOUT ELECTRIC VEHICLES AND BATTERY SWAPPING STATIONS: THOUGHTS OF CURRENT AND POTENTIAL EV OWNERS

SUMMARY

Electric vehicles (EVs) are becoming increasingly popular and reasons for that lie in: maturing of the battery technology and different incentives for buying ecologically acceptable vehicles. However, there are still objective and subjective barriers to the more widespread acceptance of EVs. Objective barriers are, for instance: limited driving range, high purchase price, small number of charging stations and long charging times. On the other hand, some of the subjective barriers are fear from the limited range (also known as range anxiety), skepticism towards new technology and limited choice of different EV models. In order to gain insight into technological and sociological perception of EVs, and into wishes and expectations of the potential EV owners, an on-line poll has been conducted. This paper presents the poll results.

A part of the poll is dedicated to battery swapping stations (BSSs) which present potential alternative to the charging stations. In BSSs, depleted batteries are swapped for a fully charged ones, thus significantly reducing waiting times. Poll results indicate that BSSs could expedite integration of the EVs since they offer additional flexibility to the drivers, thus removing some technological and psychological barriers.

Key words: Electric vehicles (EV), battery swapping stations (BSS), poll

¹ Stavovi izneseni u referatu su osobna mišljenja autora, nisu obvezujući za poduzeće/instituciju u kojoj je autor zaposlen te se ne moraju nužno podudarati sa službenim stavovima poduzeća/institucije.

1. UVOD

Od pojave modernog motora s unutarnjim sagorijevanjem 1885. godine, vozila su gotovo isključivo pokretana naftnim derivatima. Rezultat toga jest da je trenutni transportni sustav odgovoran za oko 23% emisija stakleničkih plinova na svjetskoj razini, pri čemu na cestovni transport otpada oko 72% tog udjela [1]. Emisijama vezanim za transport najviše pridonose: osobna vozila s udjelom od 40%, te kamioni (od kojih neki prevoze fosilna goriva za osobna vozila) s udjelom od 25% [2]. Ove brojke ukazuju da su osobna vozila odgovorna za najmanje 10% emisije stakleničkih plinova na svjetskoj razini.

Kao posljedica negativnih utjecaja na okoliš, promjenjivosti cijene sirove nafte, te napredka novih tehnologija, javljaju se nove ideje za proizvodnju ekološki prihvatljivijih, jeftinijih i efikasnijih osobnih vozila. Jedna mogućnost za smanjenje negativnog utjecaja osobnih vozila je proizvodnja efikasnijih motora. Međutim, ovo može smanjiti problem samo do određene mјere. U drugoj polovici 20. stoljeća počela su se pojavljivati alternativna goriva, kao što su na primjer: biodizel, etanol, ukapljeni prirodni plin, ukapljeni naftni plin, te vodik. Međutim, sva ova goriva i dalje koriste motor s unutarnjim sagorijevanjem. Jedina iznimka je vodik koji se može iskoristiti za proizvodnju struje u gorivnim čelijama. Ovako dobivena struja se koristi za pokretanje električnog motora.

Veliki korak prema smanjenju potrošnje goriva bila je komercijalizacija hibridnih električnih vozila (HEV) koja kombiniraju konvencionalni motor s unutarnjim sagorijevanjem, te električni motor. Najuspješniji model je Toyota Prius, koji je do travnja 2016. prodan u 5.7 milijuna primjeraka [3]. Sljedeći korak u ovome smjeru bio je komercijalizacija plug-in hibridnih električnih vozila (PHEV) čija se baterija može puniti spajanjem na običnu kućnu utičnicu ili pomoću posebnog punjača.

Konačni korak prema odmaku od motora s unutarnjim sagorijevanjem je komercijalizacija baterijskih električnih vozila (BEV) koja koriste isključivo kemijsku energiju pohranjenu u punjivim baterijama. Najprodavaniji model na svjetu jest Nissan Leaf koji je do travnja 2016. prodan u 220 tisuća primjeraka [4], dok drugo mjesto drži Tesla Model S [5]. Ovo je posebno zanimljiva alternativa budući da se energija sve više proizvodi iz čistih, obnovljivih izvora, tako da bi negativan ekološki utjecaj el. vozila² trebao biti znatno manji u usporedbi s konvencionalnim vozilima koja koriste motor s unutarnjim sagorijevanjem.

El. vozila su skuplja od konvencionalnih vozila, ali su zato kasniji troškovi vožnje mnogo niži budući da el. vozila za pokretanje koriste struju, a ne skuplja fosilna goriva. Neki izvori (npr. [6]) navode da, uz nedvojbene povoljne učinke na okoliš, el. vozila mogu biti i financijski isplativa. Međutim, čak i uz zanemaren financijski aspekt, potencijalni vlasnici još ne kupuju el. vozila zbog tehnoloških problema (npr. ograničen domet vožnje, duga vremena punjenja) i nedovoljno razvijene infrastrukture (npr. nemogućnost instaliranja punjača kod kuće, nedovoljan broj javnih punionica). Nadalje, korisnici koji bi mogli instalirati kućne punjače, lako mogu biti ograničeni na punjače manjih snaga zbog ograničenja distribucijske mreže na koju su spojeni.

Koncept koji zahtijeva najmanje promjena u usporedbi s trenutnim voznim navikama većine vozača jesu stanice za izmjenu baterija (engl. Battery Swapping Stations, BSS). U ovim se stanicama ispravljene baterije el. vozila mijenjaju punima, pri čemu vozač plaća određenu naknadu. Najčešći koncept izmjene baterija je onaj u kojem stanice posjeduju same baterije, te ih iznajmljuju vozačima. To znači da se vozači ne moraju zamarati zdravljem baterija, budući da stanice brinu za sve troškove održavanja baterija. Također, vozači koji koriste samo stanice za izmjenu ne moraju investirati u kućne punjače. Promatrano sa strane mušterije (vozača), ideja iznajmljivanja baterije (umjesto kupnje zajedno s el. vozilom) može biti privlačna, budući da cijena baterije predstavlja veliki udio u ukupnoj cijeni el. vozila. Ovaj udio dosezao je čak 40%, ali zadnjih godina pada zajedno s cijenom baterija, tako da danas može iznositi 20-30%. Točan postotak može se lako izračunati iz cijene vozila, deklariranog kapaciteta baterije u kilovat-satima (kWh), te procijenjene nabavne cijene baterija u \$/kWh (vidjeti npr. [7]). Zbog prisutnog trenda pada cijena baterija, ideja iznajmljivanja baterija može se činit manje privlačnom, međutim ovaj trend također potencijalno smanjuje cijene najma baterija.

Nadalje, postoje vozači koji bi pretežno koristili kućne i/ili javne punionice, a usluge izmjene baterija samo povremeno, npr. tijekom dužih putovanja. Ovi korisnici uglavnom žele sami voditi brigu o svojoj bateriji i ne žele je trajno zamijeniti za neku drugu bateriju nepoznatog stanja zdravlja. Ovakav tip vozača koristio bi stanice za izmjenu baterija samo na putu prema svojoj udaljenoj destinaciji, pri čemu bi na povratku pokupio svoju originalnu bateriju koja je u međuvremenu napunjena.

Referat je organiziran kako slijedi. Poglavlje 2 opisuje anketu i uzorak ispitanika. Rezultati ankete dani su u poglavljju 3, a zaključak u poglavljju 4.

² U ostatku referata izraz „el. vozila“ odnosi se na „baterijska električna vozila (BEV)“.

2. ANKETA

U ovom istraživanju korištena je Internet anketa, kako bi se prikupili podaci od postojećih i potencijalnih vlasnika el. vozila. Anketa ima dva glavna cilja: (i) identificiranje problema i razlozi zbog kojih ljudi odgađaju kupnju el. vozila, (ii) sticanje uvida u to kako ljudi percipiraju koncept stanica za izmjenu baterija. Pitanja su formulirana tako da na njih mogu odgovoriti i trenutni i potencijalni vlasnici el. vozila.

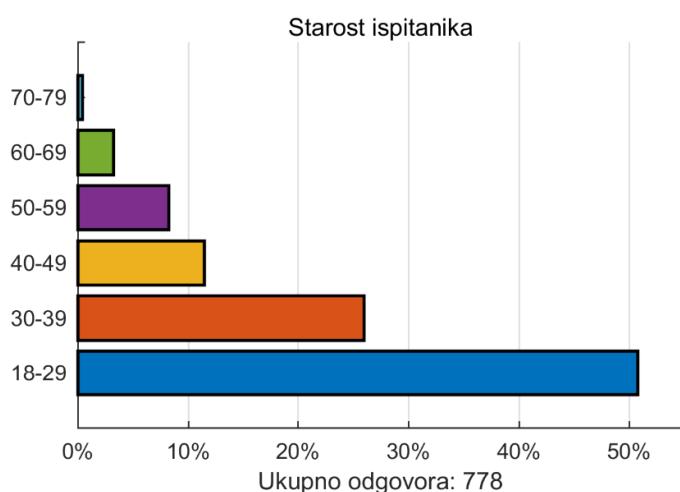
Slična istraživanja mogu se pronaći u [8-10]. U usporedbi s [8], naše istraživanje rađeno je na većem broju ispitanika, te su rezultati prezentirani na pregledniji način (grafički umjesto tabično). Istraživanje u [9] je po našem mišljenju nedovoljno opširno, tj. pruža premalo informacija. S druge strane, istraživanje u [10] je preopširno i natprano rezultatima, zbog čega je teško izdvojiti važne od nevažnih informacija. Vjerujemo da naše istraživanje daje dobar omjer između informativnosti i kompaktnosti. Također, tri navedena istraživanja bave se samo el. vozilima, dok se istraživanje prezentirano u ovom radu, uz el. vozila, bavi i stanicama za izmjenu baterija.

Anketa se sastoji od dva dijela. U prvom dijelu ispitanici ispitanici daju određene informacije o sebi, npr. starost, spol, zemlja prebivališta. Ovaj dio ankete prezentiran je u nastavku (potpoglavlje 2.1.). Drugi dio ankete sastoji se od niza pitanja o el. vozilima i stanicama za izmjenu baterija. Većina pitanja ima ponuđene odgovore (ispitanik bira samo jedan odgovor), neka pitanja zahtijevaju unošenje određene vrijednosti (npr. očekivani domet vožnje), a na neka pitanja treba dati opisni odgovor. Ovaj dio ankete prezentiran je u poglavlju 3.

2.1. Uzorak ispitanika

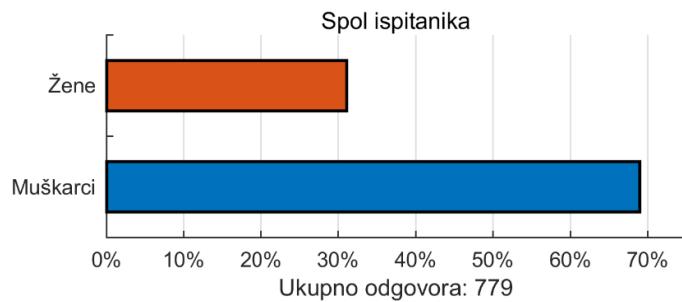
Ukupan broj ispitanika koji su pristupili anketi je 791. Međutim, nisu svi odgovorili na sva pitanja, a neki nerazumno odgovori morali su biti zanemareni. Na primjer, razuman odgovor na pitanje o očekivanom dometu vožnje el. vozila je između 100 i 1000 km (čak i konvencionalna vozila teško postižu domet od 1000 km s jednim punjenjem). Zbog toga se svi odgovori veći od 2000 km smatraju nerazumnima, te se zanemaruju. Ovo je razlog zbog kojeg se razlikuje broj odgovora na svako pojedino pitanje. Ukupan broj važećih (razumnih) odgovora prikazan je na dnu svake slike i to je broj na koji se odnose prikazani postoci.

Anketi je pristupilo mnogo studenata i mlađih akademskih zaposlenika različitih profesija. To je razlog zbog kojeg se uzorak sastoji od većinom mlađih ljudi (slika 1.). Muška populacija je zastupljenija od ženske (slika 2.). Velika većina ispitanika dolazi iz Europe (slika 3.) i voze³ konvencionalna ne-električna vozila (slika 4.). Najzastupljeni el. vozilo u anketi je Nissan Leaf kojeg posjeduje 23 ispitanika. Teslu posjeduje 11 ispitanika, dok su Renault Zoe, Bollore Bluecar, Mitsubishi MiEV i Mahindra e2o zastupljeni s po jednim ispitanikom. Također, jedan ispitanik posjeduje prerađeni Opel Kadett. Većina vlasnika el. vozila koji su pristupili anketi žive u SAD-u (17 ispitanika), Velikoj Britaniji (6) i Njemačkoj (5). Većina ispitanika prevljuje između 10 i 20 tisuća kilometara godišnje (slika 5.), što odgovara evropskim prosjeku od oko 14000 km [11], te je malo ispod prosjeka SAD-a koji iznosi 21500 km [12].

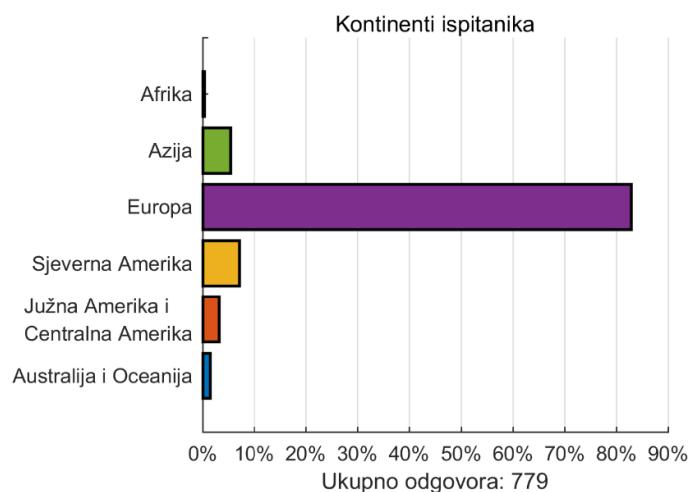


Slika 1. Starost ispitanika

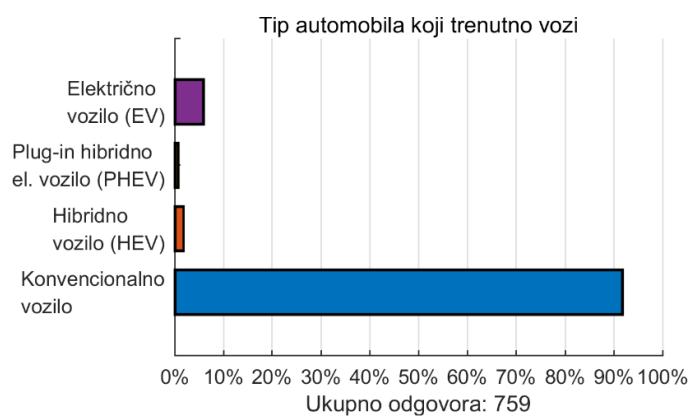
³ U slučaju mlađih ljudi koji još ne posjeduju vozilo, pretpostavlja se da voze auto svojih roditelja.



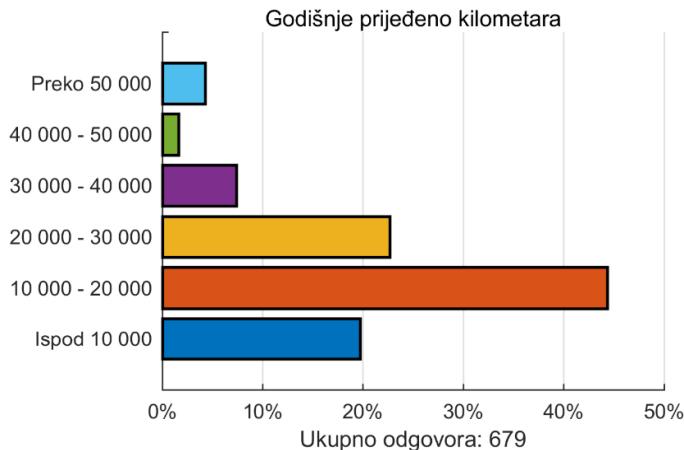
Slika 2. Spol ispitanika



Slika 3. Geografska zastupljenost ispitanika



Slika 4. Tipovi vozila koje ispitanici trenutno voze



Slika 5. Kilometraža koju godišnje prevaljuju ispitanici

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Ovo poglavlje prezentira i raspravlja rezultate ankete. Obrađeni rezultati prikazani su na slikama, pri čemu su anketna pitanja prikazana u naslovima slika.

Većina ispitanika misli da će u budućnosti biti više el. vozila na cestama nego danas (slika 6.). Štoviše, preko 35% ispitanika vjeruje da će posjedovati el. vozilo prije 2020. godine (slika 7.). Iako će stvaran broj el. vozila na cestama u 2020. vjerojatno biti manji, ova saznanja ukazuju na rastuću potrebu razvijanja infrastrukture za punjenje i/ili izmjenu baterija, te pripadajućih poslovnih modela. Zanimljivo je da preko 40% ispitanika vjeruje da el. vozila nikada neće postati raširena poput konvencionalnih vozila, dok 3% vjeruje da će el. vozila uvijek ostati na marginama auto industrije (slika 6.).

Velika početna cijena el. vozila se često spominje kao značajna prepreka porastu udjela el. vozila na cestama i to se potvrđuje odgovorima sa slike 8. Usprkos tomu, rezultati ankete sa slike 9. pokazuju da samo manjina ispitanika (oko 17%) nije spremna platiti više za novo el. vozilo, dok je veliki broj ispitanika spreman povećati inicijalnu investiciju (do određene razine) pod uvjetom da kasniji troškovi vožnje budu manji. Ova saznanja sugeriraju da čak i mala smanjenja početne cijene el. vozila mogu privući nove kupce.

Rezultati na slici 10. ukazuju da većina ispitanika od el. vozila očekuje 50% smanjenja operativnih troškova. Veliki udio odgovora od 0% potječe od ispitanika koji već imaju el. vozilo ili plug-in hibridno el. vozilo.

Rezultati ankete sa slika 11. i 12. su donekle očekivani; velika većina ispitanika spremna je kupiti el. vozilo pod uvjetom da im komfor vožnje ostane nepromijenjen. Prema tome, strah od nove tehnologije nije problem, što je potvrđeno odgovorima na slici 8.

Slika 13. prikazuje da većina ispitanika od el. vozila očekuje domet vožnje od 250-500 km, iznos koji se danas postiže većinom ne-električnih, hibridnih električnih i plug-in električnih vozila, te nekim električnim vozila (Tesla). Međutim, sva su ostala trenutno dostupna el. vozila (osim Tesle) daleko od ovog dometa – tipično dosežu 100-140 km s jednim potpunim punjenjem [13].

Slike 14. se vidi da gotovo 45% ispitanika ne bi bilo u mogućnosti puniti el. vozilo kod kuće, što zantno otežava korištenje el. vozila, budući da bi isključivo korištenje javnih punionica vjerojatno bilo nepraktično s obzirom da bi zahtijevalo puno vremena. Prema tome, potencijalni vlasnici el. vozila iz ove populacije mogli bi biti zainteresirani za neki oblik sustava za izmjenu baterija.

Kada govorimo o dužim putovanjima, odgovori sa slike 15. sugeriraju da interes za izmjenu baterija definitivno postoji. Gotovo 60% ispitanika bi željelo imati mogućnost izmjene baterija, pri čemu je preko 20% spremno platiti više za korištenje stanice za izmjenu baterija. Nadalje, slika 16. pokazuje da 55% ispitanika nije spremno vremenski produžiti svoje poslovno putovanje zbog punjenja baterija, koje je neizbjegno na dužim putovanjima. Sustav za izmjenu baterija bi mogao biti način da se ova populacija zainteresira za el. vozila.

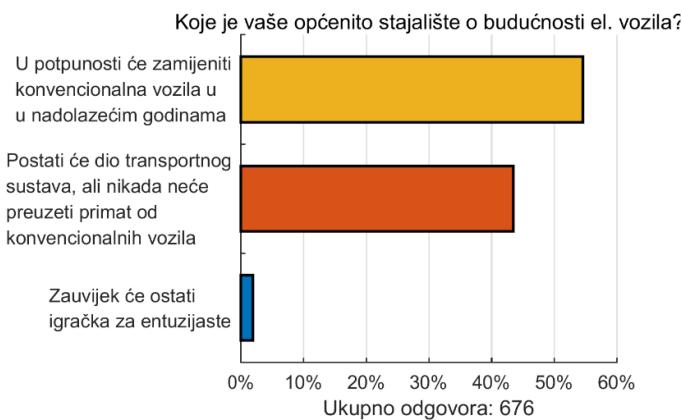
Već je ranije utvrđeno da velika inicijalna investicija predstavlja najveću zapreku širem prihvaćanju el. vozila (vidjeti sliku 8.). S druge strane, slika 17. prikazuje da se ovaj problem može ublažiti nekim oblikom najma baterija čime se inicijalna investicija smanjuje. U ovom kontekstu, zanimljivo je spomenuti Renault

Zoe, el. vozilo koje se u Ujedinjenom Kraljevstvu⁴ može kupiti bez baterije, čime se početna cijena smanjuje za oko 25% [14]. Baterija se naknadno unajmljuje za fiksni mjesecni iznos.

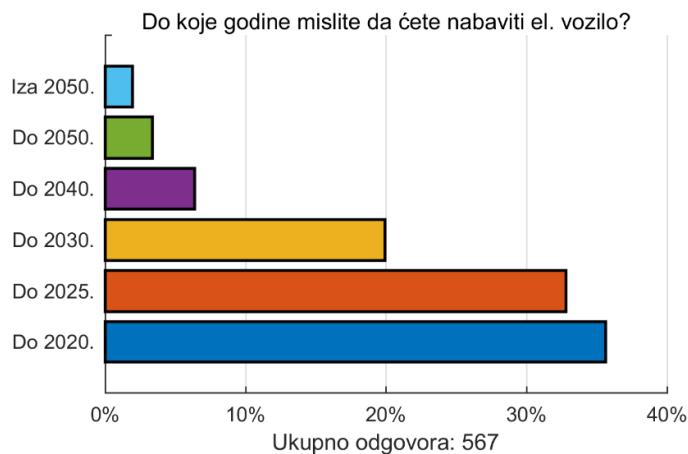
Slika 18. pokazuje da je zamjetan broj ispitanika spreman platiti više za izmjenu baterija u usporedbi s punjenjem baterija. Ovakav rezultat može biti posljedica pretpostavljenog smanjenja početne investicije ili jednostavno stvar praktičnosti budući da izmjena baterija traje puno manje od punjenja. Samo četvrtina ispitanika nije spremna platiti više za korištenje sustava za izmjenu baterija.

Polovica ispitanika ne želi kalkulirati s dometom vožnje, te bi punili svoje el. vozilo svake noći (slika 19.). Manje od 10% ispitanika bi čekalo do posljednjeg trenutka kako bi napunili bateriju. Problem rasporeda punjenja treba pristupiti i sa tehničke strane, budući da duboka pražnjenja znatno smanjuju radni vijek baterije [15].

Sa slike 20. i 21. može se zaključiti da postoji interes kako za punjenje, tako i za izmjenu baterija. Zbog toga nije za očekivati da će stanice za izmjenu baterija nadomjestiti punionice, već da bi obje tehnologije mogle koegzistirati, te biti korištene kao nadopuna ili alternativa jedna drugoj.

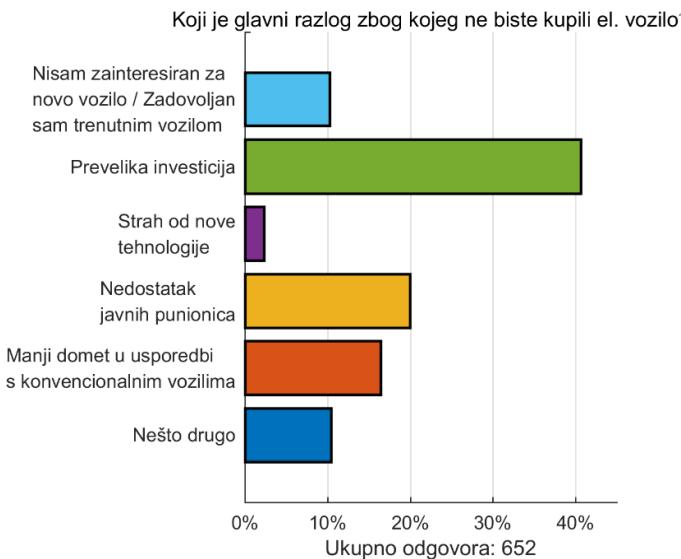


Slika 6. Općenito stajalište o el. vozilima

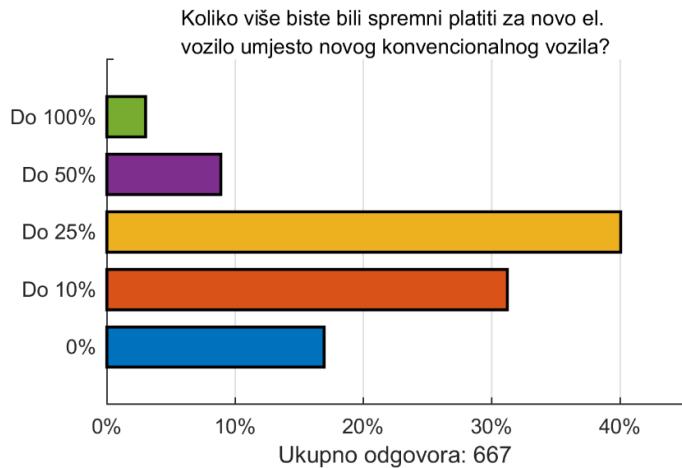


Slika 7. Godina nabave el. vozila

⁴ U različitim europskim zemljama, Renault nudi različite mogućnosti kupnje.

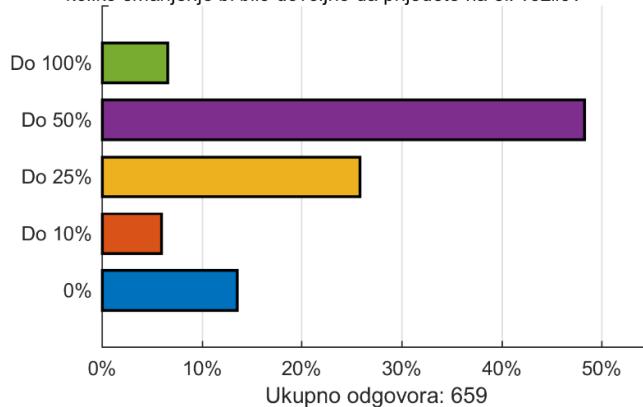


Slika 8. Razlozi protiv el. vozila

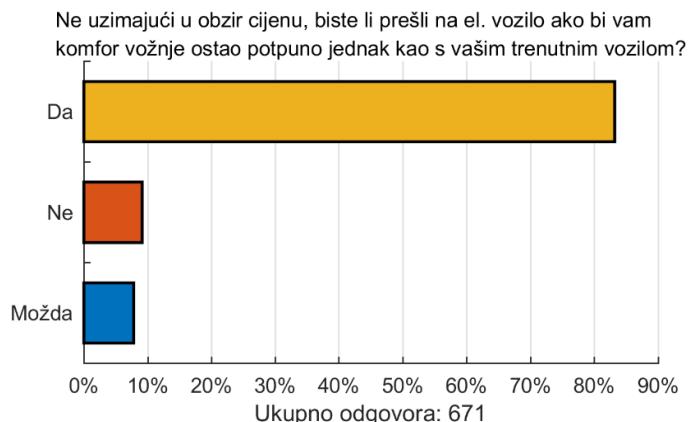


Slika 9. Kupnja novog el. vozila

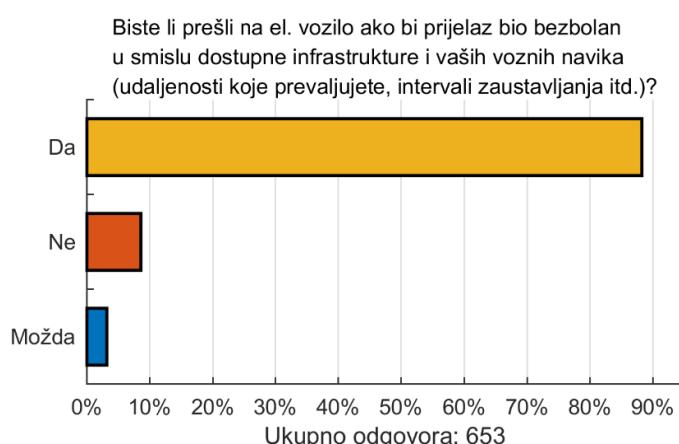
Uz pretpostavku da el. vozila smanjuju trošak vožnje na 100 prijeđenih kilometara (početna cijena vozila i troškovi održavanja zanemareni), koliko smanjenje bi bilo dovoljno da priđete na el. vozilo?



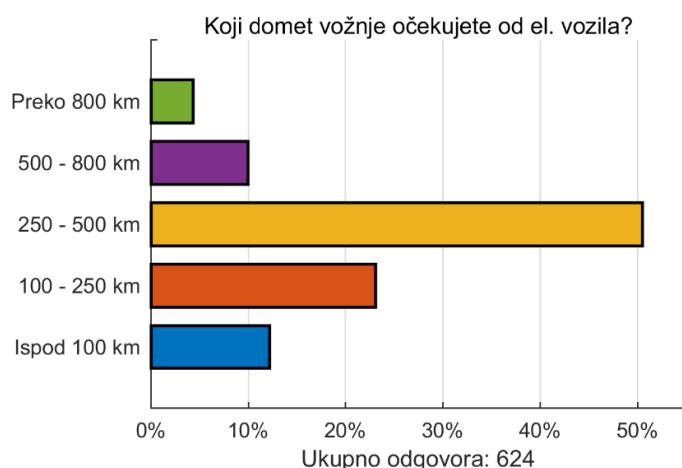
Slika 10. Smanjenje troškova



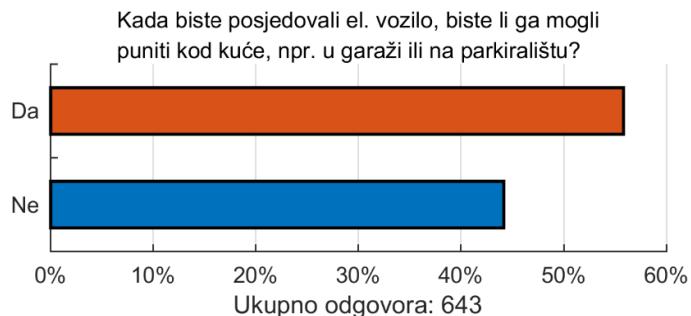
Slika 11. Komfor vožnje



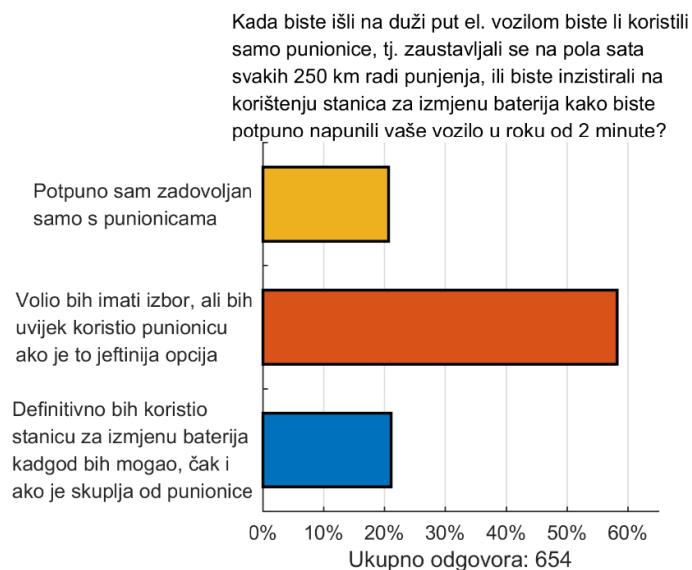
Slika 12. Prijelaz na el. vozilo



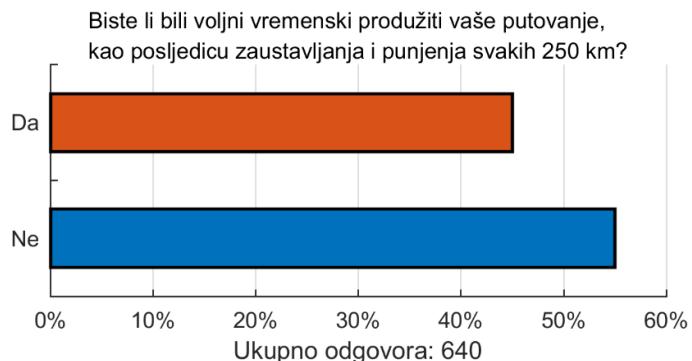
Slika 13. Domet vožnje el. vozila



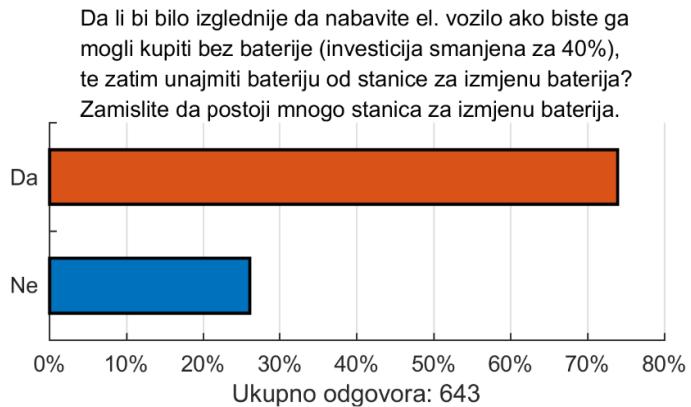
Slika 14. Punjenje el. vozila



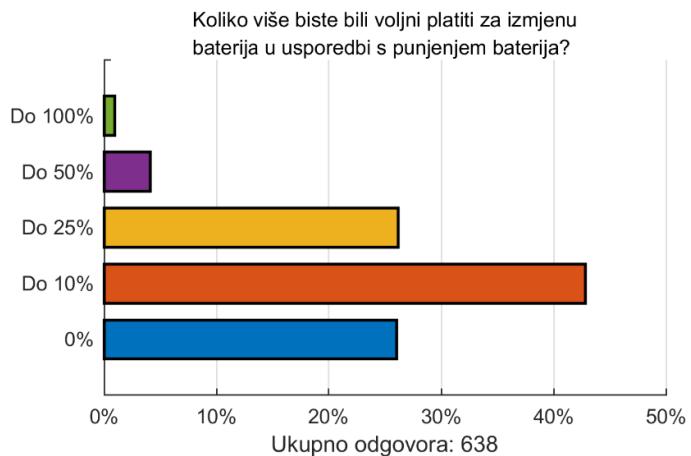
Slika 15. Duža putovanja s el. vozilima



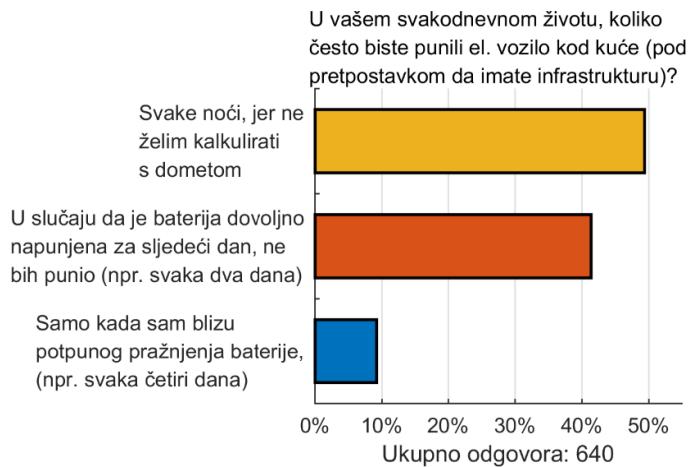
Slika 16. Vremensko produžavanje putovanja



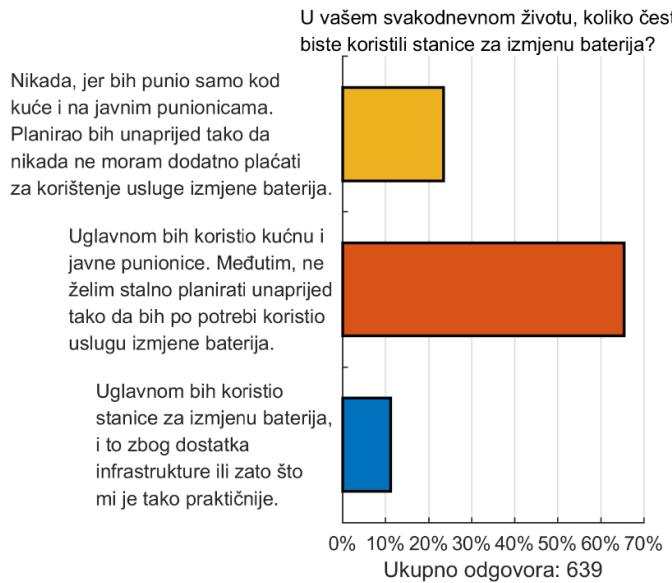
Slika 17. Unajmljivanje baterija



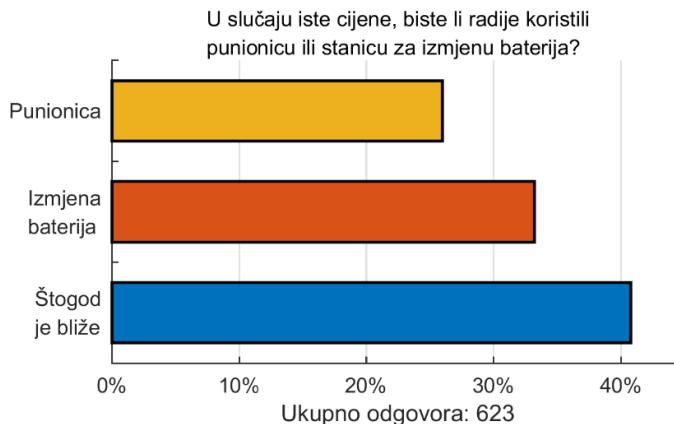
Slika 18. Cjenovna razlika između izmjene i punjenja baterije



Slika 19. Punjenje el. vozila kod kuće



Slika 20. Korištenje stanica za izmjenu baterija



Slika 21. Punionica ili izmjena baterija u slučaju iste cijene

4. ZAKLJUČAK

Iz rezultata ankete može se zaključiti da ispitanici gledaju pozitivno na el. vozila i na koncept izmjene baterija. Najveća zapreka masovnjem prihvaćanju el. vozila je velika početna investicija. Ovaj problem može se ublažiti razvojem stanica za izmjenu baterija, tj. početna investicija mogla bi se smanjiti najmomin baterija od ovih stanica, umjesto da se bateriju kupuje zajedno s vozilom. Sve u svemu, problem integracije el. vozila svodi se na ukupne troškove (početna investicija + naknadni troškovi vožnje, održavanja itd.). Kada ukupni troškovi postanu usporedivi s ne-električnim vozilima, može se očekivati značajno povećanje broja el. vozila na cestama.

Najveći problem koncepta izmjene baterija jest kompatibilnost između različitih marki i modela vozila. Standardizacija baterija bi uvelike olakšala širenje stanica za izmjenu, čime bi se povećala dostupnost baterija, te umanjio problem ograničenog dometa. Usprkos smanjenim vremenima čekanja, nije vjerojatno da će stanice za izmjenu baterija nadomjestiti javne punionice, nego da bi mogle predstavljati alternativu. Razumno je očekivati da će koncept izmjene baterija najprije zaživjeti u tvrtkama koje posjeduju velike flote vozila (npr. taksiji ili velike dostavne tvrtke).

5. ZAHVALA

Ovo istraživanje djelomično je financirala Hrvatska zaklada za znanost preko projekta IP-09-2014-3517.

6. LITERATURA

- [1] R. Sims, R. Schaeffer, et al., "Transport", Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
- [2] World Business Council for Sustainable Development, "Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability", The Sustainable Mobility Project, Full Report, 2004.
URL <http://www.wbcsd.org/web/publications/mobility/mobility-full.pdf>
- [3] Toyota Global Newsroom, "Worldwide Sales of Toyota Hybrids Surpass 9 Million Units", 2016.
URL <http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/12077091/>
- [4] Nissan Newsroom Europe, "Nissan lands its largest electric taxi fleet deal", 2016.
URL <http://newsroom.nissan-europe.com/EU/en-gb/Media/Media.aspx?mediaid=144669>
- [5] J. Cobb, "Plug-in Pioneers: Nissan Leaf and Chevy Volt Turn Five Years Old", 2015.
URL <http://www.hybridcars.com/plug-in-pioneers/>
- [6] M. Boxwell, "Do electric cars actually make sense financially?", 2011.
URL <http://www.thechargingpoint.com/knowledge-hub/hot-topics/Electric-car-costs.html>
- [7] Z. Shahan, "EV Battery Prices: Looking Back a Few Years, & Forward Yet Again", 2016.
URL <http://cleantechnica.com/2016/05/15/ev-battery-prices-looking-back-years-forward-yet/>
- [8] O. Egbue, S. Long, "Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions", Energy Policy 48, 717-729, 2012.
- [9] S. Carley, R. M. Krause, B. W. Lane, J. D. Graham, "Intent to purchase a plug-in electric vehicle: A survey of early impressions in large US cities", Transportation Research Part D: Transport and Environment 18, 39-45, 2013.
- [10] Z. Shahan, "Electric Cars: What Early Adopters And First Followers Want",
URL https://gallery.mailchimp.com/a897522b53d0853c85abff9fa/files/Electric_Cars_What_Early_Adopters_And_First_Followers_Want.pdf
- [11] European Environment Agency, „ENERDATA - Annual distance travelled by cars“
- [12] U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration, "Average Annual Miles per Driver by Age Group"
URL <https://www.fhwa.dot.gov/ohim/ohn00/bar8.htm>
- [13] E. Schaal, "10 Electric Vehicles With the Best Range in 2015", 2015.
URL <http://www.cheatsheet.com/automobiles/top-10-electric-vehicles-with-the-longest-driving-range.html/?a=viewall>
- [14] "Renault Zoe Purchase Options", 2016.
URL <https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/zoe/purchase-options.html>
- [15] T. B. Reddy i D. Linden, "Linden's Handbook of Batteries", 4. izdanje, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2011.