Broj rada: R4-08
DOI:10.46793/CIRED2026.R4-08_271

OČEKIVANI UTICAJ E-MOBILNOSTI NA DISTRIBUTIVNU MREŽU 2030. GODINE

EXPECTED IMPACT OF E-MOBILITY ON THE DISTRIBUTION NETWORK IN 2030.

Miroslav STANIŠIĆ*, Crnogorski elektrodistributivni sistem d.o.o. , Crna Gora
Dušan BORIČIĆ, Crnogorski elektrodistributivni sistem d.o.o. , Crna Gora
Bojan POPOVIĆ, Crnogorski elektrodistributivni sistem d.o.o. , Crna Gora

KRATAK SADRŽAJ

Iako se sama elektromobilnost razvija još od 19. vijeka i njeni doskorašnji rezultati razvoja nijesu ukazivali da može doći do naglog porasta broja električnih vozila, skorašnja dešavanja u transformaciji drumskog saobraćaja i težnje za smanjenjem ugljeničnog otiska, ukazuju da se taj trend mijenja. Sami porast upotrebe električnih vozila nesumnjivo dovodi i do transformacije u potrošnji energenata, pa će se upotreba fosilnih goriva smanjivati na korist povećanja potrošnje električne energrije (pod uslovom da proizvodnja nije iz termoelektrana). Upravo zbog toga je bitno i neophodno pomno pratiti razvoj i sa stanovišta elektroenergetskog sektora i prilagođavati postojeću infrastrukturu, ali i tražiti modalitet razvoja novih sistema punjenja električnih vozila. Projekcije „priliva“ električnih vozila za naredni petogodišnji period na naše tržište se mogu definisati matematičkim modelom u odnosu na prethodni petogodišnji period porasta broja registrovanih električnih vozila. Na osnovu očekivanog broja električnih vozila 2030. godine, odnosa broja električnih vozila u komercijalne svrhe i za domaćinstva i trenutno poznatim modelim načina punjenja, definisaćemo očekivano opterećenje na distributivnu mrežu 2030. godine. Kako smo rekli da je zapaženiji razvoj elektromobilnosti skorašnjeg datuma i da taj uticaj na elektronergetsku mrežu još uvijek nije značajnijeg karaktera, u radu ćemo se baviti analizom do sada dostupnih podataka o navikama korisnika električnih vozila, o načinu i mjestu punjenja vozila za sopstvene potrebe. Sve navedeno obavezno mora biti utemeljeno u valjanoj regulativi, pa pravimo osvrt i na tu sferu ukupnog razvoja e-mobilnosti. Posebna pažnja je na stepenu razvoja propisa u regionu sa uporednom praksom u državama regiona, koje su na putu razvoja e-mobilnosti dostigle različite stepene

Ključne reči: e-mobilnost, električna vozila, perspektiva, punionice, distributivna mreža

ABSTRACT

Since the electromobility itself has been developing since the 19th century, and its recent development results did not indicate that there could be a sudden increase in the number of electric vehicles, recent developments in the transformation of road traffic and the desire to reduce the carbon footprint indicate that this stream is changing. The increase in the use of electric vehicles itself undoubtedly leads to a transformation in the consumption of energy sources, so the use of fossil fuels will decrease in favor of increasing the consumption of electricity (if that production is not from coil power plants). This is precisely why it is important

* Miroslav STANIŠIĆ, miroslav.stanisic@cedis.me

and necessary to closely monitor developments from the point of view of the electricity sector and adjust the existing infrastructure, but also to seek a modality for the development of new electric vehicle charging systems. Projections of the "inflow" of electric vehicles for the next five-year period on our market can be defined by a mathematical model in relation to the previous five-year period of increase in the number of registered electric vehicles. Based on the expected number of electric vehicles in 2030, the ratio of the number of electric vehicles for commercial purposes and for households, and the currently known charging models, we will define the expected load on the distribution network in 2030. As we said that the more noticeable development of electromobility is recent and that this impact on the electricity network is still not significant, in this paper we will analyze the data available so far on the habits of electric vehicle users regarding the method and place of charging vehicles for their own needs. All of the above must be based on valid regulations, so we also review legal field of the overall development of E-mobility. Special attention is paid to the level of development of regulations in the region with comparative practice in the countries of the region, which have reached different levels of development on the path of spreading E-mobility

Keywords: e-mobility, electric vehicles, perspective, charging stations, distribution network

UVOD

Globalni trend elektrifikacije saobraćaja nameće nova pitanja i izazove za elektroenergetske sisteme, a posebno za distributivnu mrežu koja je preko punjača, kao poslednja u elektroenergetskom lancu, u direktnoj interakciji sa električnim vozilima. Crna Gora, kao mala zemlja u procesu energetske tranzicije i integracije u Evropsku uniju, nije izuzeta od ovog fenomena. Kada govorimo o uticaju na distributivnu mrežu, u krugovima koji nijesu usko stručni, najčešće se misli samo na potencijalno opterećenje krajnje distributivne mreže (X/0,4 kV trafostanica) pri punjenju električnih vozila. Masovno punjenje električnih vozila zahtijeva veliku količinu električne energije, što može stvoriti dodatni pritisak na niskonaponske i srednjenaponske električne mreže, posebno u gradskim područjima i na mjestima gdje je velika koncentracija vozila i punjača, a koje su već preopterećene sve više “električnim” načinima grijanja, hlađenja, spremanja hrane, data centrima. Takođe, neorganizovano ili nekontrolisano punjenje može izazvati preopterećenje mreže značajnim rastom vršnog opterećenja, naponskih fluktuacija koje prevazilaze dozvoljene granice, povećane gubitke energije, češće havarije i lošiji kvalitet isporučene električne energije. Izazov povećanja broja električnih vozila i potrebe za punionicama istih nije usmjeren samo prema saobraćajnom ili energetskom sektoru već mora da uključuje multisektorske činioce donošenja odluka i društva uopšte. Međutim, ovaj fenomen iako možda jeste sa stanovišta održavanja funkcionalnih distributivnih mreža najznačajniji, bitno je posvetiti se i drugim segmentima koji će takođe da utiču na distributivni sistem, tj. njegovog “vlasnika”, kao što je definisanje mreža punionica na magistralnim, regionalnim i auto putevima, obaveze pri izdavanju građevinskih i upotrebnih dozvola za nove stambeno i/ili poslovne (građevinske) objekte, potencijalno uvođenje Vehicle to Grid (V2G) sistema, dostizanje, kolokvijano kazano, maksigrafa, izmjena više i niže tarife, način plaćanja usluge punjenja i drugo. S druge strane, ako se punjenjem pravilno upravlja, to može biti prilika za bolje raspoređivanje opterećenja na mreži i efikasniju upotrebu obnovljivih izvora energije. Ovaj rad analizira uticaj očekivanog masovnijeg usvajanja električnih vozila (EV) na elektrodistributivnu mrežu Crne Gore, razmatrajući pravni i regulatorni okvir, očekivane trendove rasta flote EV, modele ponašanja korisnika pri punjenju, tehničko opterećenje mreže.

1 PRAVNI I REGULATORNI OKVIR E-MOBILNOSTI

Crna Gora je kao zemlja kandidat za članstvo u EU obavezna da uskladi svoje zakonodavstvo sa direktivama i uredbama Evropske unije koje se tiču energetike i transporta, a koje utiču i na e-mobilnost. Ključni dokumenti koji direktno ili indirektno regulišu oblast električnih vozila i punjenja su:

– AFIR Direktiva EU 2023/1804/EU od 13. septembra 2023.g. o uspostavljanju infrastrukture za alternativna goriva koja propisuje obavezne rokove za postavljanje javnih punjača duž TEN-T koridora, što se direktno tiče crnogorskog auto puta [1] ;
– Zakon o energetici Crne Gore ("Sl. list CG", br. 28/25) koji utvrđuje osnove regulacije tržišta električne energije i položaj distributera [2];
– Nacionalna strategija razvoja saobraćaja do 2035. godine, koja prepoznaje električna vozila kao strateški prioritet u smanjenju emisija [3];

Regulativa e-mobilnosti u regionu prolazi kroz fazu intenzivne transformacije, pri čemu su države članice EU (Hrvatska) i zemlje kandidati (Srbija, Crna Gora, BiH, Makedonija, Albanija) u različitim fazama implementacije. Dok je Hrvatska već duboko u implementaciji strogih EU uredbi poput AFIR-a, ostale zemlje se fokusiraju na subvencionisanje nabavke vozila kako bi ubrzale tranziciju. Ključni aspekti po državama mogli bi se definisati na sledeći način:

– U Hrvatskoj je primarni fokus na implementaciji AFIR uredbe te uvođenja punjača za električna vozila na svakih 60km puta.
– Republika Srbija je svoj fokus usmjerila na subvencije za vozila koja se proizvode u Srbiji, kao što je Fiat Grande Panda, međutim osnovni izazov predstavlja brzo trošenje sredstava iz budžeta, za ovu namjenu.
– Crna Gora ulaže ozbiljne napore u usklađivanje regulative sa EU energetskim paketom i NECP, i za sada ima malu mrežu javnih punjača.
– U Bosni i Hercegovini je fokus na izradi strateških studija i dekarbonizaciji. Osnovni izazov predstavlja samo uređenje države i nepostojanje jedinstvenih zakona koji važe na cijeloj njenoj teritoriji.

U nastavku ćemo pored Crne Gore dati osvrt i na pravni, regulatorni i podsticajni okvir Srbije.

1.1 Crna Gora

Pravna regulativa e-mobilnosti u Crnoj Gori u 2026. godini doživjela je značajan zaokret usvajanjem krovnih strateških dokumenata koji su državu izvukli iz "sive zone" i uskladili je sa EU standardima.

Novi Zakon o energetici donosi tri fundamentalne promjene. Prva je uvođenje instituta aktivnog kupca. Građanima i privrednim subjektima je omogućena transformacija iz pasivnih potrošača u aktivne učesnike na tržištu. Oni sada mogu proizvoditi električnu energiju putem obnovljivih izvora, privremeno je skladištiti u baterijama sopstvenih vozila, te je kroz napredni koncept (V2G) po potrebi vraćati u elektroenergetski sistem. Druga je pravno definisanje statusa punionica. Ovim je eliminisan višegodišnji problem komercijalne prodaje električne energije na javnim punjačima. Punionice više nemaju potrebu za alternativnim modelima naplate putem parking usluga, već je proces direktno integrisan i usklađen sa pravilima evropskog tržišta električne energije. Članom 96 pomenutog Zakona u stavu dva se definiše usluga punjenja električnih vozila kao prodaja elektrilne energije i da se takva prodaja ne smatra snabdijevanjem u smislu koji inače tretira ovaj Zakon, dok samo priključenje na distributivni sistem mora da bude usklađen sa pravilima iz člana 109 Zakona o energetici. [2] Treća promjena se ogleda u

liberalizaciji i privlačenju investicija. Pojednostavljenjem procedura za ulazak privatnog kapitala u sektor elektroenergetske infrastrukture, ovaj zakon je postao direktna podrška ispunjavanju mjerila za zatvaranje Poglavlja 15 (Energetika) u pregovorima sa Evropskom unijom.

Ono što vidimo kao problem-ograničenje pomenutog člana 96 Zakona o energetici je njegov stav 4 koji ograničava, iliti bolje rečeno zabranjuje operatoru distributivnog sistema, u ovom slučaju CEDIS-u, da posjeduje, vodi ili upravlja stanicama za punjenje električnih vozila osim ako to radi za sopstvene potrebe. [2]

Sa druge strane, Vlada Crne Gore je u decembru 2025. godine formalizovala Nacionalni energetski i klimatski plan do 2030. (NEKP) [4], tretirajući e-mobilnost kao pitanje od prvorazrednog nacionalnog interesa. Planom su definisani ambiciozni i mjerljivi ciljevi, da do 2030. godine na crnogorskim putevima saobraća najmanje 35.000 električnih vozila, predviđeno je drastično povećanje broja punjača, preciznije izgradnja 50 stanica za brzo punjenje jednosmjernom strujom (DC) i 500 stanica za sporo punjenje naizmjeničnom strujom (AC) a planom je država kreirala stimulativne subvencije za investitore u infrastrukturu, koje iznose do 15.000 eura za brze, odnosno do 5.000 eura za spore punionice. [4]

Uprkos zaokruženom i stabilnom pravnom okviru, ključni operativni izazov ostaje izražena geografska i infrastrukturna neujednačenost. Dok su južna regija i Podgorica adekvatno pokriveni, sjeverni dio države značajno zaostaje. Zbog toga se kroz NEKP u 2026. godini insistira na principu regionalne ravnoteže, čime se investitori pravno obavezuju na izgradnju punionica i na manje frekventnim saobraćajnim pravcima koji vode ka planinskim turističkim centrima. Očekujemo da će ovo biti dodatno definisano do kraja 2026. godine usvajanjem Zakona o infrastrukturi za alternativna goriva, odnosno definisati na kojim rastojanjima i na kojim putnim pravcima trebaju da se instaliraju punjači za EV.

1.2 Republika Srbija

Pravna regulativa e-mobilnosti u Srbiji u 2026. godini prolazi kroz fazu digitalizacije i prilagođavanja infrastrukture, uz snažan fokus na direktne podsticaje.

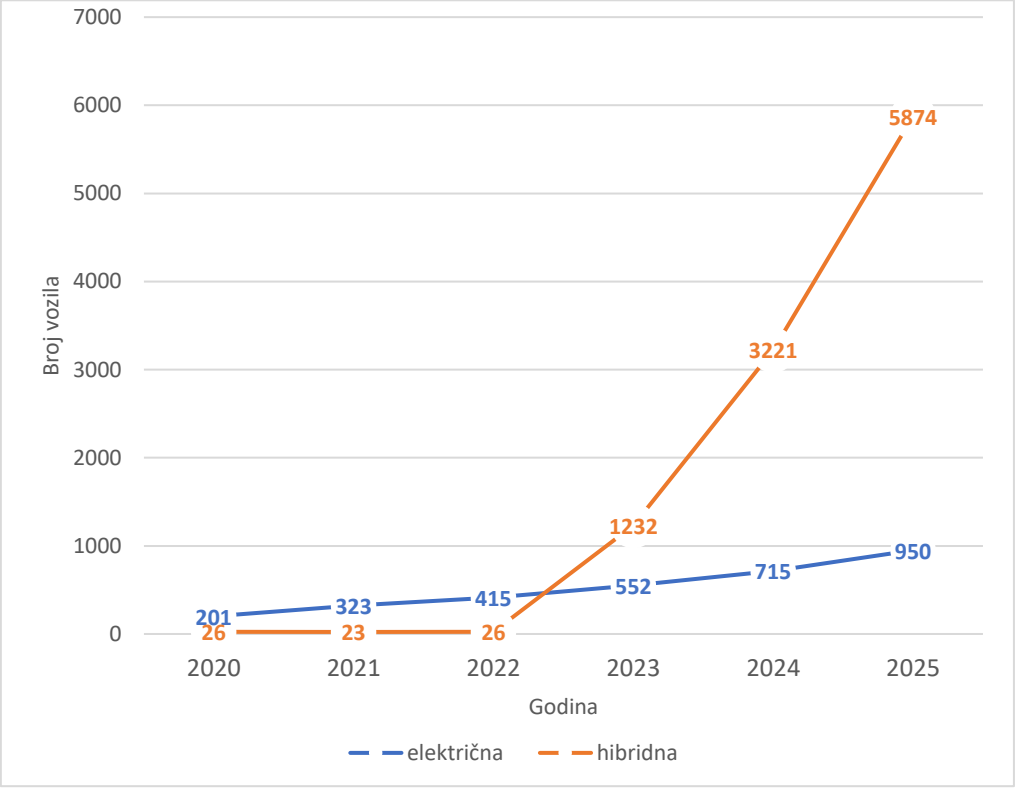
Kao i u Crnoj Gori, i u Srbiji se elektroenergetska infrastruktura uređuje Zakonom o energetici [5] ali i Zakonom o planiranju i izgradnji [6]. Izmjene i dopune zakona o energetici stvorile su neophodan pravni i tehnički okvir za sveobuhvatnu modernizaciju elektroenergetskog sistema. Uz finansijsku i stručnu podršku Evropske unije i Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD), planirano je da se do kraja 2026. godine integriše dodatnih 600.000 pametnih brojila. Ovaj korak je ključan za uvođenje dinamičkih tarifa, koje će vlasnicima električnih vozila omogućiti finansijski povoljnije punjenje tokom dnevnih maksimuma proizvodnje iz obnovljivih izvora energije, nasuprot tradicionalnom oslanjanju isključivo na noćne tarife. Uprkos tehnološkom napretku, u Srbiji je i dalje prisutna pravna nedorečenost u pogledu jasnog definisanja komercijalne prodaje električne energije na punjačima, zbog čega se ova djelatnost u praksi i dalje dijelom nalazi u sivoj zoni i naplaćuje kroz formu parking usluga. U članu 210v Zakona o energetici, privredno društvo ili preduzetnik su definisani kao pružaoci usluge punjenja električnom energijom vozila koja potrebuju tu vrstu energije, a koji na javnom mjestu pružaju uslugu punjenja električnih vozila i oni su krajnji kupci na tržištu električne energije. U Srbiji se punionica definiše kao javno mjesto na kome se vrši punjenje električnih vozila. Naglasak se stavlja na javno mjesto što znači da se punionice u domaćinstvima, stambenim i poslovnim

zgradama izuzete od zadovoljavanja posebnih uslova koje treba da zadovolje javne punionice. [5]

U februaru 2026. godine, Vlada Republike Srbije je usvojila ažuriranu Uredbu o uslovima i načinu sprovođenja subvencionisane kupovine novih električnih vozila [7], koja donosi nekoliko ključnih modifikacija. Jedna od njih je potpuna digitalizacija administrativnog postupka. Od 1. marta 2026. godine kompletan proces prijave i podnošenja dokumentacije obavlja se isključivo elektronskim putem preko nacionalnog portala eUprava. Ovim korakom uspješno su otklonjeni raniji institucionalni zastoji i kritike javnosti u vezi sa sporim i komplikovanim birokratskim procedurama. Zatim budžetska alokacija i struktura iznosa, za tekuću godinu opredijeljen je inicijalni iznos od 170 miliona dinara, uz pravno ostavljenu mogućnost rebalansa budžeta na bazi praksi iz prethodnih godina. Finansijska podrška za putnička i laka komercijalna vozila (kategorije M1 i N1) iznosi do 5.000 €, dok su za segmente dvotočkaša (mopedi i motocikli) predviđeni podsticaji u rasponu od 250 do 500 €. Ne manje važno je usmjeravanje fokusa na čistu električnu tehnologiju. Slično crnogorskom modelu, subvencije su u aktuelnom ciklusu strogo ograničene na potpuno električna vozila (BEV), dok su vozila sa hibridnim pogonom u potpunosti izgubila status subvencionisanih dobara. [7]

2 OČEKIVANI RAZVOJ E-MOBILNOSTI U CRNOJ GORI DO 2030. GODINE

Crna Gora bilježi postepeni decenijski rast registracije vozila SUS, ali i od skora ubrzavajući rast EV. Prema podacima MONSTAT-a (Uprava za statistiku Crne Gore), krajem 2020. godine na crnogorskim putevima nalazilo se nešto više 240 hiljada ukupno registrovanih vozila, a od toga 201 potpuno električnih (BEV), dok je broj plug-in hibrida (PHEV) bio čak niži da bi se narednih godina taj odnos promijenio. Statistika pokazuje da je do kraja 2025.godine bilo registrovano 950 električnih i 5874 hibridna vozila. [8]

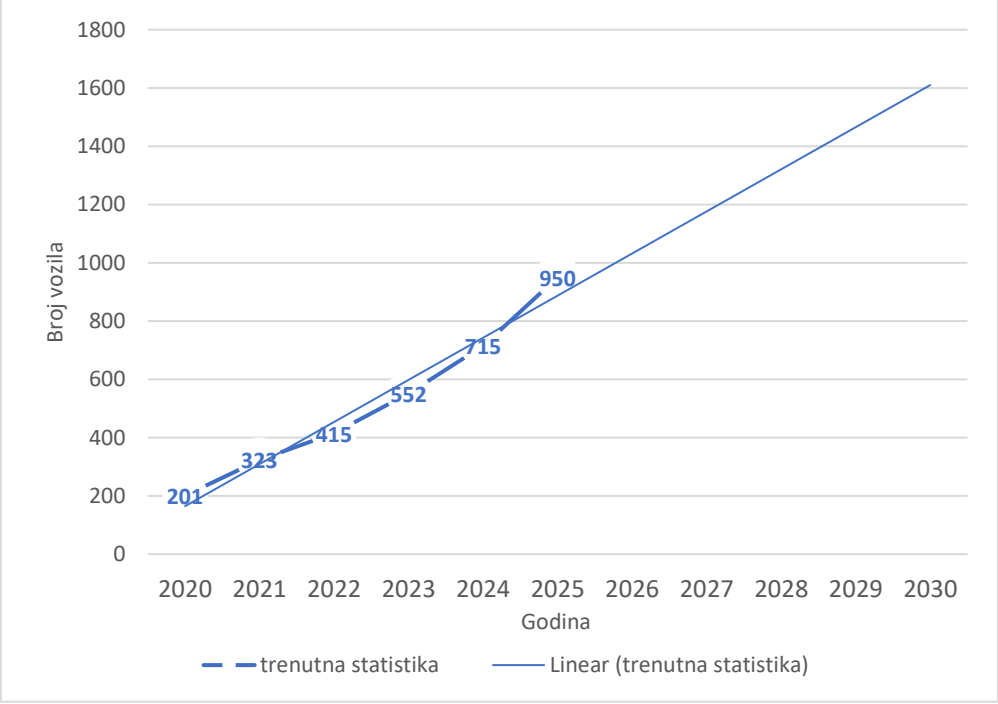


Slika 1. Broj električnih i hibridnih vozila, MONSTAT

Kako smo naznačili u gornjem pasusu, a sa date slike jasno vidimo, interesantno da je u prvim godinama značajnim za praćenje e-mobilnosti broj hibridnih vozila bio mnogostruko manji od čisto električnih, čak zanemarljiv, dok 2022. godine on mnogostruko raste i u narednim godinama zadržava eksponencijali rast. Takođe, sa slike vidimo i da je dosadašnji rast čisto EV bio skoro pa linearan. Iako su nam fokus električna vozila, pri analizi slike 1. bitno je i napomenuti da za sad MONSTAT ne pravi jasnu razliku tipova hibridnih vozila, pa ne znamo koji je tačan udio plug in hibrida (PHEV), full hibrida (HEV) ili čak mild hibrida (MHEV), što bi značilo za sami rad ukoliko bi se veći procenat odnosio na plug in hibride, kako bi ih uvrstili u proračun za potrebnom električnom energijom i uticaj na distributivnu mrežu.

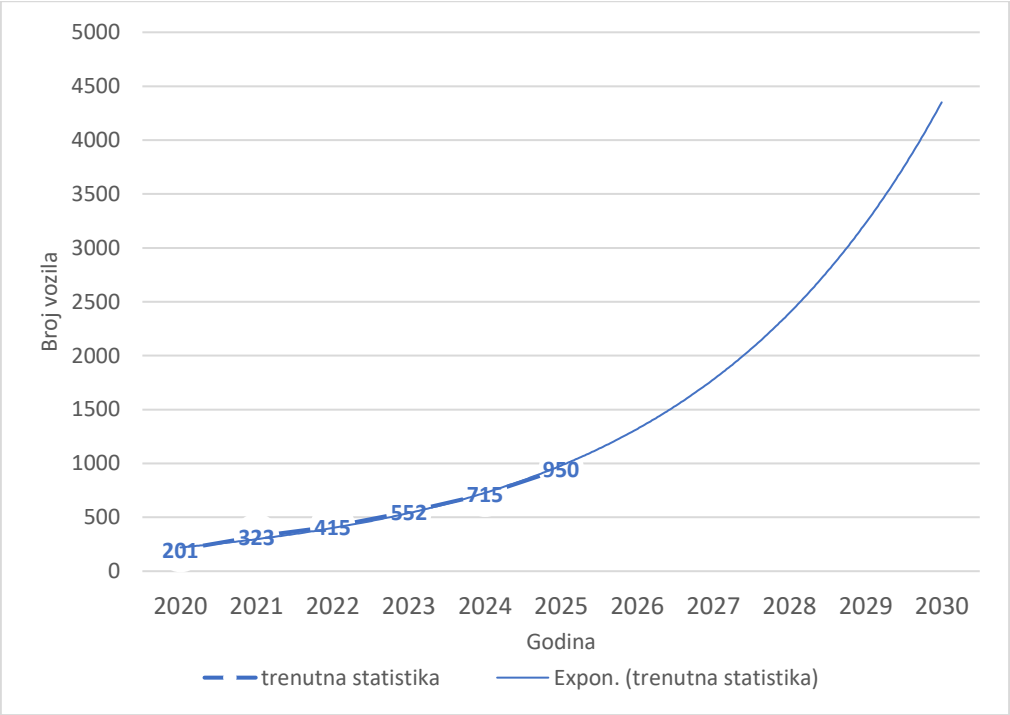
Međutim, u svrhu planiranja buduće infrastrukture, kako saobraćajne, tako i elektroenergetske, treba naći način da se predvidi očekivani porast električnih vozila za neki posmatrani period i uticaj na pomenute segmente mreže, možda čak ići i u pravcu planiranja infrastrukture sa pretpostavkom totalne elektrifikacije transporta što je po dosadašnjim inputima teško ostvarivo u skorašnjem periodu. Realno očekivani porast broja EV se može računati na više načina u zavisnosti od sociooloških, matematičkih, ekonomskih i parametara sa kojima istraživač raspolaže. Kao jedan od najpreciznijih je model mašinskog učenja kroz tri osnovne kategorije: podaci o životnoj sredini, ekonomski indikatori i podaci vezani za politiku. Ekonomski indikatori uključuju prihod domaćinstva, cijene goriva, cijene električne energije i cijene litijumskih baterija. Podaci o životnoj sredini uključuju emisije gasova staklene bašte i indekse kvaliteta vazduha. Podaci o politikama obuhvataju državne podsticaje kao što su krediti/subvencije, podaci o infrastrukturi električnih vozila. [9] .

S obzirom na neadekvatne metodološke podatke MONSTAT-a, na politička dešavanja i u zemlji i na međunarodnom nivou, disbalanse cijena vozila i cijena goriva i struje, inflacije, teško je u ovom momentu imati sve pouzdane podatke koji bi bili uključeni u pomenuti model mašinskig učenja, a i zbog malog uzorka električnih vozila, u radu ćemo pribjeći jednostavnom matematički-linearnom proračunu koji je prikazan na slici 2.



Slika 2. Očekivani linearni rast broja električnih vozila

Iz slike 2. vidimo da prateći dosadašnji linearni rast broja električnih vozila, i ako bi on bio nastavljen i u narednom petogodišnjem periodu, na kraju 2030. godine bi doveo do 1600 čisto EV. Ako bi posmatrali samo trend rasta u poslednjih godinu dana, najave da će Crna Gora biti članica Evropske unije od 2028. godine, unaprijeđenog modela subvencija, podsticaja većeg broja licenci za TAXI udruženja koja uključuju EV u vozni park, najave Vlade CG da će od sledeće godine sva novonabavljena vozila u javnom sektoru biti električna ili hibridna [10] i ličnog iskustva, smatramo da je ovo napesimističniji scenario i da će rast biti veći. Zato ćemo za dalje razmatranje uzeti i matematički model eksponencijalnog rasta, koji ćemo dati na slici 3.



Slika 3. Očekivani eksponenacijalni rast broja električnih vozila

Eksponencijalnim rastom krive postojećeg broja električnih vozila za naredni petogodišnji period dolazimo do približno 4370 EV 2030.godine. S obzirom na socijalnu strukturu stanovništva od kojih se očekuje kupovina EV, jasno je da će veći broj EV biti smješten u većim gradovima centralne i južne regije, što za distributivnu mrežu makro statistiku svodi na mikro nivo, odnosno da se procentualni porast broja električnih vozila ne može ravnomjerno rasporediti na cijelu distributivnu mrežu, već će on biti usmjeren na već opterećenu mrežu drugim segmentima društva (stanovanjem, radom, turizmom, preduzetništvom...).

Pri analizi broja vozila u Crnoj Gori ne treba zanemariti ni činjenicu o sezonskom karakteru Crne Gore kao turističke destinacije: ljetna turistička sezona donosi privremeni porast ukupnog broja vozila na ulicama, pa i EV na putevima, što može stvoriti lokalizovana vršna opterećenja u obalnom pojasu – posebno opštinama Ulcinj, Bar, Budva, Kotor, Tivat i Herceg Novi – čija distributivna infrastruktura nije dimenzionisana za takva maksimalna opterećenja.

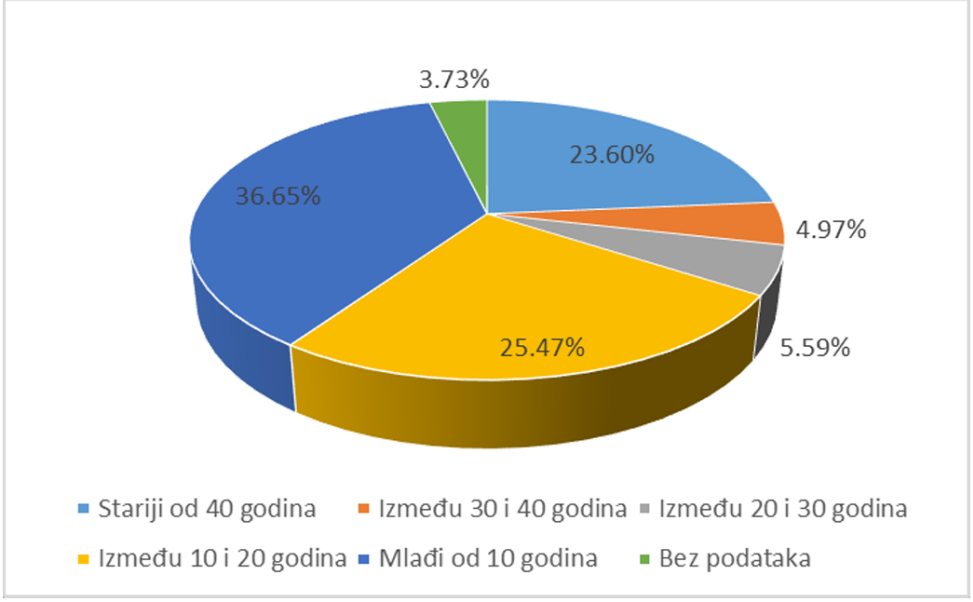
3 STANJE DISTRIBUTIVNE MREŽE U CRNOJ GORI

Elektrodistributivna mreža predstavlja poslednju kariku u lancu tradicionalnog elektroenergetskog sistema, a sa kojom e-mobinost, tj. punjači za električna vozila imaju direktnu konekciju.

Operator distributivnog sistema u Crnoj Gori (CEDIS) upravlja sa preko 20.000 km elektroenergetskih vodova i sa 5 210 trafostanica koje su za naš rad značajnije. [11]

Stanje distributivne mreže se može mjeriti kroz više posledičnih indikatora, kao što su: gubici na mreži i prekid napajanja (za krajnje korisnike najpoznatije kategorije), kao i kroz stanje naponskih nivoa, harmonicima izobličenja, aktivnom i reaktivnom snagom. [12]

Opterećenost Crnogorske elektrodistributivne mreže se nalazi na istorijskom maksimumu sa rekordnim vršnim opterećenjem od 629,2 MW poslednjeg kalendarskog dana 2025.godine, što je za 2,73% više od prethodnosg maksimalnog vršnog opterećenja. [13] Dešavanjima na terenu, sigurni smo da će se ovaj pik samo povećavati u karakterističnim vršnim momentima u godinama pred nama. Transformatori, kao najveći i najznačajniji elementi sistema, pored vodova, trpe i najveći izazov sve većih zahtjeva povećanja broja konzumenata, priključenja fotonaponskih elektrana i mreže punionica. Njihovo stanje koje se u najvećem ogleda u samoj starosti transformatora predstavlja i najveći problem za stabilno funkcionisanje mreže. Na slici 4. je data starosna struktura transformatora 35/10 kV.



Slika 4. Starosna struktura transformatora 35/10 kV I 35/6 kV [11]

Sa slike 4. možemo zaključiti da je stanje transformatora po pitanju starosti na dosta zadovoljavjućem nivou jer je najveći broj transformatora mlađi od 10 godina (36,65%), dok je 25,47% transformatora starosti između 10 i 20 godina. Transformatori koji su starijeg datuma će kroz projekat sa Svjetskom bankom biti uskoro zamijenjeni i to 36 transformatora u 27 postrojenja, pa će se starosna struktura značajno promijeniti u korist podmlađivanja srednje starosti. [11] Međutim, pored starosti za ovu priču su mnogo bitnije ostale tehničke karakteristike transformatora (snaga, napon), tj. njegova opterećenost.

Takođe, uz vršno opterećenje i dužina NN izvoda i presjek ekvivalentnog izvoda igraju vrlo važnu ulogu u kvalitetu distributivne mreže, a samim tim i na mogućnost instalacije većeg broja punionica većih snaga za električna vozila. Naponski nivoi 10kV i 0,4kV su mnogo kompleksniji za analizu jer su masovniji u odnosu na 20kV i 35kV. Kada bi prikazali detaljnu analizu sekundarne distributivne mreže, prekoračili bi dozvoljeni obim rada, pa ćemo u ovom poglavlju dati samo neke sažetke naše analize koju ćemo uraditi iz dokumenta Plan razvoja distributivnog sistema električne energije 2027-2030. [11]

Analiza pokazuje da Region 7 (sjevero-zapadni dio CG, Pljevlja, Žabljak i Šavnik) ima najnepovoljnije karakteristike niskonaponske (NN) mreže. Ovaj region odlikuje mala propusna moć mreže i najveća prosječna dužina NN izvoda, što ograničava mogućnost povećanja opterećenja uz očuvanje sigurnog rada i odgovarajućeg kvaliteta napajanja. Postojeće stanje ukazuje na potrebu unapređenja mreže, pri čemu bi izgradnja novih transfostanica X/0,4 kV i njihovo povezivanje sa postojećom NN mrežom doprinijeli skraćenju prosječne dužine izvoda, poboljšanju naponskih prilika i smanjenju tehničkih gubitaka. Slične, mada nešto povoljnije karakteristike uočavaju se i u Regionu 6, (Bijelo Polje, Mojkovac i Kolašin) koji takođe ima dugu NN mrežu i mali ekvivalentni presjek provodnika. U odnosu na ostale regione, jedina izraženija prednost sjevernog dijela Crne Gore jeste niža ostvarena vršna snaga potrošača, što djelimično ublažava ograničenja postojeće mreže. Regioni 1 (Nikšić i Plužine) i 2 (centralni dio CG, Podgorica sa susjednim opštinama), prema analiziranim pokazateljima, zauzimaju srednji položaj između sjevernih i primorskih regiona. Pritom se izdvajaju pojedine specifičnosti: u distributivnim područjima Cetinja i Nikšića prosječna dužina NN izvoda veća je od državnog prosjeka, dok područje Podgorice karakteriše manji ekvivalentni presjek izvoda. Najpovoljnije karakteristike NN mreže imaju primorski regioni, prije svega zahvaljujući kraćim prosječnim dužinama NN izvoda. Istovremeno, u ovim regionima registrovane su najveće vrijednosti prosječne maksimalne snage potrošača, koje dostižu 2,95kW u Regionu 4 (Budva, Bar i Ulcinj) i 2,41kW u Regionu 5 (Kotor, Tivat i Herceg Novi). Njihova mreža je dodatno opterećena izraženim sezonskim oscilacijama potrošnje usljed turističke sezone, što dovodi do većeg broja opterećenih i preopterećenih trafostanica 10/0,4 kV, posebno onih čije opterećenje prelazi 70% instalisane snage. [11]

4 OČEKIVANI UTICAJ E-MOBILNOSTI NA DISTRIBUTIVNU MREŽU CRNE GORE

Kako smo i u ranijim poglavljima pominjali da je upotreba električnih vozila još uvijek na nezavidnom nivou i novijeg vijeka, sami korisnici nijesu još uvijek mogli stvoriti modele punjenja koji su utemeljeni u tehnološkim, ekonomskim i drugim aspektima a da najbolje odgovoraju elektroenergetskom sistemu. Takođe, samim tim ne postoje ni pouzdane statistike koje pokazuju koji su modeli punjenja najzastupljeniji, a koji mogu biti citirani. Smatramo da je trenutno punjenje električnih vozila nasumičnog karaktera bez jasno definisanih kriterijuma, osim kriterijuma da imamo dovoljan nivo baterije za transport od tačke A do tačke B uz stalno postojanje straha da li će to biti dovoljno. Šta više, postojanjem punionica za besplatno punjenje, a znajući karakter našeg naroda koji i dalje prolazi tranzicioni period, vrlo često se vrši i dopunjavanje baterija sa velikim postotkom dotadašnje napunjenosti. Sa druge strane, najočekivaniji period punjenja bi trebao biti u kućnim uslovima gdje se vozilo i najduže nalazi. Evropska statistika pokazuje da se vozilo koristi samo 4% npr. u Engleskoj, od toga da je 73% parkiran kod kuće i 23% negdje drugo, npr na poslu. [14] Ako znamo da je uobičajeno radno vrijeme u periodu 7-15h ili 9-17h, dolazimo do zaključka da će vozilo biti parkirano kući/stanu u poslijepodnevnim i večernjim satima, kada će se obavljati i punjenje, ali i kada je vrijeme

vršnog opterećenja. Zbog toga treba voditi računa o stvaranju organizovanih modela punjenja, ali i integracije V2G modela kao fleksibilnih resursa u distributrivnoj mreži.

Regionalna nerazvijenost predstavlja dodatni problem, jer se koncentracija električnih vozila pa i punjenja istih ne odvija ravnomjerno po cijeloj Crnoj Gori, već iskustvo sa terena pokazuje da imamo veću koncentraciju električnih vozila u centralnom dijelu (najviše Podgorica) i južnoj regiji.

Znajući sve gore rečeno, a i težeći da predstavimo najradikalniji uticaj koji električna vozila u ovom momentu pa sve do 2030. godine mogu imati na distributivnu mrežu, uzećemo u obzir najnepovoljnije parametre punjenja, a to je da se sva vozila pune u isto vrijeme, koeficijent jednovremenosti punjenja 1 i da je prosječna snaga punjača 11kW.

Ono što nam slike 1, 2 i 3 ovog rada pokazuju, kao i dnevni konzum električne energije, a u kontekstu uticaja broja električnih vozila na distributinu mrežu jeste da je uticaj gotovo zanemarljivi, tj. da ukoliko ne uzimamo u obzir mjesnu zastupljenost, trend vremena i lokacije punjenja, lokalno stanje distributivne mreže, teorijski gledano značajnijeg uticaja i nema. Za trenutni broj električnih vozila registrovanih u 2025.godini i u slučaju koeficijenta jednovremenosti punjenja 1 potrebna snaga bi bila 10.45 MW.

Ako sa slike 2 očitamo očekivani broj električnih vozila 2030.g, vidjećemo da i tada stanje uticaja na distributivnu mrežu ne bi trebao da bude značajniji jer je očekivano linearno povećanje broja električnih vozila do 2030.g oko 1600 vozila, što ponovo na makro nivou ne predstavlja značajnije opterećenje na distributivnu mrežu jer je ukupni konzum crnogorskogog tržišta električnom energijom u zavisnosti od godišnjeg doba i doba dana oko 270-600 MW [CGES], dok bi jednovremeno opterećenje punjenja svih 1600 vozila bilo 17.6 MW.

Kod slike 3 gdje je predviđeno eksponencijalno povećanje broja električnih vozila do 2030.godine očekuje se da ćemo imati 4370 električnih vozila, a to dovodi i do potrebe za većom jednovremenom snagom, 48 MW za sve punjače (ukoliko bi punjenje bilo jednovremeno za sva vozila).

Međutim, ova statistika se ne može posmatrati izolovano ili na makro nivou (vrijednosti cijele distributivne mreže), već u odnosu na indikatore koje smo ranije pominjali, od kojih je najznačajnija mjesna neuravnoteženost, tj. nerazvijenost regiona Crne Gore, kao i samog turizma kao najvećeg sezonskog uticajnog faktora. Na mjestima gdje ćemo imati najveće vršno opterećenje distributivne mreže, tu pretpostavljamo da ćemo imati i najveći broj registrovanih električnih vozila.

Takođe, koeficijent jednovremenosti punjenja svih registrovanih vozila nikad nije 1, kao ni snaga punjenja od 11 kW, već će se ona u kućnim uslovima kretati manje, dok će na brzim punjačima biti mnogostruko veća. Iako MUP i MONSTAT ne posjeduju strukturirane podatke o broju električnih vozila za fizička i pravna lica, istraživanje terena pokazuje da dobar dio električnog voznog parka pripada pravnim licima (taksi udruženja, javne institucije), tako da je i punjenje takvih vozila skoncentisano na određene mirko lokacije velikog broja punionica, što dodatno opterećuje trafo reone ili uopšte stvara problem pri inicijalnom priključenju ukoliko je postojeća infrastruktura preopterećena i nema slobodnog kapaciteta u trafostanici.

5 ZAKLJUČAK

E-mobilnost u Crnoj Gori još uvijek pravi pionirske poteze i prolazi kroz otežane društvene tokove u odnosu na zemlje razvijenog svijeta. Stručna javnost, u odsustvu značajnijeg materijala iz prakse i adekvatnih podataka, na nivou teorijskog pristupa istražuje, analizira i stvara pretpostavku u kom smjeru će se kretati e-mobilnost. Zakonska regulativa je relativno skoro upodobljenja mogućem većem razvoju i smanjenju trenutne neuređenosti, a pod uticajem usklađivanja sa Evropskom unijom i naših pristupnih obaveza, a ne kao posledica velikog razvoja tržišta. Sociološki, demografski, ekonomski, tranzicioni i drugi aspekti čine da porast elektrifikacije transporta nije na zavidno očekivanom nivou i da nije ravnomjerno zastupljen u cijeloj Grnoj Gori. Trenutno raspoloživa statistika broja postojećih vozila, kao i matematički modeli linearnog i eksponenacijalnog rasta broja električnih vozila do 2030. godine pokazuju da se ne očekuje značajna pojava ovih vozila na crnogorskim drumovima, pa samim tim ni značajniji uticaj na makro planu distributivne mreže, međutim na mikro nivou (pojedinačnoj trafostanici X/0.4 kV) može dovesti do problema preoterećenja sistema ili nemogućnosti priključivanja punionica većih kapaciteta. Posebno izražena problematika je u južnoj regiji i u periodima turističke sezone i vršnih opterećenja. Ako možemo vidjeti prednost ovako spore elektrifikacije voznog parka jeste da na vrijeme definišemo potrebu za uspostavljanjem punionica na parking mjestima, bezinskim pumpama, značajnim putnim koridorima i potrebnom “rezervacijom” mrežnih kapaciteta, tj. trafostanica.

Pravilan razvoj e-mobilnosti zahtijeva angažovanje širokog kruga učesnika čiji nosioci treba da su predsatvnici institucija (Vlada, prvenstveno resori energetike i saobraćaja) i operatori elektroenergetskog sektora (CEDIS i CGES). Da bi nosioci što preciznije donosili odluke MONSTAT bi trebao da ažurira svoju bazu dodavanjem preciznijeg opisa električnih vozila (EV, PHEV, MHEV, HEV).

LITERATURA

[1] AFIR Direktiva EU, https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj
[2] Zakon o energetici Crne Gore, https://www.sluzbenilist.me/propisi/380090
[3] Strategija razvoja saobraćaja 2019-2035, https://www.gov.me/dokumenta/ab2c6dba-c59c-4610-b33f-2d9841793bb8
[4] Nacionalni energetski i klimatski plan, https://www.gov.me/clanak/nacionalni-energetski-i-klimatski-plan-crne-gore
[5] Zakon o energetici Republike Srbije, https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_energetici.html
[6] Zakon o planiranju i izgradnji Republike Srbije, , https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_planiranju_i_izgradnji.html
[7] Uredba o uslovima i načinu sprovođenja subvencionisane kupovine novih vozila koja imaju isključivo električni pogon , https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-o-uslovima-subvencionisane-kupovine-elektricnih-hibridnih-vozila.html
[8] MONSTAT, https://www.monstat.org/cg/
[9] Forecasting Electric Vehicle Adoption in the USA Using Machine Learning Models, https://www.researchgate.net/publication/387185179_Forecasting_Electric_Vehicle_Adoption_in_the_USA_Using_Machine_Learning_Models
[10] https://press.co.me/2026/05/27/novi-zakon-mijenja-vozni-park-drzave-kupovace-elektricne-i-hibridne-automobile/
[11] Plan razvoja distributivnog sistema električne energije 2027-2036, CEDIS
[12] Vladimir Katić, Amir Tokić, Tatjana Konjić – Kvalitet električne energije, Novi Sad, 2007.
[13] https://bizniscg.me/cedis-novi-rekordi-u-opterecenju-i-potrosnji-distributivnog-sistema/
[14] https://www.racfoundation.org/media-centre/cars-parked-23-hours-a-day