

Izazovi integracije parkiranja i punjenja električnih vozila u centralnom gradskom području³⁹

Vladimir Momčilović, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd,
v.momcilovic@sf.bg.ac.rs

Marko Stokić, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd,
m.stokic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Centralne gradske zone odlikuju se intenzivnim tokovima putničkih i dostavnih vozila, koji usled visoke popunjenosti parking mesta, kako na uličnom frontu tako i u javnim parking garažama, dovode do konkurencije različitih korisnika za ograničen javni prostor. Dodatni pritisak u narednom periodu stvoriće očekivani porast broja električnih vozila (e-vozila), koja zahtevaju obezbeđivanje odgovarajuće infrastrukture za punjenje. Ovaj problem se ne može posmatrati isključivo u domenu energetike i tehnologije, već zahteva integrisano urbanističko i saobraćajno planiranje, upravljanje parkiranjem i gradskom logistikom, kao i usklađivanje sa mogućnostima elektroenergetske mreže. Cilj rada je da se identifikuju ključni izazovi integracije parkiranja i punjenja e-vozila u centralnim gradskim područjima i predloži upravljački postupak za njihovo prevazilaženje. Predloženi postupak obuhvata definisanje ciljeva i nadležnosti, formiranje objedinjene baze podataka, višekriterijumski izbor lokacija, dimenzionisanje broja i snage punjača, definisanje režima korišćenja i tarifne politike, informacionu integraciju, pilot-primenu i adaptivno upravljanje. Na taj način razvoj infrastrukture za punjenje može se uskladiti sa politikom parkiranja, potrebama urbane logistike, raspoloživim energetske kapacitetima i ciljevima plana održive urbane mobilnosti.

Ključne reči: e-vozilo, punjač, parkiranje, održiva urbana mobilnost

1 UVOD

S obzirom da je prostor u centralnim gradskim zonama deficitaran i samim tim vrlo skup, a da ulično i vanulično parkiranje već zauzimaju značajne površine, ne može se izdvojiti dodatni prostor isključivo namenjen snabdevanju pogonskom energijom električnih vozila (e-vozila). Aktuelni trend rastuće elektrifikacije voznog parka putničkih (PA) i lakih komercijalnih tj. dostavnih (LKV) vozila (Tabela), čija ekspanzija se očekuje i u gradovima Srbije, definitivno će zahtevati dostupniju i rasprostranjeniju infrastrukturu javnih punjača, posebno u centralnim gradskim zonama, čiji ograničeni kapaciteti za parkiranje su tokom većeg dela dana popunjeni. Sa druge strane, učešće snabdevanja i dostave, koje neprekidno raste od početka pandemije COVID-19, nije ispraćeno dovoljno dobrim upravljačkim merama u našim lokalnim samoupravama, usled nedostatka: realnog sagledavanja dimenzija ovog problema, (dobrog) planiranja, (ne)adekvatnog regulisanja i sankcionisanja nepropisnog ponašanja i nedovoljnog kapaciteta. Vozila za snabdevanje i dostavu se zbog toga svakodnevno bore za prostor, pa nije redak slučaj da u nedostatku

³⁹ CC-BY licenca

legalnog prostora za zaustavljanje, parkiranje i istovar koriste sav raspoloživi prostor, uključujući trotoare, proširenja, niše za javni prevoz (JP), ali i saobraćajne trake rezervisane za JP ili za dinamički saobraćaj, gde „samo na kratko“ blokiraju parkirana ili vozila u pokretu.

Tabela 1: Struktura voznog parka putničkih vozila (PA) i lakih komercijalnih vozila (LKV) po pogonu u R. Srbiji (2020-2025. godine)

Vozilo Pogon	2020.	2021.	2022.	2023.	2024.	2025.
PADizel	1.124.444	1.218.088	1.274.683	1.321.178	1.376.605	1.428.104
PABenzin	794.242	836.724	844.269	855.220	879.454	912.202
PATNG	219.417	216.443	194.366	176.231	166.445	157.180
PAKPG	5.944	7.747	10.485	13.881	16.810	19.150
PAMešavina	560	314	200	291	220	114
PAHibridna	3.163	7.562	12.839	21.493	34.654	52.407
PAElektrična	149	355	747	1.556	2.654	4.607
LKVDizel	152.711	166.280	173.992	181.071	190.575	200.215
LKVBenzin	10.859	11.556	11.449	11.456	12.404	12.601
LKVTNG	10.899	11.055	10.754	10.347	10.410	10.007
LKVKPG	1.143	1.562	2.046	2.744	3.392	3.846
LKVMešavina	1	0	0	1	0	0
LKVHibridna	4	7	29	60	312	505
LKVElektrična	13	92	155	331	677	969

Opravdano se u stručnoj i široj javnosti postavlja pitanje: da li je (samo) elektrifikacija voznog parka rešenje ekoloških problema u centralnim gradskim područjima, jer ukoliko se individualna putnička i dostavna vozila sa pogonom na konvencionalna goriva zamene e-vozilima i dalje će usled saobraćajnih zagušenja kvalitet života stanara, posetilaca i zaposlenih biti niži, zbog čega je i došlo do popularizacije i uvođenja koncepta održive urbane mobilnosti u centralnim gradskim zonama.

U domaćem kontekstu, Beograd predstavlja relevantan ilustrativni primer za razmatranje predmetnog problema. Plan održive urbane mobilnosti Beograda (POUM), usvojen 2020. godine, kao jedan od osnovnih ciljeva postavlja promenu hijerarhije mobilnosti, pri kojoj prioritet dobijaju pešačenje, biciklizam i javni prevoz, dok se rast korišćenja individualnog automobila nastoji ograničiti **Error! Reference source not found..** Istovremeno, razvoj elektromobilnosti prepoznat je i kroz dostupnost informacija o e-vozilima i javnim punjačima na zvaničnim gradskim servisima **Error! Reference source not found..** Ovakav planski okvir dobro ilustruje osnovnu dilemu razmatranu u radu: razvoj infrastrukture za punjenje treba da omogući elektrifikaciju voznog parka, ali bez stvaranja dodatnog podsticaja za povećanje saobraćaja individualnih putničkih vozila i zauzimanje ograničenog javnog prostora u centralnim gradskim zonama.

Višedimenzionalnost problema koji se obrađuje u ovom radu je to što postavljanje javnog punjača na parking mestu (PM) ili mestu za snabdevanje / dostavnom mestu u centralnom gradskom području dovodi do prostorno-vremenskog konflikta saobraćajne

površine, energetskeg punkta (tj. stanice za snabdevanje energijom) i ograničenog (i skupog) urbanog resursa.

U skladu sa postavljenim ciljem, u radu se najpre identifikuju ključni izazovi integracije parkiranja i punjenja e-vozila u centralnim gradskim područjima, nakon čega se predlaže procedura planiranja, implementacije i kontinuiranog prilagođavanja ovako integrisanog sistema. Rad je zasnovan na analizi relevantnog regulatornog i planskog okvira, zvaničnih statističkih podataka i naučne literature iz oblasti infrastrukture za punjenje e-vozila, upravljanja parkiranjem i održive urbane mobilnosti. Na osnovu razmatranih izvora i specifičnosti centralnih gradskih zona identifikovani su ključni prostorni, saobraćajni, energetske, ekonomski, informacioni i institucionalni izazovi i ograničenja. Njihovom sistematizacijom razvijen je koncept procedure upravljanja od definisanja ciljeva i nadležnosti, preko formiranja baze podataka, primene metoda višekriterijumskog izbora lokacija, dimenzionisanja infrastrukture, definisanja režima korišćenja i tarifnog sistema, do informacione integracije, uz primenu na nivou pilot projekta, sa praćenjem performansi i adaptivnim upravljanjem.

2 KLJUČNI IZAZOVI ZA USPOSTAVLJANJE INTEGRISANOG SISTEMA PARKIRANJA I PUNJENJA

U ovom poglavlju analiziraju se ključni izazovi specifičnih režima parkiranja i punjenja e-vozila u zonama sa visokom tražnjom za PM. Centralne gradske zone se, po pitanju zahteva, za razliku od perifernih i obodnih zona, tržnih centara i drugih dislociranih zona visoke atraktivnosti, servisnih stanica i odmorišta na autoputevima, odlikuju:

1. ograničenim brojem (legalnih) PM;
2. velikom potražnjom stanara, zaposlenih i posetilaca zone;
3. visokim učešćem kratkotrajnih zaustavljanja;
4. konfliktima dostave sa pešačkim, biciklističkim tokovima i javnim prevozom;
5. teškoćama u obezbeđivanju dovoljne snage priključaka za veći broj punjača, posebno za laka i srednja komercijalna vozila i
6. potrebom (ili obavezom?) da se izbegne stimulisanje većeg broja ulazaka putničkih (uključujući e-) vozila u centar grada.

U osnovi, pojavljuje se jedan značajan konflikt integracije ovih komplementarnih funkcija: dok klasično PM funkcioniše po logici (vremenski ograničenog) zauzeća prostora, PM sa punjačem ima i dodatnu dimenziju: vreme (i cenu) punjenja. Međutim, nakon završetka punjenja e-vozilo može još neko vreme da nastavi sa zauzećem punjača, čime se smanjuje efektivni kapacitet ove stanice za snabdevanje pogonskom energijom - SSPE (kao pandan stanicama za snabdevanje gorivom - SSG). Posebna pažnja posvećuje se prostorno-vremenskim ograničenjima parkiranja i punjenja, mogućnostima rezervacije mesta za punjenje, tarifnoj politici i integraciji infrastrukture punjača sa primenjenim merama upravljanja parkiranjem. Na osnovu regulatornog i planskog okvira, relevantne naučne literature i specifičnih uslova funkcionisanja centralnih gradskih zona, identifikovani problemi grupisani su prema njihovoj dominantnoj prostornoj, saobraćajnoj, energetske, ekonomskoj, informacionoj i institucionalnoj dimenziji. Pri tome su kao posebni izazovi izdvojena i pitanja upravljanja različitim kategorijama korisnika i usklađenosti razvoja infrastrukture sa ciljevima POUM (Tabela). Na toj osnovi definisano je devet ključnih izazova integracije parkiranja i punjenja e-vozila:

1. Izbor lokacija i konkurencija za ograničen javni prostor - Centralna gradska područja karakteriše visoka vrednost i intenzivno korišćenje javnog prostora, zbog čega postavljanje punjača nije moguće posmatrati nezavisno od drugih funkcija uličnog profila. PM namenjeno punjenju e-vozila istovremeno prestaje da bude raspoloživo drugim potencijalnim korisnicima, dok punjač dodatno zauzima trotoar ili drugu javnu površinu. Na istoj lokaciji za prostor konkurišu parkiranje stanara i posetilaca, dostava, javni prevoz, pešački i biciklistički tokovi, taksi vozila i drugi korisnici. Zbog toga, izbor lokacija zahteva istovremeno razmatranje većeg broja kriterijuma i primenu metoda višekriterijumskog odlučivanja [5].

Tabela 2: Ključni izazovi, posledice i predložene mere

Izazov	Posledice	Predložene mere
Izbor lokacija i konkurencija za javni prostor	Smanjenje raspoloživih PM; konflikti sa dostavom, JP, pešacima i biciklistima.	Višekriterijumski izbor lokacija; prioritet garažama i vanuličnim parkiralištima; selektivno punjenje na ulici.
Broj i snaga punjača u odnosu na vreme zadržavanja	Nedovoljna iskorišćenost; nedovoljno punjenje; nepotrebno opterećenje energetske mreže i visoki troškovi.	Dimenzionisanje prema tražnji i vremenu zadržavanja; različite snage prema nameni lokacije; fazno povećanje kapaciteta.
Nepropisno zauzimanje i zadržavanje nakon punjenja	Smanjenje kapaciteta i izmene (obrta); nedostupnost punjača drugim korisnicima.	Jasna namena i signalizacija; kontrola i sankcionisanje; tolerisano vreme i naknada za ostanak nakon punjenja.
Usklađivanje individualnog i dostavnog saobraćaja	Konflikt za prostor; nedostatak U/I mesta; nepropisno zaustavljanje i ometanje dinamičkog saobraćaja	Povezivanje punjenja sa gradskom logistikom; depoi i mikro-habovi; dinamička (vremenski) namena površina.
Tarifna politika	Dugo zauzeće PM; niska izmena (obrta); finansijska neodrživost; podsticaj korišćenja automobila.	Objedinjena naplata parkiranja i punjenja; naknada nakon punjenja; diferencirane tarife; ograničenje besplatnog parkiranja.
Informacije i interoperabilnost	Dolazak do zauzetog/neispravnog punjača; dodatno traženje PM; fragmentirane usluge.	Jedinstveni podaci o PM i punjaču u realnom vremenu; integracija naplate, rezervacije i kontrole; interoperabilne i interaktivne platforme.
Elektroenergetska ograničenja	Nedovoljna snaga priključka; skupe rekonstrukcije; duže vreme realizacije.	Analiza mreže; pametno upravljanje angažovanom snagom; prethodno kabliranje; fazna realizacija.
Podela nadležnosti	Spore procedure; neusaglašene tarife i sistemi; nejasna odgovornost.	Jasna podela nadležnosti; koordinacija grada, operatora javnih parkirališta i obezbeđenja energije; zajednički standardi i razmena podataka.
Usklađenost sa POUM-om i upravljanjem tražnjom	Veća atraktivnost dolaska automobilom; dodatno opterećenje i zagušenje centra; konflikt sa JP, pešacima i biciklima.	Punjače planirati u cilju upravljanja tražnjom; uskladiti lokacije, kapacitet i tarife sa POUM; pratiti efekte sistema.

2. Usklađivanje broja i snage punjača sa vremenom zadržavanja - Trajanje parkiranja i potrebno vreme punjenja e-vozila se najčešće ne podudaraju. Vozilo može da završi punjenje znatno pre isteka dozvoljenog / planiranog trajanja parkiranja i nastavi da zauzima PM, dok u suprotnom raspoloživo vreme zadržavanja može da bude nedovoljno da se pri raspoloživoj snazi punjača obezbedi potrebna količina energije. Broj i snagu punjača zato nije opravdano određivati samo prema broju e-vozila, već ih treba povezati sa motivom pakiranja, strukturom korisnika, karakterom tražnje, karakterističnim vremenom zadržavanja / trajanjem parkiranja i stvarnom iskorišćenošću infrastrukture [6,7].

3. Nepropisno zauzimanje PM i zadržavanje nakon punjenja - Jedan od najvidljivijih problema predstavlja zauzimanje PM sa punjačem konvencionalnim vozilom. Sličan problem nastaje kada električno vozilo zauzme ovakvo PM, a ne koristi uslugu punjenja ili ostane i nakon što napuni bateriju. U ovim slučajevima punjač formalno postoji, ali nije dostupan korisniku kome je potreban.

4. Usklađivanje individualnog i dostavnog saobraćaja - Dostavna vozila imaju drugačije zahteve od individualnih putničkih vozila. Njihovo prostorno-vremensko pojavljivanje na ovom PM zavisi od ostvarenja prethodno planiranih vremenskih intervala,

relativno ograničenog pristupa objektu i raspoloživosti prostora za utovar i istovar. Elektrifikacija dostavnih vozila uvodi dodatni zahtev za punjenjem, ali mesto za dostavu i PM za punjenje ne moraju da budu funkcionalno povezana. Dostavna zona sa punjačem može da bude opravdana kada se energija dopunjava tokom utovara ili istovara, pod uslovom da vrsta, snaga i trajanje punjenja odgovaraju dostavnom vozilu. Međutim, ako klasična zona dostave postane mesto za punjenje ograničiće ionako malu raspoloživost ovih zona u neposrednoj blizini poslovnih objekata i izazvati ometanje dinamičkog saobraćaja.

5. Tarifna politika - cena korišćenja PM sa punjačem treba da obuhvati najmanje dve usluge: zauzeće PM i isporučenu električnu energiju. U pojedinim slučajevima potrebno je dodati naknadu za rezervaciju i (destimulativnu) naknadu za korišćenje PM po završenom punjenju. Besplatno parkiranje e-vozila u centralnim zonama, iako kratkoročno podstiče nabavku ekoloških sredstava, uglavnom je kontraproduktivno, jer podstiče duže trajanje parkiranja na vrednim PM i smanjuje izmenu (obrt). Tarifna politika istovremeno podržava racionalno korišćenje PM, kao i transparentno i nediskriminatorno korišćenje javnih punjača, u skladu sa principima evropskog regulatornog okvira [3].

6. Informacije i interoperabilnost - Korisniku pre polaska (dolaska) treba omogućiti pristup podacima o lokaciji punjača, radnom vremenu, dozvoljenim kategorijama vozila, vrsti i snazi priključka, jediničnoj ceni, dostupnosti, preostalom trajanju punjenja (u slučaju zauzeća) i ispravnosti. Bez ovih podataka, interaktivna mapa sa postojećim punjačima može da dovede korisnika u zabludu ako je PM zauzeto ili neispravno. Podaci o parkiranju i punjenju zato treba da budu objedinjeni: informacija da je punjač „slobodan“ je potreban ali ne i dovoljan uslov ako je PM „zauzeto“, kao što informacija da je PM „slobodno“ nije dovoljna ako je punjač „zauzet“ ili „neispravan“. Informacioni sistem povezuje podatke o zauzeću, statusu punjača, rezervaciji, naplati i kontroli, uz obezbeđivanje dostupnosti i interoperabilnosti relevantnih podataka [3].

7. Ograničenja elektroenergetske mreže - Broj punjača ne može se određivati nezavisno od raspoloživog kapaciteta energetske mreže. Istovremeni zahtevi za punjenjem većeg broja vozila punjačima velike snage može da zahteva rekonstrukciju priključka, trafostanice ili unutrašnjih instalacija objekta. Ovi radovi povećavaju troškove i mogu da produže rok za uspostavljanje punjača.

8. Podela nadležnosti - Upravljanje parkiranjem najčešće je u nadležnosti grada ili operatora na javnim parkiralištima, dok priključenje punjača zavisi od elektromreže, elektroprivrede ili elektrodistribucije. Za odobravanje postavljanja punjača može da bude nadležan upravljač puta, gradske i urbanističke službe, zavod za zaštitu spomenika kulture i sami vlasnici objekata. Samu uslugu punjenja može da pruža privatni operator, dok naplata i mobilna aplikacija mogu da budu i kod trećeg lica. Ovakva podela nadležnosti može da dovede do dužih procedura, neusaglašenih tarifa i sistema u kojima korisnik „odvojeno“ plaća parkiranje i punjenje, pa čak i koristi različite aplikacije i obraća se različitim službama u slučaju problema.

9. Usklađenost sa POUM i upravljanje tražnjom - Mreža infrastrukture za punjenje e-vozila u atraktivnim gradskim područjima mora da bude usklađena sa ciljevima POUM. Iako zamena vozila sa konvencionalnim SUS motorima e-vozilima doprinosi smanjenju lokalnih emisija štetnih gasova, ne rešava problem zauzeća javnog prostora, saobraćajnih zagušenja i „konkurencije“ javnom prevozu, pešačenju i biciklizmu. Poseban izazov je ako

dostupnost punjača, besplatno ili povlašćeno parkiranje, kao i drugi podsticaji koji povećavaju atraktivnost dolaska individualnim PA u centralnu zonu. Zbog toga, razvoj infrastrukture za punjenje treba da bude sastavni deo politike upravljanja tražnjom i usklađen sa hijerarhijom vidova kretanja i ciljevima POUM [1].

3 PREDLOG PROCEDURE USPOSTAVLJANJA INTEGRISANOG SISTEMA PARKIRANJA I PUNJENJA

Identifikovani izazovi ukazuju da planiranje i upravljanje infrastrukturom za punjenje e-vozila u centralnim gradskim zonama ne može da bude zasnovano na međusobno nezavisnim merama. Odluka o lokaciji, broju i snazi punjača neposredno utiče na trajanje parkiranja, dostupnost PM, na energetske zahteve, dok režim korišćenja i tarifna politika utiču na izmenu (obrt) parkiranja i ukupnu tražnju. Zbog toga se predlaže metoda višekriterijumskog odlučivanja u kojoj se pitanja rešavaju sukcesivno, uz stalnu međusobnu koordinaciju.

Prvi korak predstavlja definisanje ciljeva sistema i podelu nadležnosti. Pre izbora lokacija potrebno je utvrditi kojim kategorijama korisnika je infrastruktura prvenstveno namenjena, tj. u kojoj meri se zadovoljavaju potrebe stanara, posetilaca, zaposlenih ili dostavnih vozila. Istovremeno, proverava se usklađenost planirane infrastrukture sa ciljevima POUM, posebno sa politikom ograničavanja saobraćaja individualnih PA i davanja prioriteta aktivnim i održivim vidovima kretanja. U ovoj fazi se definišu uloge lokalne samouprave, operatora: javnih parkirališta, punjača i električne energije, da se izbegnu preklapanja ili odbijanje odgovornosti.

Drugi korak je formiranje objedinjene baze podataka na osnovu koje se utvrđuje tražnja, ponuda i ograničenja sistema. Potrebno je objединiti podatke o obimu, trajanju i izmenama (obrtu) parkiranja, strukturi korisnika, broju i snazi punjača i njihovoj iskorišćenosti, prostornoj raspodeli e-vozila, zahtevima dostave, atraktorima i generatorima putovanja. Ove podatke treba povezati sa informacijama o pešačkim, biciklističkim i tokovima javnog prevoza, poželjno u jedinstvenoj interaktivnoj prostornoj bazi podataka.

Na osnovu prikupljenih podataka sledi izbor potencijalnih lokacija primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja. Pri rangiranju lokacija potrebno je istovremeno razmatrati tražnju za parkiranjem i punjenjem, popunjenost i izmenu (obrt) parkiranja, vreme zadržavanja, udaljenost atraktora / generatora putovanja, potrebe stanara, zaposlenih, posetilaca i dostave, mogućnost nadzora i naplate, tarifne opcije, raspoloživu snagu priključaka, investicione troškove, mogućnost proširenja i uticaj na tokove korisnika javnog prevoza, pešaka i biciklista. Na taj način, izdvajaju se prioritete, uslovno prihvatljive i nepovoljne lokacije. Prednost, po pravilu, treba dati garažama i vanuličnim parkiralištima, dok ulično punjenje treba uvoditi postepeno i selektivno.

Za odabrane lokacije zatim je potrebno izvršiti dimenzionisanje broja i snage punjača. Ono treba da se zasniva na očekivanoj tražnji za energijom, strukturi korisnika i karakterističnom vremenu zadržavanja. Lokacije sa višesatnim parkiranjem pogodnije su za veći broj priključaka manje ili srednje snage, dok je veća snaga opravdana tamo gde je vreme zadržavanja kratko i zahteva se veća izmena (obrt) parkiranja. Posebno treba proveriti raspoloživi kapacitet elektroenergetske mreže i mogućnost dinamičkog upravljanja snagom priključka. Preporučuje se fazni razvoj, pri čemu instalacije treba da

budu pripremljene za eventualna proširenja, ali se dodatni punjači ugrađuju tek kada tražnja opravda povećanje ponuđenog kapaciteta.

Naredni korak je definisanje prostorno-vremenskog režima korišćenja. Za svaku lokaciju potrebno je odrediti koje kategorije vozila imaju pravo (i prioritet) korišćenja, da li je zauzimanje mesta dozvoljeno isključivo tokom aktivnog punjenja, maksimalno vreme zadržavanja, mogućnost rezervacije i tolerisani period nakon završetka punjenja. Na lokacijama sa konkurentnim zahtevima moguće je primeniti promenljivu namenu površina, tako da isto mesto u određenim vremenskim periodima služi dostavi, a u drugim parkiranju i punjenju. Time se povećava iskorišćenost ograničenog javnog prostora bez njegovog trajnog rezervisanja isključivo za jednu funkciju.

Sa definisanim režimom korišćenja neposredno je povezana tarifna politika. Cena usluge treba da obuhvati cenu parkiranja i isporučene električne energije, kao i naknadu („penale“) za zadržavanje nakon završetka punjenja. U slučaju rezervacije može se predvideti i naknada za rezervaciju ili penali za nepojavljivanje. Tarife je potrebno diferencirati prema zoni, vremenskom periodu i kategoriji korisnika. Na taj način, tarifa postaje instrument upravljanja tražnjom i izmenom (obrtom) parkiranja, a ne samo sistem za naplatu angažovane električne energije.

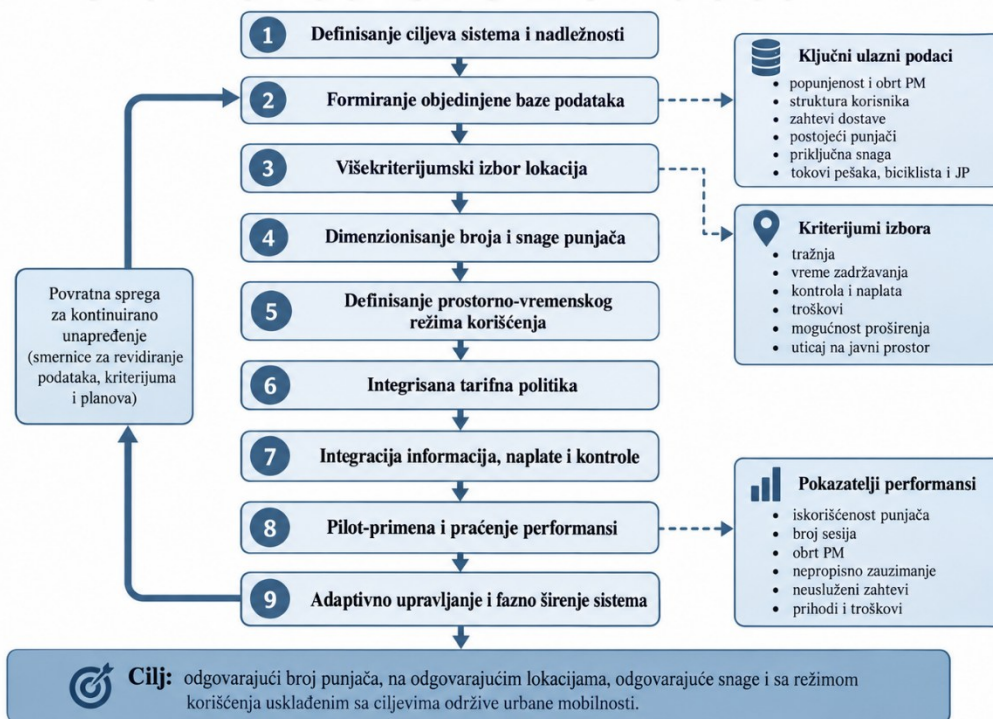
Za efikasno sprovođenje definisanih režima neophodna je integracija informacionih sistema, naplate i kontrole. Podaci o zauzetosti PM, dinamičkom statusu punjača, početku i (procenjenom) završetku punjenja, rezervacijama i naplati treba da budu međusobno povezani i dostupni u realnom vremenu. Takav sistem omogućava prepoznavanje nepropisnog zauzimanja PM konvencionalnim vozilom, parkiranje e-vozila bez punjenja i zadržavanje nakon završene sesije punjenja. Istovremeno, korisniku se pruža pouzdana informacija o stvarnoj, a ne samo tehničkoj raspoloživosti punjača.

Pre šire implementacije predloženi sistem treba proveriti kroz pilot projekat na reprezentativnim lokacijama. Tokom probnog (pilot) perioda potrebno je pratiti iskorišćenost punjača, broj sesija po priključku, popunjenost i izmenu (obrt) parkiranja, trajanje parkiranja i punjenja, broj nepropisnih zauzimanja, količinu isporučene energije, broj neopsluženih ili nekompletnih zahteva, sa razlozima, kao i prihode i troškove. Na taj način, moguće je proveriti da li su usvojeni kapacitet, režim korišćenja i tarifa odgovarajući.

Poslednji korak je adaptivno upravljanje i fazno proširenje sistema. Na osnovu pokazatelja iz prethodnog perioda mogu se menjati broj i snaga punjača, režim korišćenja, tarifna politika, opcije naplate ili načini kontrole. Visoka iskorišćenost i česti neopsluženi zahtevi mogu da signaliziraju potrebu za proširenjem kapaciteta, dok mala iskorišćenost ukazuje da povećanje broja punjača nije opravdano. Ukoliko se utvrdi da određena lokacija podstiče dodatne ulaske individualnih vozila ili ugrožava druge funkcije javnog prostora, potrebno je preispitati njen režim ili lokaciju.

Na ovaj način, uspostavlja se proces meritornog odlučivanja od definisanja ciljeva i prikupljanja podataka, preko višekriterijumskog izbora lokacija, dimenzionisanja kapaciteta, definisanja režima i tarifa, do praćenja i eventualnog prilagođavanja sistema. Cilj takvog pristupa nije maksimalan broj punjača u centralnom gradskom području, već odgovarajući broj punjača odgovarajuće snage, na odgovarajućim lokacijama i sa režimom korišćenja koji istovremeno obezbeđuje kvalitet usluge i podržava ciljeve POUM.

Šema postupka za uspostavljanje integrisanog sistema parkiranja i punjenja e-vozila



4 ZAKLJUČAK

Integracija parkiranja i punjenja e-vozila u centralnim gradskim područjima predstavlja složen upravljački problem u kome se istovremeno prepliću zahtevi za korišćenjem ograničenog javnog prostora, potrebe različitih kategorija korisnika, mogućnosti elektroenergetske mreže, ekonomska opravdanost ulaganja i ciljevi održive urbane mobilnosti. Analizom su izdvojeni ključni izazovi koji se odnose na izbor lokacija, usklađivanje broja i snage punjača sa vremenom zadržavanja, kontrolu korišćenja PM, odnos individualnog i dostavnog saobraćaja, tarifnu politiku, interoperabilnost, elektroenergetska ograničenja, podelu nadležnosti i usklađenost sa politikom upravljanja saobraćajnom tražnjom.

Za njihovo prevazilaženje predložen je koncept procedure upravljanja koji polazi od definisanja ciljeva i odgovornosti, preko formiranja objedinjene baze podataka i višekriterijumskog izbora lokacija, do dimenzionisanja infrastrukture, definisanja prostorno-vremenskih režima i tarifa i integracije informacija, naplate i kontrole. Poseban značaj imaju pilot projekti, praćenje pokazatelja performansi i adaptivno upravljanje, jer omogućavaju da se kapacitet, režimi i tarife naknadno prilagođavaju stvarnoj tražnji. Cilj ovakvog pristupa nije maksimiziranje broja punjača, već obezbeđivanje odgovarajućeg broja priključaka odgovarajuće snage na odgovarajućim lokacijama, uz racionalno korišćenje javnog prostora i podršku ciljevima održive urbane mobilnosti.

Ograničenje rada predstavlja činjenica da je predloženi postupak razvijen na konceptualnom nivou i nije empirijski proveren na konkretnom centralnom gradskom području. Buduća istraživanja zato treba usmeriti ka njegovoj primeni na prostoru studije

slučaja. Posebno je potrebno razviti i testirati višekriterijumski model za rangiranje lokacija, utvrditi relativni značaj pojedinih kriterijuma, kvantifikovati odnos tražnje, vremena zadržavanja i potrebnog kapaciteta punjača i ispitati uticaj različitih tarifnih i prostorno-vremenskih režima na ponašanje korisnika. Pilot projekat bi omogućio i određivanje praktičnih pragova iskorišćenosti pri kojima je opravdano proširenje kapaciteta, kao i procenu energetske, saobraćajne i finansijske efekte predloženog sistema.

LITERATURA

- [1] Sekretarijat za saobraćaj Grada Beograda (2020) Plan održive urbane mobilnosti, Beograd. (pristupljeno: 02.08.2026. godine)
- [2] Grad Beograd (2026) „Saobraćaj, javni prevoz i parking”, deo o e-vozilima i e-punjačima. (pristupljeno: 02.08.2026. godine)
- [3] European Parliament and Council (2023) Regulation (EU) 2023/1804 on the deployment of alternative fuels infrastructure (AFIR), Official Journal of the European Union.
- [4] Republički zavod za statistiku (2026) Registrovana vozila, baza podataka; Registrovana drumska motorna i priključna vozila i saobraćajne nezgode na putevima, 2025. (pristupljeno: 30.08.2026. godine)
- [5] Janjić, A., Velimirović, L., Velimirović, J., Vranić, P. (2021) Estimating the optimal number and locations of electric vehicle charging stations: the application of multi-criteria p-median methodology. *Transportation Planning and Technology*, 44(8), 827-842. doi:10.1080/03081060.2021.1992177
- [6] Babić, J., Carvalho, A., Ketter, W., Podobnik, V. (2022) A data-driven approach to managing electric vehicle charging infrastructure in parking lots. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 105, 103198. doi:10.1016/j.trd.2022.103198
- [7] Borlaug, B., Yang, F., Pritchard, E., Wood, E., Gonder, J. (2023) Public electric vehicle charging station utilization in the United States. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 114, 103564. doi:10.1016/j.trd.2022.103564

SUMMARY

Challenges in Integrating Electric Vehicle Parking and Charging in Central Urban Areas

Abstract: Central urban areas are characterised by intensive passenger and delivery vehicle flows, that due to high occupancy of parking spaces, both on-street and in parking garages, lead to competition among different users for a limited public space. Additional pressure will be shaped by expected (desirable) increase in the number of electric vehicles (e-vehicles) in the coming period, which require the provision of charging infrastructure at appropriate locations. This issue cannot be considered exclusively in the domain of energy policy or technology, but rather as a complex matter of urban and fiscal planning, as well as dynamic and stationary traffic management. It is therefore necessary to consider and address these challenges in a timely manner, in order to prevent local authorities from facing quality of life deterioration in attractive central urban areas. The objective of this paper is to propose measures for overcoming current challenges and to highlight the need for an integrated approach to urban and transport planning, as well as to improving energy, environmental and financial sustainability and ensuring consistent implementation of sustainable urban mobility plans. A rational charger network, supported by parking and delivery policies, charging and demand management measures, could contribute to reducing greenhouse gas emissions and attaining other objectives.

Key words: e-vehicle, charger, parking, sustainable urban mobility