

DOI: [10.46793/CIGRE37.C1.01](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C1.01)

C1.01

ANALIZA UTICAJA PROZJUMERA KROZ PRIZMU 4D ENERGETSKE TRANZICIJE**ANALYSIS OF THE IMPACT OF PROSUMERS THROUGH THE LENS OF 4D ENERGY TRANSITION****Jelena Stojković Terzić, Dunja Grujić, Jelisaveta Krstivojević***

Kratak sadržaj: Energetska tranzicija na globalnom nivou ističe potrebu za povećanjem učešća obnovljivih izvora energije i decentralizacijom elektroenergetskog sistema kako bi se poboljšala energetska sigurnost i smanjila zavisnost od fosilnih goriva. U tom kontekstu, koncept prozjumeri (kupaca-proizvođača) dobija sve veći značaj, jer omogućava krajnjim korisnicima da istovremeno proizvode i troše električnu energiju, smanjujući zavisnost od centralizovanih energetske struktura. Ovaj rad ističe prednosti i efekte prozjumeri kroz prizmu 4D energetske tranzicije, koja obuhvata diversifikaciju izvora energije, decentralizaciju proizvodnje, demokratizaciju pristupa energiji i dekarbonizaciju putem obnovljivih izvora. Razmatra se na koji način prozjumeri mogu doprineti smanjenju energetske zavisnosti Srbije kroz povećanje domaće proizvodnje energije. Takođe, poseban fokus je stavljen na potencijalne društvene i ekonomske koristi, uključujući smanjenje eksternih troškova povezanih sa zagađenjem i javnim zdravljem. Takođe, ovaj rad analizira potencijalne uticaje prozjumeri na elektroenergetski sistem i druge učesnike na tržištu električne energije, uključujući njihov uticaj na opterećenje mreže, gubitke u prenosnom i distributivnom sistemu, finansijske efekte na operatore distributivnog sistema i snabdevače, kao i potencijalne promene u ceni električne energije za krajnje korisnike. Na kraju, rad naglašava značaj unapređenja položaja prozjumeri u Srbiji kako bi se maksimalno iskoristile njihove koristi za energetske sektor i društvo.

Ključne reči: *prozjumeri, energetska tranzicija, dekarbonizacija, eksterni troškovi, ekonomija*

Abstract: The global energy transition underscores the need to increase the share of renewable energy sources and decentralize the power system to enhance energy security and reduce dependence on fossil fuels. In this context, the concept of prosumers is gaining increasing importance, as it allows end-users to generate and consume electricity, reducing reliance on centralized energy structures. This paper highlights the advantages and impacts of prosumers through the lens of the 4D energy transition, which includes the diversification of energy sources, decentralization of production, democratization of energy access, and decarbonization through renewable sources. It examines how prosumers can contribute to reducing Serbia's energy dependence by increasing domestic energy production.

* Jelena Stojković Terzić, Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, jstojkovic@etf.rs

Dunja Grujić, Flaner d.o.o., Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, dunjagrujic@gmail.com

Jelisaveta Krstivojević, Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, j.krstivojevic@etf.rs

Special attention is given to the potential social and economic benefits, including the reduction of external costs related to pollution and public health. Additionally, the paper analyzes the potential impacts of prosumers on the power system and other electricity market participants, including their influence on grid load, transmission and distribution losses, financial effects on distribution system operators and suppliers, as well as the potential influence on electricity prices for other end-users. Finally, the paper emphasizes the importance of improving the position of prosumers in Serbia to maximize their benefits for the energy sector and society as a whole.

Key words: *prosumers, energy transition, decarbonization, external costs, economy*

1 UVOD

Savremena energetska tranzicija predstavlja jedan od najvažnijih izazova današnjice, kako na globalnom, tako i na nacionalnom nivou. Ova tranzicija podrazumeva temeljne promene u načinu proizvodnje, distribucije i potrošnje električne energije, sa ciljem povećanja učešća obnovljivih izvora energije (OIE), smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte i povećanja energetske efikasnosti. U središtu ovog procesa nalazi se prelazak sa tradicionalnog, centralizovanog modela proizvodnje električne energije, koji se oslanja na manji broj velikih proizvodnih postrojenja, ka savremenom, decentralizovanom modelu. U tom novom modelu sve veću ulogu imaju mali, distribuirani izvori energije, koji se najčešće nalaze u neposrednoj blizini potrošnje i često su u vlasništvu samih krajnjih korisnika. Upravo u tom kontekstu dobija na značaju pojam prozjumer, krajnjeg korisnika koji, pored toga što troši električnu energiju, postaje i njen proizvođač. Na taj način, prozjumer prelazi iz uloge pasivnog potrošača u aktivnog učesnika energetskog sistema.

U Srbiji je važan iskorak u ovom pravcu napravljen usvajanjem Zakona o korišćenju obnovljivih izvora energije [1] u aprilu 2021. godine. Ovaj zakon je prvi put uveo pojam "kupca-proizvođača", omogućivši krajnjim kupcima da instaliraju sopstvene proizvodne jedinice za električnu energiju iz OIE, dok višak proizvodnje mogu predati u elektroenergetski sistem. Ova zakonska promena stvorila je osnovu za razvoj prozjumer u Srbiji i otvorila vrata većem uključivanju građana i industrije u proces energetske tranzicije. Iako zakonska regulativa za prozjumere omogućava korišćenje različitih tipova OIE, u praksi su u Srbiji trenutno prisutni isključivo fotonaponski sistemi. Ova dominacija fotonaponskih sistema rezultat je njihove ekonomske isplativosti i jednostavne instalacije, posebno na krovovima stambenih objekata. Cena solarnih panela je u poslednjoj deceniji opala za čak 90%, a očekuje se da će se ovaj trend nastaviti kako tehnologija bude napredovala.

Strateški pravac razvoja OIE u Srbiji dodatno je osnažen kroz dva ključna dokumenta: Integrisani nacionalni energetski i klimatski plan (INEKP) [2] i Strategiju razvoja energetike Republike Srbije do 2040. godine, sa projekcijama do 2050. godine [3]. INEKP, usvojen u julu 2024. godine, postavlja ambiciozne ciljeve u pogledu instalacije solarnih kapaciteta – minimalno 1,73 GW do 2030. godine, preko 7,37 GW do 2040, do ukupno 16,7 GW u 2050. godini. Iako prozjumeri nisu posebno izdvojeni kao kategorija, dokument jasno prepoznaje značaj proizvodnje energije za sopstvene potrebe, posebno kroz krovne fotonaponske sisteme, za koje je planiran kapacitet od 0,5 GW do 2030. godine. Ova količina bi mogla pokriti oko 5% potrošnje električne energije u stambenom sektoru.

Strategija takođe ukazuje na veliki tehnički potencijal Srbije za razvoj solarne energije, zahvaljujući visokom stepenu sunčevog zračenja i značajnoj raspoloživosti krovnih površina. Procene pokazuju da ukoliko bi se iskoristio tehnički potencijal za izgradnju solarnih elektrana na krovnim površinama, moglo bi se zadovoljiti više od 40% godišnje potrošnje električne energije krajnjih korisnika u Srbiji u 2023. godini [3][4]. Ovi podaci potvrđuju da prozjumeri imaju ključnu ulogu u ostvarivanju ciljeva energetske tranzicije, a zakonski i strateški temelji za njihov dalji razvoj su već postavljeni.

Uprkos pozitivnim pomacima na normativnom i strateškom planu, neophodno je sagledati razvoj prozjumeru u širem kontekstu savremene energetske transformacije, koja se sve češće opisuje kroz model tzv. 4D tranzicije. Ovaj pristup obuhvata četiri ključna principa: diversifikaciju izvora energije, decentralizaciju proizvodnje, demokratizaciju pristupa i dekarbonizaciju kroz intenzivnije korišćenje OIE. Prozjumeri su, kao krajnji korisnici koji istovremeno proizvode i troše električnu energiju, prirodni nosioci ovih promena. Njihovo prisustvo u sistemu omogućava lokalnu proizvodnju iz čistih izvora, podstiče učešće građana u energetsom sektoru i direktno utiče na smanjenje emisija štetnih gasova. Time prozjumeri ne samo da doprinose ekološkim ciljevima, već i transformišu odnose unutar energetskog sistema, koji prelazi iz centralizovanog ka inkluzivnijem i participativnijem modelu.

Za Srbiju, u kojoj je integracija varijabilnih OIE još uvek u ranoj fazi, razvoj prozjumeriskog modela ima dodatnu težinu. Upravo ta pozicija omogućava da se uče lekcije iz iskustava drugih zemalja koje su prebrzo i neplanski uvodile distribuirane izvore, što je neretko dovodilo do problema u stabilnosti sistema i nepravednoj raspodeli troškova. Srbija još ima priliku da ove greške izbegne i na vreme uspostavi regulatorne, tehničke i institucionalne mehanizme koji će omogućiti uravnotežen, stabilan i održiv razvoj prozjumeru.

U tom kontekstu, cilj ovog rada je da pruži sveobuhvatan uvid u ulogu prozjumeru u procesu energetske tranzicije u Srbiji. Fokus je na analizi:

- direktnih ekonomskih koristi koje prozjumeri donose krajnjim korisnicima;
- uticaja prozjumeru na elektroenergetski sistem i ostale učesnike na tržištu;
- šireg društvenog značaja u vidu povećane energetske nezavisnosti i smanjenja eksternih troškova;
- procene ušteda usled smanjenja emisije CO₂ i rasterećenja zdravstvenog sistema.

Rad je organizovan u šest poglavlja. Nakon uvodnog dela, drugo poglavlje obrađuje finansijske koristi prozjumeriskog modela za korisnike, dok se treće bavi njihovim uticajem na elektroenergetski sistem i tržišne aktere. Četvrto poglavlje ističe šire društvene koristi prozjumeriskog modela, dok peto donosi kvantifikaciju potencijalnih ušteda po osnovu smanjenja emisija i eksternih troškova. Na kraju, šesto poglavlje sumira ključne nalaze i naglašava značaj unapređenja položaja prozjumeru u Srbiji, kako bi se u potpunosti iskoristili njihovi potencijali za energetski sektor i šire društvo.

2 ZNAČAJ PROZJUMERSKOG MODELA ZA KORISNIKE

Značaj prozjumeru za korisnike prvenstveno se ogleda u finansijskim benefitima koji proističu iz smanjenja troškova za električnu energiju. Analize pokazuju da period otplate investicije u solarne panele značajno varira u zavisnosti od potrošnje krajnjih korisnika [5].

Konkretno, domaćinstva sa nižom potrošnjom električne energije suočavaju se sa dužim periodom povraćaja investicije, često dužim od deset godina, što znatno utiče na ekonomsku isplativost ovakvog ulaganja za ovu kategoriju korisnika.

Nasuprot tome, domaćinstva sa većom potrošnjom ostvaruju znatno brži povraćaj investicije, čak i kada je instalisana snaga elektrane ograničena na maksimalnih 10,8 kW [1], što je trenutni regulatorni maksimum za prozjumere koji su domaćinstva. Iako je ova snaga manja od optimalne za velike potrošače, period otplate može biti kraći od pet godina, što pokazuje da se ulaganja u OIE daleko brže isplate korisnicima sa većom potrošnjom [5].

Još povoljnija situacija je u industrijskom sektoru, gde su cene električne energije po kilovat-satu znatno više nego za domaćinstva. Zbog toga je period povraćaja investicije u solarne elektrane za industrijske potrošače često veoma kratak. Pored finansijskih koristi, model prozjumeri donosi i dodatne prednosti kao što su povećana energetska nezavisnost i smanjena izloženost tržišnim fluktuacijama cena električne energije. Ovo je posebno važno za privredne subjekte koji teže stabilnosti troškova i dugoročnoj održivosti poslovanja. Sopstvena proizvodnja električne energije omogućava korisnicima veću kontrolu nad energetskim troškovima i doprinosi razvoju otpornijih i efikasnijih sistema snabdevanja.

Takođe je važno naglasiti značaj preciznog dimenzionisanja instalisane snage solarnih elektrana u skladu sa stvarnim potrebama korisnika. U slučajevima kada je instalirani kapacitet veći od optimalnog, isplativost investicije se smanjuje, a celokupni projekat može postati finansijski neodrživ tokom svog radnog veka [5].

3 POTENCIJALNI UTICAJ PROZJUMERA NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM I OSTALE AKTERE

Uvođenje prozjumeri i širenje distribuirane proizvodnje električne energije donose značajne promene u funkcionisanju elektroenergetskog sistema, sa nizom tehničkih i finansijskih implikacija za operatore sistema, snabdevače i krajnje korisnike.

3.1 Uticaj na distributivni i prenosni sistem

Prozjumeri i distribuirana proizvodnja mogu imati višestruke efekte na distributivni i prenosni sistem, koji mogu biti i pozitivni i negativni u zavisnosti od nivoa integracije, tehničkih rešenja i regulatornog okvira.

3.1.1 Smanjenje opterećenja mreže

Jedna od najvažnijih prednosti širenja prozjumeriškog modela je lokalno smanjenje opterećenja mreže, naročito u periodima vršnog opterećenja. Proizvodnjom energije na mestu potrošnje, smanjuje se potreba za dodatnom energijom iz mreže, posebno tokom dnevnih vršnih opterećenja.

Dodatno, lokalna proizvodnja energije smanjuje potrebu za izgradnjom novih proizvodnih postrojenja koja bi se u suprotnom razvijala kako bi odgovorila na rastuću potrošnju. Ipak, decentralizacija proizvodnje uvodi i nove izazove. Operatorima sistema nameće se obaveza ulaganja u infrastrukturu i tehnologije koje omogućavaju efikasno upravljanje novonastalim tokovima energije. Ova ulaganja, koja uključuju i sisteme za balansiranje i digitalno upravljanje mrežom, mogu da povećaju ukupne troškove sistema.

3.1.2 Uticaj na gubitke

Distribuirana proizvodnja može pozitivno uticati na smanjenje tehničkih gubitaka, jer energija koja se proizvodi i troši lokalno ne mora da se prenosi preko velikih razdaljina. Međutim, ovaj efekat je uslovljen prostornom korelacijom između proizvodnje i potrošnje. Smanjenje gubitaka istovremeno produžava radni vek postojeće infrastrukture i odlažu značajne investicije u novu opremu. Ovaj efekat je posebno značajan u urbanim zonama sa visokim dnevnim opterećenjem, kao i u ruralnim sredinama gde su kapaciteti mreže često ograničeni.

Međutim, u situacijama kada se višak proizvodnje mora usmeriti ka udaljenim delovima mreže, gubici mogu čak i porasti. Operatori sistema su dužni da nadoknade te gubitke, što direktno utiče na njihov troškovni bilans. Ukoliko se balans gubitaka promeni u negativnom smeru zbog nesinhronizovanog razvoja prozjumerских kapaciteta, to može dovesti do povećanja regulatorno dozvoljenih troškova operatora i, posredno, do rasta tarifnih stavki za sve korisnike.

3.1.3 Finansijski uticaj na operatore sistema (cena pristupa sistemu)

Trenutna metodologija obračuna mrežnih naknada ne prepoznaje u dovoljnoj meri realne promene koje donosi masovnija integracija prozjumer i distribuirane proizvodnje.

Prema važećoj strukturi, prihod operatora sistema se raspodeljuje kroz tri tarifna elementa: 32% potiče iz naknade za odobrenu snagu, 66% iz aktivne energije, i 2% iz reaktivne energije [6]. S obzirom na sve veći broj korisnika koji sami proizvode deo svojih potreba za električnom energijom, količina preuzete energije iz sistema se smanjuje, čime se automatski smanjuje prihod operatora.

Pored toga, operatori sistema moraju da izvrše prilagođavanja mreže i da obezbede nove funkcionalnosti za korisnike koji unose dodatnu složenost u mrežne tokove, naročito u distributivnoj mreži.

3.2 Uticaj na snabdevače električnom energijom

Snabdevači koji sa prozjumerima imaju ugovore o potpunom snabdevanju mogu se suočiti sa finansijskim gubicima kao posledicom važećeg sistema neto merenja. Ovaj sistem funkcioniše tako što se obračunski period proteže od 1. aprila tekuće do 31. marta naredne godine. Ukoliko u tom periodu prozjumer proizvede i u elektroenergetski sistem isporuči više električne energije nego što iz njega preuzme, višak energije se prenosi snabdevaču bez bilo kakve finansijske nadoknade.

U obračunskom periodu 01.april 2023 – 31.mart 2024. godine, prozjumeri su ukupno predali oko 2 GWh električne energije bez naknade, što predstavlja značajnu količinu sa aspekta bilansa snabdevača. Iako se na prvi pogled može činiti da snabdevač ima korist, jer stiže energiju bez direktnog troška, u praksi ova situacija može imati suprotan, negativan efekat. Naime, višak energije se uglavnom isporučuje tokom letnjih meseci, kada je proizvodnja iz solarnih panela najviša, ali su tržišne cene električne energije niske ili čak negativne. Sa druge strane, ta energija se „vraća“ prozjumeru u zimskim mesecima, kada je potrošnja veća, a tržišne cene znatno više. Na taj način, snabdevač efektivno „kupi je skupo, a prodaje jeftino“, što može dovesti do negativne neto vrednosti i direktnog finansijskog gubitka.

Dodatno, ovakav višak energije u velikoj meri je posledica ugradnje solarnih sistema čiji kapaciteti premašuju stvarne potrebe prozjumer.

Umesto da projektuju sisteme u skladu sa sopstvenom potrošnjom, mnogi korisnici svesno instaliraju veće kapacitete, oslanjajući se na mehanizam neto merenja kao vid neformalne kompenzacije ili skladištenja energije u mreži.

Ova situacija jasno osvetljava kompleksnost modela neto merenja, kao i njegov uticaj na ekonomski okvir snabdevanja električnom energijom. U uslovima rasta broja prozjumer a i sve veće decentralizacije proizvodnje, postaje neophodno prilagoditi postojeći sistem obračuna i poslovni model snabdevača novim tržišnim realnostima.

3.3 Uticaj na troškove drugih korisnika i cenu električne energije

Uvođenje prozjumer skog modela može imati dvojake efekte na cene energije za krajnje korisnike. S jedne strane, veći udeo proizvodnje iz OIE može doprineti snižavanju ukupnih troškova električne energije na tržištu smanjenjem potrebe za uvozom i upotrebom fosilnih goriva. S druge strane, može doći do neravnomerne raspodele troškova među korisnicima.

Korisnici koji nemaju tehničke, finansijske ili infrastrukturne uslove da investiraju u sopstvene proizvodne kapacitete mogu snositi nesrazmeran teret povećanih troškova koji proističu iz prilagođavanja mreže. Povećan broj korisnika sa nestandardnim profilima potrošnje i proizvodnje, uključujući prozjumere i punionice električnih vozila, dodatno otežava planiranje i balansiranje elektroenergetskog sistema. Takve okolnosti mogu izazvati porast tehničkih gubitaka, izazove u upravljanju naponom i zagušenja u mreži, što podrazumeva nova ulaganja. Istovremeno, ukupna količina energije koja se isporučuje iz mreže opada, jer korisnici deo potrošnje zadovoljavaju lokalno. Troškovi održavanja mreže time ne opadaju proporcionalno, već često ostaju isti ili rastu. Pored toga, u udaljenim delovima distributivne mreže, gde nije planirana lokalna proizvodnja, može doći do povećanja napona, čime se ugrožava stabilnost sistema. Regulacija takvih situacija zahteva tehnička rešenja koja su skupa i zahtevna. Ti troškovi se najčešće prenose na sve korisnike, kroz povećanje tarifnih stavki.

Ova dinamika naglašava potrebu za sprovođenjem pravedne energetske tranzicije, koja ne bi trebalo da produbljuje postojeće socijalne i ekonomske nejednakosti. U brojnim evropskim zemljama, ovo pitanje je prepoznato kao strateški prioritet. Akcenat se stavlja na razvoj mehanizama koji obezbeđuju ravnomernu raspodelu koristi i troškova, uključujući subvencije za energetska siromašna domaćinstva, progresivne mrežne tarife i prilagođene regulatorne modele.

Koncept „Just Transition“ postaje osnova savremene energetske politike: cilj je da svi građani, bez obzira na ekonomski status, imaju pristup dobrobitima koje donosi prelazak na OIE [7].

Svi ovi aspekti, od tehničkih i ekonomskih do socijalnih, jasno pokazuju da razvoj prozjumer skog modela zahteva pažljivo planiranje, prilagođavanje politika i pravičan regulatorni okvir. Samo uz holistički pristup moguće je obezbediti dugoročnu stabilnost elektroenergetskog sistema i ravnomeran pristup prednostima energetske tranzicije za sve učesnike.

4 ZNAČAJ PROZJUMERA ZA DRUŠTVO

Povećanje broja prozjumer a za društvo donosi brojne prednosti, posebno u energetska o j tranziciji i usklađivanju sa evropskim standardima.

Prozjumeri doprinose **4D** tranziciji kroz: **D**iversifikaciju izvora energije, **D**ecentralizaciju proizvodnje, **D**emokratizaciju pristupa energiji i **D**ekarbonizaciju putem OIE (Slika 1). Glavne prednosti za svaki od navedenih aspekata tranzicije su date u nastavku.



Slika 1: 4D energetska tranzicija

4.1 Diversifikacija - Povećanje energetske bezbednosti i nezavisnosti

Srbija je u velikoj meri energetski zavisna od uvoza fosilnih goriva, što je čini posebno osetljivom na međunarodne političke i tržišne promene. Zbog niske energetske vrednosti domaćeg lignita, koji je i dalje dominantno gorivo u proizvodnji električne energije, sve češće se pribegava uvozu kvalitetnijeg uglja. Tokom prethodne dve i po godine, iz okruženja i Indonezije uvezeno je preko 8 miliona tona, po prosečnoj ceni od oko 90 evra po toni u 2024. godini [8].

Slično, i kada je u pitanju prirodni gas, domaća proizvodnja pokriva tek oko 11% potreba, dok se ostatak uvozi, čime gas zauzima značajno mesto u ukupnom energetsom bilansu i dodatno povećava izloženost spoljnim rizicima [4].

U takvom kontekstu, razvoj prozjumeri, u kojem domaćinstva i preduzeća proizvode sopstvenu energiju iz OIE, predstavlja jedan od načina da se smanji oslanjanje na uvozna fosilna goriva. Povećanje broja prozjumeri ne samo da doprinosi većoj energetske nezavisnosti, već i diversifikuje izvore snabdevanja, čime se umanjuje uticaj kriza, poremećaja u lancima snabdevanja i naglih skokova cena energenata.

Osim toga, ovakav model otvara prostor za nove investicije u sektor OIE i podstiče razvoj domaće industrije koja se odnosi na proizvodnju, ugradnju i održavanje solarnih panela, baterija i prateće opreme. Time se dodatno smanjuje potreba za uvozom tehnologije i energenata, a istovremeno se stvaraju nova radna mesta i jača domaća ekonomija. Uštede koje bi se ostvarile smanjenjem uvoza mogle bi biti usmerene u jačanje nacionalne energetske infrastrukture i razvoj domaćih kapaciteta za korišćenje OIE.

4.2 Demokratizacija i decentralizacija proizvedene energije

Razvoj prozjumerškog modela donosi važne promene u načinu na koji se energija proizvodi i koristi, jer omogućava građanima i zajednicama da postanu aktivni učesnici u energetsom sistemu. Time se smanjuje zavisnost od centralizovanih proizvođača i podstiče prelazak ka decentralizovanom, inkluzivnijem modelu upravljanja energijom.

Omogućavanjem lokalne proizvodnje energije iz OIE, prozjumeri šire vlasništvo nad energetske resursima i povećavaju broj aktera u sistemu, što doprinosi većoj tržišnoj konkurenciji. Tradicionalni model, u kojem dominiraju velike elektroprivrede sa monopolističkim položajem, postepeno se zamenjuje modelom u kojem sve veći broj pojedinaca i malih zajednica ima priliku da proizvodi, koristi i eventualno prodaje višak energije.

Ovaj oblik participacije ne donosi samo veću kontrolu nad potrošnjom, već i direktne finansijske koristi kroz niže račune za električnu energiju. Na taj način, energetske sistem postaje pravedniji jer i građani sa nižim prihodima dobijaju šansu da aktivno učestvuju u energetskej tranziciji, smanjuju svoje troškove i unapređuju sopstvenu energetske sigurnost.

4.3 Dekarbonizacija - Smanjenje emisije štetnih gasova

Prozjumerški model, zasnovan na korišćenju OIE, ima značajnu ulogu u procesu dekarbonizacije. Svaki novi kilovat solarnih kapaciteta instaliran na nivou domaćinstva ili industrije direktno doprinosi smanjenju emisije ugljen-dioksida i drugih štetnih gasova, što je posebno važno za Srbiju u svetlu evropskih klimatskih ciljeva i sve strožih ekoloških standarda. Na primer, 1 kWp solarnih panela u Srbiji može godišnje smanjiti emisije CO₂ iz termoelektrana za oko 1.350 kg.

Ova lokalna i čista proizvodnja energije ne donosi samo klimatske benefite, već ima i značajne finansijske i zdravstvene koristi.

4.3.1 Smanjenje zagađenja i troškova zdravstvenog sistema:

Ugalj, kao glavni energent termoelektrana u Srbiji, uz CO₂ emituje i druge zagađivače poput SO₂, NO_x i sitnih čestica (PM₁₀, PM_{2.5}), koji imaju ozbiljan uticaj na javno zdravlje [9]. U oblastima sa većim udelom OIE i prozjumer, emisije ovih zagađivača su značajno niže. Prema procenama Udruženja za zdravlje i životnu sredinu (HEAL), eksterni troškovi po proizvedenom MWh iz termoelektrana iznose između 35 i 65 EUR i uključuju troškove lečenja respiratornih i kardiovaskularnih bolesti, kao i gubitke zbog smanjene radne sposobnosti. Modelirani godišnji zdravstveni troškovi zbog emisija iz termoelektrana u Srbiji za 2016. godinu procenjeni su između 890 miliona i 1,68 milijardi EUR [10].

4.3.2 Smanjenje smrtnosti i hroničnih bolesti:

Dugotrajna izloženost zagađenju vazduha dokazano povećava rizik od hroničnih bolesti, uključujući rak pluća i kardiovaskularna oboljenja [11][12]. U Srbiji, procenjuje se da zagađenje vazduha godišnje uzrokuje oko 3.600 prevremenih smrti, pri čemu je u Beogradu taj broj oko 1.800. Stopa smrtnosti uzrokovana aerozagađenjem u Srbiji je čak pet puta viša nego u zemljama Zapadne Evrope [13]. Ulaganjem u OIE kroz prozjumerški model moguće je značajno poboljšati javno zdravlje i produžiti očekivani životni vek stanovništva, što potvrđuju i podaci Svetske zdravstvene organizacije (WHO) [12].

4.3.3 Ublažavanje uticaja CBAM-a:

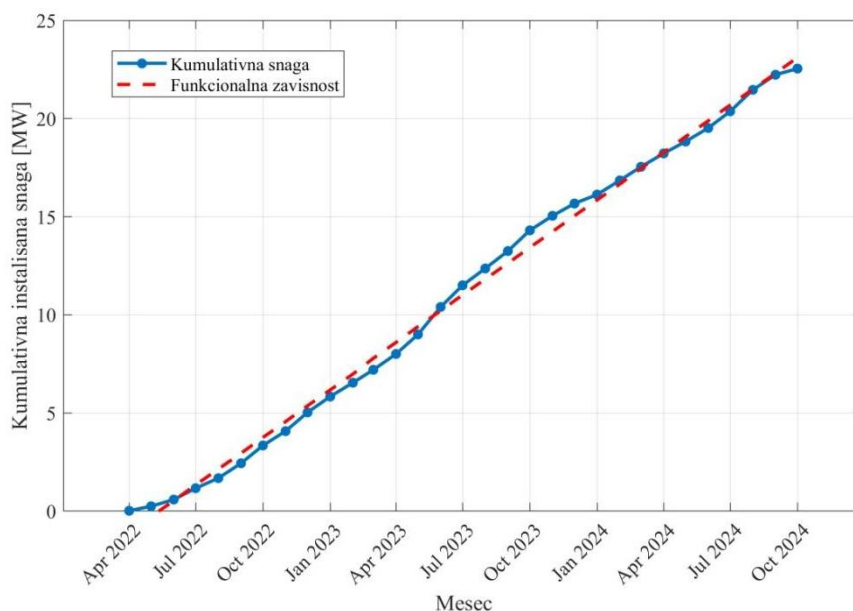
Od 2026. godine Evropska unija (EU) uvodi Mehanizam za prekogranično usklađivanje cene ugljenika (CBAM), koji će znatno uticati na zemlje čiji energetska sektor i dalje zavisi od uglja. Iako će formalna obaveza plaćanja CBAM naknade biti na uvoznicima iz EU, stvarni teret prenosi se na izvoznike, jer će povećani troškovi smanjiti konkurentnost srpske električne energije. U 2023. godini Srbija je izvezla 12.374 GWh električne energije u EU [4], što bi po prosečnoj ceni CO₂ od 86,5 EUR/t moglo da generiše CBAM trošak od oko 1,07 milijardi EUR [14]. Povećanje učešća prozjumer a i OIE u proizvodnji električne energije direktno smanjuje emisije CO₂ i time potencijalne CBAM troškove.

Osim finansijskih posledica, CBAM će verovatno izazvati promene u izvoznim tokovima, odnosno smanjenje izvoza i veću orijentaciju ka domaćem tržištu, naročito u periodima kada su cene energije u EU niske. To otvara dodatni prostor za prozjumere i OIE da ojačaju svoju ulogu u snabdevanju domaćeg tržišta i podrže energetska tranzicija Srbije ka održivijem sistemu.

5 PROCENA UŠTEDA USLED SMANJENJA EMISIJE CO₂ I UŠTEDA ZDRAVSTVENOG SISTEMA

5.1 Projekcija instalisane snage prozjumer a do 2030. godine

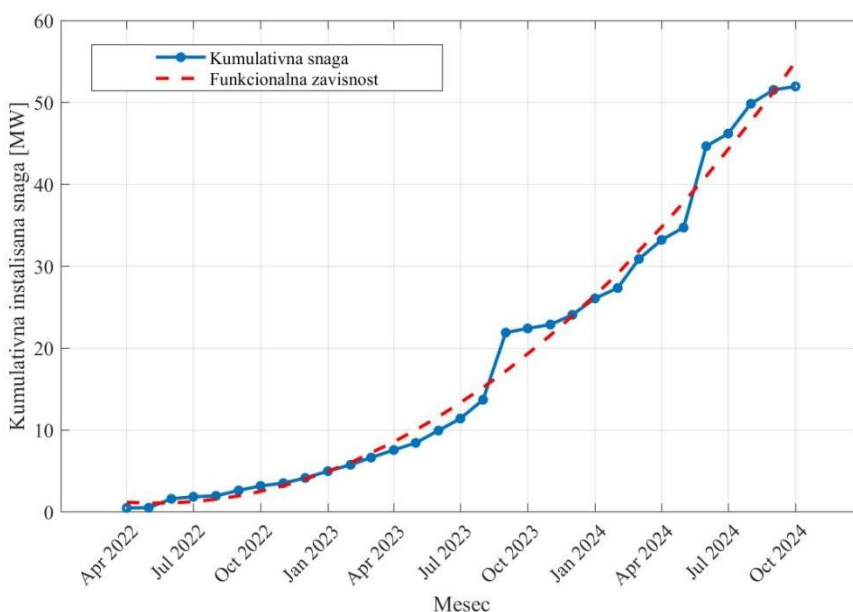
U cilju kvantifikacije potencijalnih koristi koje proističu iz razvoja prozjumer skog modela u Srbiji, izvršena je projekcija instalisane snage za dve ključne kategorije prozjumer a: "Domaćinstva" i "Ostali". Analiza se oslanja na javno dostupne registre koje objavljuje Elektro distribucija Srbije (EDS), a koji se redovno ažuriraju i predstavljaju najpouzdaniji izvor podataka o razvoju prozjumer a u zemlji [15].



Slika 2: Kumulativna instalisana snaga po mesecima za kategoriju Domaćinstva

Do 23. oktobra 2024. godine, registrovano je ukupno 2.777 prozjumer a iz kategorije Domaćinstva, sa kumulativnom instalisanom snagom od 22.545,73 kW, što odgovara prosečnoj snazi od 8,12 kW po domaćinstvu.

U isto vreme, u kategoriji Ostali evidentirano je 1.034 prozjumera, sa ukupnom instalisanom snagom od 51.966,94 kW, odnosno prosečno 50,26 kW po korisniku. Uvidom u registre za kategorije prozjumera Domaćinstva i Ostali može se uočiti da je broj upisa po mesecima prilično neujednačen, što se odražava i na mesečnu dinamiku priključene instalisane snage. Ipak, posmatrajući kumulativne vrednosti, vidljivo je da oba trenda pokazuju stabilan rast. Kod Domaćinstava se taj rast može opisati približno linearnom funkcionalnom zavisnošću (Slika 2), dok se kod kategorije Ostali može opisati kvadratnom funkcijom (Slika 3). Na slikama 2 i 3 je prikazan kumulativni mesečni rast instalisane snage, koji potvrđuje navedene obrasce razvoja po kategorijama.



Slika 3: Kumulativna instalisana snaga po mesecima za kategoriju Ostali

Na osnovu dosadašnjeg trenda rasta, izvršena je ekstrapolacija očekivanog razvoja do 2030. godine. Pri tome je:

- za kategoriju Domaćinstva primenjena linearna funkcija koja polazi od početnih 0,5 MW u 2022. godini i dostiže 73,1 MW u 2030. godini;
- za kategoriju Ostali korišćena kvadratna funkcija rasta kojom se dobija projekcija od 539,43 MW do 2030. godine.

5.2 Kvantifikacija godišnjih ušteda

Na osnovu projekcije instalisane snage prikazane u prethodnom poglavlju, izvršena je procena godišnjih ušteda koje mogu biti ostvarene zamenom proizvodnje iz fosilnih goriva proizvodnjom iz solarnih sistema prozjumera. Uštede se odnose na dve ključne oblasti: izbegnuti troškovi emisije ugljen-dioksida (CO_2) i smanjenje eksternih troškova u zdravstvenom sistemu uzrokovanih zagađenjem vazduha (Tabela 1).

Za potrebe procene, pretpostavljeno je da solarni sistemi prozjumera ostvaruju prosečnu godišnju proizvodnju od 1.300 kWh po instaliranom kilovatu (kW). Takođe, uzeto je u obzir da proizvodnja iz termoelektrana na ugalj emituje približno 1,35 tona CO_2 po proizvedenom megavat-satu (MWh), dok se tržišna cena emisije CO_2 u okviru mehanizma CBAM procenjuje na 86,5 evra po toni.

Pored emisije CO₂, uključeni su i eksterni troškovi zdravstvenog sistema koji proističu iz zagađenja vazduha, procenjeni u rasponu od 35 do 65 evra po proizvedenom MWh električne energije iz fosilnih izvora. Na osnovu ovih parametara, izvršena je procena potencijalnih godišnjih ušteda koje Srbija može ostvariti kroz razvoj i širenje prozjumerkog modela do 2030. godine. Potrebno je istaći da su uštede proračunate striktno za slučaj u kome bi se sva energija koju proizvedu prozjumeri u 2030. godini zapravo koristila kao zamena za energiju koja bi se proizvela u termoelektranama, te da ovi rezultati zavise od tržišnih prilika koje će važiti u toj godini i proizvodnog portfelja koji će se tada nalaziti u pogonu.

Tabela 1: Procena uštede u naknadama za emisiju CO₂ i uštede zdravstvenog sistema

Kategorija	P _{inst} [MW]	Godišnja proizvodnja [MWh]	Ušteda u CO ₂ troškovima [EUR]	Donja granica uštede zdravstvenog sistema [EUR]	Gornja granica uštede zdravstvenog sistema [EUR]
Domaćinstva	73,1	95.030	8.220.095	3.326.050	6.176.950
Ostali	539,43	701.259	60.658.904	24.544.065	45.581.835
Ukupno	612,53	796.289	68.878.999	27.870.115	51.758.785

Rezultati pokazuju da bi Srbija, uz razvoj prozjumerkog modela i dostizanje predviđene instalisane snage do 2030. godine, mogla godišnje ostvariti uštede od oko 69 miliona evra kroz izbegnute troškove emisije CO₂ i dodatno do 52 miliona evra smanjenjem zdravstvenih troškova.

Ovi podaci ukazuju na višestruke koristi prozjumerkog modela koji, osim direktnih ekonomskih koristi za krajnje korisnike, ima i značajan doprinos u kontekstu održivog razvoja, javnog zdravlja i smanjenja spoljnopolitičke zavisnosti od fosilnih goriva.

6 ZAKLJUČAK

Razvoj prozjumerkog modela u Srbiji predstavlja ključni korak ka modernizaciji i održivosti elektroenergetskog sistema, posebno u svetlu sve zahtevnijih klimatskih ciljeva i sve veće potrebe za energetsom nezavisnošću. Kroz analizu njihovog uticaja iz ugla 4D energetske tranzicije – diversifikacije, decentralizacije, demokratizacije i dekarbonizacije – jasno je da prozjumeri imaju višestruku vrednost, ne samo za pojedinačne korisnike već i za celokupno društvo i energetski sektor.

Finansijske koristi za krajnje korisnike, smanjenje eksternih troškova za zdravstvo, rasterećenje elektroenergetske infrastrukture i uštede na emisijama CO₂, ukazuju na to da prozjumeri predstavljaju održivo rešenje koje treba sistemski podržati. Ipak, ovaj razvoj mora biti pažljivo planiran i pravedno regulisan kako bi se izbegle negativne posledice po stabilnost sistema i kako bi svi korisnici imali ravnopravan pristup benefitima tranzicije.

U narednim godinama, biće ključno prilagoditi regulatorni okvir, tarifne modele i tržišne mehanizme tako da podrže uravnotežen rast broja prozjumeri, uz očuvanje ekonomske održivosti snabdevača i operatora sistema. Srbija ima priliku da, oslanjajući se na pozitivna iskustva drugih zemalja i izbegavajući njihove greške, razvije inkluzivan i otporan energetski model u kojem prozjumeri zauzimaju centralno mesto. Ova tranzicija, ako se sprovede promišljeno, može predstavljati temelj za održiviju, zdraviju i pravedniju budućnost domaće energetike.

ZAHVALNICA

Autorke izražavaju zahvalnost Evropskoj fondaciji za klimu (European Climate Foundation) na podršci u realizaciji ove studije i naučnog rada. Takođe, prva i treća autorka izražavaju zahvalnost Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije za njihovu finansijsku podršku.

LITERATURA

- [1] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije ("Službeni glasnik RS", br. 40/21 i 35/2023).
- [2] Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan republike Srbije za period do 2030. sa vizijom do 2050. Godine, Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije.
- [3] Nacrt Strategije razvoja energetike RS do 2040 sa projekcijama do 2050.godine, Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije.
- [4] Izveštaj o radu Agencije za energetiku za 2023. godinu, Agencija za energetiku Republike Srbije.
- [5] J. Krstivojević, J. Stojković Terzić, D. Grujić, Analiza isplativosti primene solarnih sistema kod kupaca-proizvođača koji su domaćinstva, 40. međunarodno savetovanje ENERGETIKA, Zlatibor, 2025 (prihvaćen).
- [6] Metodologija za određivanje cene pristupa sistemu za distribuciju električne energije, Agencija za energetiku Republike Srbije.
- [7] X. Wang, K. Lo, Just transition: A conceptual review, Energy Research & Social Science, vol. 82, 2021, art. no. 102291.
- [8] Izvestaj o realizaciji 3PP EPS AD za period I-IX 2024.g
- [9] World Health Organization. (2006). Air quality guidelines: Global update 2005.
- [10] Hronično zagađenje ugljem - Akcija EU na Zapadnom Balkanu će unaprediti zdravlje i ekonomije širom Evrope. HEAL, CAN Europe, Sandbag, CEE Bankwatch Network i Europe Beyond Coal. 2019
- [11] Lelieveld, J., et al. (2015). "Modeling health impacts of the air pollution in Europe." Environmental Health Perspectives
- [12] World Health Organization. (2024). Ambient (outdoor) air quality and health.
- [13] Health impact of ambient air pollution in Serbia: a call to action (2019).
- [14] ENERGY COMMUNITY CBAM-Readiness Tracker, 2024, Energy Community Secretariat, Vienna
- [15] Registri sa sajta EDS (Registri su preuzeti 23.10.2024.godine)
- [16] <https://elektrodistribucija.rs/pdf/DOMACINSTVA.pdf>
- [17] https://elektrodistribucija.rs/pdf/OSTALI_KP.pdf