

Analiza isplativosti primene solarnih sistema kod kupaca-proizvođača koji su domaćinstva

Jelisaveta Krstivojević*, Jelena Stojković Terzić*, Dunja Grujić**

* Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

** Flaner d.o.o.

Rezime - U radu će biti analiziran uticaj ugradnje solarnih sistema kao primene novih tehnologija u domaćinstvima, kroz procenu troškova, ušteda na računima za električnu energiju i perioda povraćaja investicije. Na početku će biti prikazan uporedni pregled stavki računa za električnu energiju između potrošača koji nisu kupci-proizvođači i onih koji to jesu. Nakon toga, analiza će obuhvatiti primenu solarnih sistema u domaćinstvima kategorije kupaca-proizvođača sa različitim nivoima godišnje potrošnje električne energije i različitim odnosima potrošnje u višoj i nižoj tarifi. Biće razmatrano šest grupa potrošača koje se razlikuju po prosečnoj godišnjoj potrošnji, dok će za svaku grupu biti analizirana dva slučaja odnosa potrošnje u višoj i nižoj tarifi. Na osnovu podataka o potrošnji električne energije, usvojene godišnje raspodele potrošnje po mesecima i modela proizvodnje solarnih sistema dobijenih korišćenjem PVGIS Online Tool-a, biće određene optimalne instalisane snage solarnih sistema za analizirane grupe potrošača. Analiza će obuhvatiti procenu potrebnih investicionih sredstava, očekivane uštede na računima za električnu energiju i vreme povraćaja investicije. Posebna pažnja biće posvećena uticaju odnosa potrošnje u višoj i nižoj tarifi na izbor optimalne snage solarnog sistema, kao i mogućnostima korišćenja viškova proizvedene energije. Očekuje se da će rezultati ukazati na isplativost i opravdanost investicije u zavisnosti od vrednosti godišnje potrošnje električne energije domaćinstva.

Ključne reči - kupac-proizvođač, solarni sistem, optimalna instalisana snaga, ekonomski uticaj, domaćinstva

I UVOD

Poslednjih godina, globalno tržište električne energije beleži značajan rast primene obnovljivih izvora energije (OIE), uz istovremeni porast broja kupaca-proizvođača. Upoređujući države članice Evropske unije [1-3] sa državama Zapadnog Balkana [4-7], evidentno je da region Zapadnog Balkana značajno zaostaje u razvoju kupaca-proizvođača. Razlog tome leži u istorijskom kašnjenju uvođenja OIE na Zapadnom Balkanu, što je dodatno uticalo na sporiji razvoj kupaca-proizvođača u elektroenergetskom sistemu ovih zemalja.

Osnovni faktori koji utiču na sporiji napredak u ovom segmentu su regulatorni okvir i strategije razvoja energetike, koje se u državama Zapadnog Balkana i dalje nalaze u fazi postepenog usklađivanja i implementacije [5]. U mnogim slučajevima, energetska politika u regionu oslanja se na kratkoročne mere, što

usporava ulaganja u modernizaciju elektroenergetskog sistema. Dodatni izazov predstavlja dugotrajan proces smanjenja oslanjanja na termoelektrane na uglj, što usporava tranziciju ka čistijim izvorima energije.

U Srbiji primena OIE obuhvata više modela, definisanih važećom regulativom. Među njima se izdvajaju: proizvođač [8-10], kupac-proizvođač [8-11], aktivni kupac [8], zajednica OIE [8,10,12] i energetska zajednica građana [8]. U Srbiji su kupci-proizvođači podeljeni u tri kategorije: domaćinstva, stambene zajednice i ostali [10,11].

Iako Srbija zaostaje u primeni koncepta kupaca-proizvođača u odnosu na razvijene zemlje sveta, kontinuirano se kroz analize i predloge za unapređenje regulative i strategija razmatraju mere koje mogu doprineti lakšoj, efikasnijoj i bržoj integraciji većeg broja kupaca-proizvođača u elektroenergetski sistem [4-7,12-17].

Na sajtu Elektro distribucije Srbije (EDS) dostupni su registri kupaca-proizvođača [18]. Prvi kupac-proizvođač iz kategorije domaćinstava u Srbiji registrovan je 29. aprila 2022. godine. Prema podacima preuzetim sa sajta EDS, 7. marta 2025. godine, u ovoj kategoriji registrovano je 3229 kupaca-proizvođača, sa ukupnom instalisanom snagom od 26.418,99 kW. Svi proizvodni objekti su solarne elektrane, što potvrđuje da je solarne energije dominantan izbor za kupce-proizvođače u Srbiji. Iako postojeći zakonski okvir ne ograničava kupce-proizvođače na upotrebu samo solarne energije, nekoliko ključnih faktora doprinosi njenoj širokoj primeni. U poređenju sa drugim obnovljivim izvorima energije, solarni sistemi se ističu kao tehnički jednostavnije i ekonomski isplativije rešenje, posebno kada se instaliraju na krovovima domaćinstava.

Cilj ovog rada je da analizira isplativost primene solarnih sistema kod kupaca-proizvođača koji su domaćinstva i da ukaže na značaj izbora optimalne instalisane snage solarne elektrane. U radu će biti dat uvid u ključne ekonomske faktore koji utiču na odluku o investiranju, uključujući procenu troškova instalacije, očekivane uštede na računima za električnu energiju i vremenski okvir povraćaja ulaganja.

II EKONOMSKI UTICAJ

Kroz analizu početnih investicija, troškova održavanja i perioda otplate u odnosu na uštede u troškovima električne energije, može se sagledati isplativost solarnih sistema za kupce-proizvođače.

2.1. Početni investicioni troškovi kupaca-proizvođača

Početni investicioni troškovi za kupce-proizvođače variraju u zavisnosti od instalirane snage male elektrane, korišćene tehnologije, kao i od uslova i finansijskog okvira u zemlji. Može se primetiti da početni investicioni troškovi opadaju iz godine u godinu.

U Srbiji, u 2021. godini, troškovi instalacije, u okviru kompletne usluge instalacije za krajnje korisnike, kretali su se od 1000 do 1200 EUR po kW. U narednoj, 2022. godini, primetno je smanjenje troškova, koje je dodatno potpomognuto državnim podsticajima, pri čemu su prosečni troškovi instalacije bez državnih podsticaja bili između 900 i 1100 EUR po kW. Tokom 2023. i 2024. godine, troškovi instalacije smanjeni su na raspon od 800 do 1000 EUR po kW, uz dodatnu mogućnost korišćenja subvencija.

Formula za procenu vrednosti početnih investicija (C_{invest}), koja je korišćena u ovom radu, dobijena je od kompanije specijalizovane za projektovanje i izvođenje solarnih sistema:

$$C_{invest} [EUR] = 2000 + 500 \cdot P_{inst} [kW], \quad (1)$$

gde je P_{inst} - instalirana snaga male solarne elektrane u [kW].

Formula (1) podrazumeva troškove instalacije po sistemu "ključ u ruke" za krajnjeg korisnika.

U Tabeli 1 prema formuli (1) je dat prikaz procene potrebnih početnih sredstava za instalaciju male solarne elektrane, u zavisnosti od njihove snage, kao i odnos potrebnih početnih sredstava i instalirane snage male solarne elektrane. Može se uočiti da cena po instaliranom kW opada sa porastom instalirane snage.

Tabela 1. Prikaz procene potrebnih početnih sredstava za instalaciju male solarne elektrane

$P_{inst} [kW]$	2	4	6	8	10	10.8
$C_{invest} [EUR]$	3000	4000	5000	6000	7000	7400
$P_{inst} / C_{invest} [EUR/kW]$	1500	1000	833.37	750	700	685.2

U Srbiji, subvencije i poreske olakšice mogu pokriti do 50% početnih investicionih troškova, za elektrane do 6 kW za domaćinstva, što ovu investiciju čini privlačnijom za prosečnog potrošača. Ministarstvo rudarstva i energetike pokrenulo je 2021. godine program subvencionisanja ugradnje solarnih panela u saradnji sa 37 opština. Opštine su finansirale do 50% troškova instalacije, sa maksimalnim iznosom od 420000 RSD po domaćinstvu. Nakon uspešne realizacije programa, Ministarstvo je najavilo da će narednih šest godina subvencionisati ugradnju solarnih panela kroz programe energetske sanacije domaćinstava. Sredstva se obezbeđuju delom iz budžeta Ministarstva rudarstva i energetike, a delom iz budžeta opština koje učestvuju u programu. Program subvencija sprovode jedinice lokalne samouprave i gradske opštine, koje godišnje raspodeljuju bespovratna sredstva prema utvrđenim kriterijumima. Program se 2022. proširio na 131 opštinu uz zadržavanje istih uslova. Subvencije su nastavljene i tokom 2023. i 2024. godine, uz dodatnu promociju programa radi podsticanja korišćenja solarne energije. U 2024. godini građani su mogli da se prijave za subvencije u 137 opština.

2.2. Troškovi održavanja tokom eksploatacije

Troškovi održavanja solarnog sistema kod kupaca-proizvođača uključuju periodično čišćenje panela, provere i eventualnu zamenu invertora, redovnu inspekciju sistema, kao i manje popravke ili zamenu komponenti. Ukupni godišnji troškovi održavanja u proseku iznose od 1% do 3% od početne investicije.

Periodično čišćenje solarnih panela je potrebno kako bi se uklonila prašina i druge nečistoće koje mogu smanjiti njihovu efikasnost. Ovi troškovi mogu varirati. Prosečni godišnji troškovi čišćenja procenjuju se na 20 do 50 EUR po kW instalirane snage, u zavisnosti od lokacije i učestalosti čišćenja.

Periodične provere i održavanje invertora su neophodne, pri čemu zamena invertora može biti jedan od većih troškova, jer invertori obično imaju vek trajanja između 10 i 15 godina. Cena zamene može iznositi od 1000 do 2000 EUR, dok za sistem od 5 kW iznosi oko 1.000 EUR.

Preporučuje se godišnja ili dvogodišnja inspekcija sistema kako bi se osigurao ispravan rad svih komponenti i otkrili eventualni problemi na vreme. Ovi troškovi su relativno niski i mogu iznositi oko 50 do 100 EUR po poseti. Takođe, vremenom može doći do manjih kvarova ili potrebe za zamenom kablova, konektora i drugih komponenti. Ovi troškovi su uglavnom mali i povremeni, ali se preporučuje da kupci-proizvođači planiraju mali godišnji budžet za nepredviđene popravke.

Solarni paneli zahtevaju minimalno održavanje i imaju životni vek od 25 do 30 godina, sa godišnjom degradacijom efikasnosti od 0,5% do 1%. Takođe, sistemima zasnovanim na solarnim panelima ne treba gorivo, što eliminiše varijabilne troškove karakteristične za fosilna goriva i omogućava dugoročnu stabilnost troškova.

2.3. Neto merenje i neto obračun

Neto merenje je način obračuna neto električne energije, pri kojem višak isporučene električne energije tokom jednog meseca smanjuje količinu neto električne energije u narednom obračunskom periodu. U ovom modelu, utrošena energija predstavlja razliku između preuzete i isporučene energije, uključujući višak iz prethodnih meseci. Na ovaj način, kupci-proizvođači mogu smanjiti svoje buduće račune koristeći prethodno generisani višak energije. Ugovor o potpunom snabdevanju sa neto merenjem može biti zaključen sa domaćinstvima i stambenim zajednicama.

Neto obračun je način obračuna neto električne energije, pri kojem se vrednost viška predate električne energije tokom meseca obračunava i naplaćuje u skladu sa ugovorom između kupca-proizvođača i snabdevača. U ovom slučaju, ako je isporučena električna energija veća od preuzete, višak se prenosi u sledeći obračunski period, unutar perioda poravnjanja. Ako višak ostane na kraju perioda poravnjanja, predaje se snabdevaču bez naknade [19].

2.4. Račun za električnu energiju kupaca-proizvođača

Za razliku od krajnjih korisnika koji nisu kupci-proizvođači, čija se potrošnja električne energije (EE) obračunava na osnovu

utrošene energije, kupcima-proizvođačima iz kategorije domaćinstava obračun se vrši primenom principa neto merenja.

Način obračuna utrošene električne energije u zavisnosti od tipa krajnjeg korisnika.

Krajnji korisnici koji nisu kupci-proizvođači:

$$\text{Utrošena EE} = \text{Preuzeta EE} \quad (2)$$

Krajnji korisnici kupci-proizvođači (neto merenje):

$$\begin{aligned} \text{Utrošena EE} &= \text{Preuzeta EE} - \text{Isporučena EE} \\ &- \text{Višak iz prethodnog perioda} \end{aligned} \quad (3)$$

Tabela 2. Uporedni prikaz troškova računa za električnu energiju potrošača koji nisu kupci-proizvođači i kupca-proizvođača koje snabdeva garantovani snabdevač

Potrošači koji nisu kupci-proizvođači	Kupci-proizvođači
Fiksni troškovi koji se plaćaju bez obzira na utrošenu EE	
- Obračunska snaga - Trošak garantovanog snabdevača	- Obračunska snaga - Trošak garantovanog snabdevača
Troškovi povezani sa utrošenom / preuzetom EE	
- Utrošena EE (kWh)* - Naknada za podsticaj povlašćenih proizvođača EE - Naknada za unapređenje energetske efikasnosti	
Troškovi koji se obračunavaju po principu neto-merenja	
	- Utrošena EE (kWh) - Naknada za pristup distributivnom sistemu za razliku preuzete i utrošene EE** - Naknada za unapređenje energetske efikasnosti - Naknada za podsticaj povlašćenih proizvođača EE
Umanjenja računa***	
- Popust 5% za plaćanje prethodnog računa u roku dospeća - Popust od 50 dinara za elektronsku dostavu računa**** - Umanjenje za energetski ugrožene kupce	
Porezi	
- Akciza - Porez na dodatu vrednost	

* Mrežarina je uključena u iznos cene utrošene električne energije

** Mrežarina je uključena u iznos cene utrošene električne energije, a dodatno se naplaćuje po cenama pristupa distributivnom sistemu i razlika između preuzete i utrošene električne energije

*** Elektroprivreda Srbije AD omogućava kupcima različite popuste – nabrojani su trenutno na snazi ali se relativno često menjaju

**** Elektroprivreda Srbije AD je dala pogodnost za sve kupce na garantovanom snabdevanju – opciju primanja elektronskog računa. Ova digitalna usluga omogućava korisnicima da primaju svoje mesečne račune direktno na email.

U slučaju da je utrošena električna energija negativna, vrednost se tretira kao nula, dok se negativna vrednost dodaje prethodnim viškovima i prenosi u sledeći obračunski period kao višak. Upoređivanjem računa za električnu energiju između potrošača koji nisu kupci-proizvođači i kupca-proizvođača, mogu se

primetiti razlike u načinu obračuna. U Tabeli 2 je dat uporedni prikaz troškova potrošača koji nisu kupci-proizvođači i kupca-proizvođača [20,21].

2.4.1. Naknada za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije

Od 1. juna 2024. godine, naknada za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije obračunava se prema utrošenoj električnoj energiji, u skladu sa novom Uredbom o naknadi za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije [22]. Iznos naknade je 0,801 RSD/kWh.

2.4.2. Naknada za unapređenje energetske efikasnosti

Od 1. januara 2024. godine, naknada za unapređenje energetske efikasnosti obračunava se na osnovu utrošene električne energije, zbog izmena Zakona o naknadama za korišćenje javnih dobara [23]. Iznos naknade iznosi 0,015 RSD/kWh.

2.4.3. Naknada za pristup distributivnom sistemu

Naknada za pristup sistemu obračunava se u skladu sa Metodologijom za određivanje cene pristupa sistemu za distribuciju električne energije Agencije za energetiku Republike Srbije [24]. Ovu naknadu plaćaju svi korisnici distributivnog sistema, bez obzira na njihov status, a obračunava se na ukupno preuzetu električnu energiju. Trenutne cene ove naknade za domaćinstva date su u poslednjoj koloni u Tabeli 3.

Za krajnje korisnike koji nisu kupci-proizvođači, a koje snabdeva garantovani snabdevač, ova naknada je uključena u jedinstvenu cenu za preuzetu električnu energiju. Za kupce-proizvođače, međutim, način obračuna ove naknade je drugačiji. S obzirom na to da su kod neto merenja cene određene prema cenama garantovanog snabdevanja i da ove cene već uključuju trošak za pristup distributivnom sistemu, deo naknade je već obuhvaćen u ceni za utrošenu energiju. Kupac-proizvođač je u obavezi da plati troškove za pristup distributivnom sistemu za ukupnu količinu preuzete energije. Pošto je deo tih troškova već uključen u cenu utrošene energije, kupac-proizvođač plaća razliku. Snabdevač izdaje račun kupcu-proizvođaču, koji je u obavezi da ga plati. Snabdevač prebacuje plaćena sredstva Operatoru distributivnog sistema. Razlika između preuzete i utrošene energije obračunava se kroz stavku „Naknada za obračun pristupa DS za razliku preuzete i utrošene električne energije“. Drugim rečima, deo naknade je obračunat kroz cenu za utrošenu energiju, dok se ostatak obračunava kroz stavku koja pokriva naknadu za razliku preuzete i utrošene energije. Ova stavka ulazi u osnovicu za PDV. Ulazni podaci za primer obračuna naknade za pristup distributivnom sistemu dati su u Tabeli 3, gde su sa VT i NT označene viša i niža tarifa, respektivno.

Tabela 3. Ulazni podaci za obračun naknade za pristup distributivnom sistemu

Preuzeta EE [kWh]	Utrošena EE [kWh]	Cena pristupa distributivnom sistemu [RSD] [25]
VT: 403	VT: 0	VT: 3,879
NT: 287	NT: 270	NT: 0,970

Obračun ukupne naknade za pristup distributivnom sistemu na osnovu podataka u Tabeli 3:

$$(403-0) \cdot 3,879 + (287-270) \cdot 0,970 = 1579,73 \text{ RSD}.$$

U slučaju da je korisnik sa jednotarifnim merenjem aktivne energije tada je cena pristupa distributivnom sistemu jednaka 3,394 RSD po kWh [25].

III PRORAČUN SOLARNOG SISTEMA ZA KUPCA-PROIZVOĐAČA IZ KATEGORIJE DOMAĆINSTVO

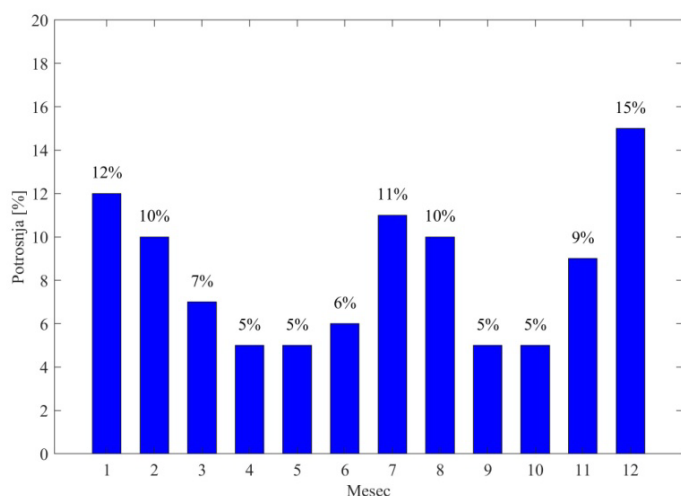
3.1. Prosečna godišnja potrošnja domaćinstva

Na osnovu podataka o potrošnji električne energije u Srbiji za 2021. godinu, izdvojen je uzorak, čiji podaci su iskorišćeni kao ulaz za proračun. Izabrano je šest grupa potrošača definisanih prema godišnjoj potrošnji. U Tabeli 4 su prikazani opsezi godišnje potrošnje za posmatranu grupu u uzorku i prosečna godišnja potrošnja domaćinstava za koja je sproveden proračun. Za svaku grupu analizirana su tri slučaja:

1. domaćinstvo je sa dvotarifnim (DT) obračunom aktivne energije i potrošnjom u %VT koja iznosi 75%;
2. domaćinstvo je sa dvotarifnim obračunom aktivne energije i potrošnjom u %VT koja iznosi 60%;
3. domaćinstvo sa jednotarifnim (JT) obračunom aktivne energije.

Tabela 4. Prosečna godišnja potrošnja analiziranih domaćinstava

Domaćinstvo / grupa	Godišnja potrošnja domaćinstva [kWh/god]	Prosečna god. potrošnja [kWh/po mernom mestu]
1	3501-5000	4220
2	6001-7500	6700
3	9001-10500	9700
4	12001-13500	12685
5	15001-20000	16854
6	>30000	42491



Slika 1. Raspodela potrošnje električne energije domaćinstva po mesecima

Raspodela ukupne godišnje potrošnje domaćinstva po mesecima u godini je prikazana na Slici 1. Prikazana raspodela odgovara potrošaču koji koristi električnu energiju za grejanje tokom zimskog i hlađenje tokom letnjeg perioda.

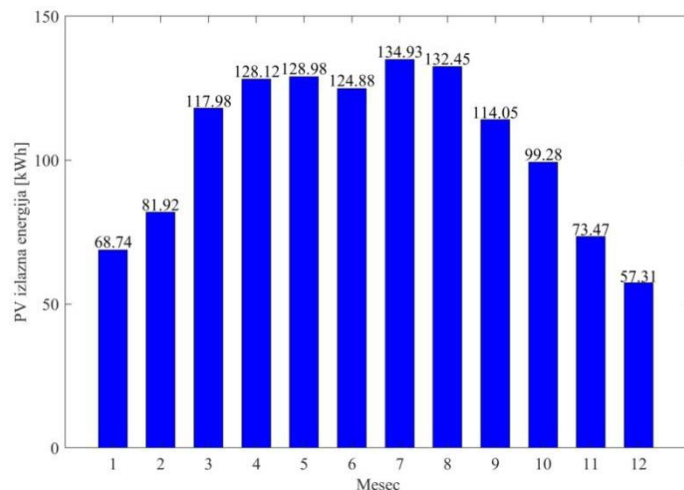
3.2. Izbor snage solarne elektrane

Optimalan izbor snage solarne elektrane u sistemu kupca-proizvođača bio bi onaj kod kojeg na kraju perioda poravnanja ne postoji višak isporučen u elektrodistributivni sistem. Prema važećoj regulativi, 31. marta se vrši poravnanje, kada se višak, ukoliko postoji, vraća na nulto stanje.

Dodatno, viškovi koji su predati u određenoj tarifi samo u toku trajanja te tarife mogu biti iskorišćeni. Iz tog razloga, prilikom procene snage solarne elektrane, treba napraviti razliku između domaćinstava koja koriste jednotarifni i dvotarifni obračun električne energije. U slučaju da se za merenje električne energije koristi dvotarifni obračun, za analizirano domaćinstvo potrebno je odrediti ukupnu potrošnju u VT ostvarenu tokom 12 meseci. U proračunu je pretpostavljeno da je u NT proizvodnja solarne elektrane jednaka 0. Tako da se u slučaju postojanja viškova oni koriste da pokiju potrošnju domaćinstva u VT. Kod domaćinstava kod kojih se koristi jednotarifni obračun određuje se ukupna godišnja potrošnja električne energije.

3.3 Podaci za procenu proizvodnje solarne elektrane

U proračunu su korišćeni podaci proizvodnje PV panela koji su preuzeti sa PVGIS Online Tool [26] za izabranu lokaciju u Beogradu. Optimalni nagibni ugao od 38° je izabrao PVGIS Online Tool, azimutni ugao jednak je 0° i gubici PV sistema 14%. Prema dobijenim podacima, za instaliran 1 kWp PV panela, godišnja proizvodnja inosi 1262,09 kWh. Na Slici 2 je prikazana proizvodnja po mesecima na izabranoj lokaciji.



Slika 2. Proizvodnja za instaliran 1 kWp PV panela

3.4. Procena optimalne instalisane snage solarne elektrane

U Tabeli 5 su prikazane procenjene optimalne instalisane snage solarne elektrane za šest analiziranih grupa potrošača. Za domaćinstva sa većom ukupnom godišnjom potrošnjom (16854 kWh za JT obračun aktivne energije i 42491 kWh za sva tri analizirana slučaja) optimalna snaga solarne elektrane premašila je maksimalno dozvoljenih 10,8 kW. Zbog ovog ograničenja, izabrana je maksimalno dozvoljena instalisana snaga i dalji proračun je izvršen sa snagom od 10,8 kW.

Tabela 5. Procenjene optimalne instalisane snage solarne elektrane

Dom. /grupa	Prosečna god. potrošnja [kWh]	Instalisana snaga solarne elektrane [kW]		
		Dom. DT, 75% VT	Dom. DT, 60% VT	Dom. JT
1	4220	2,5	2	3,3
2	6700	3,9	3,2	5,2
3	9700	5,7	4,6	7,6
4	12685	7,4	6	9,9
5	16854	9,9	7,9	10,8
6	42491	10,8	10,8	10,8

IV PROCENA ISPLATIVOSTI PRIMENE SOLARNIH SISTEMA KOD KUPCA-PROIZVOĐAČA IZ KATEGORIJE DOMAĆINSTVO

U ovom poglavlju izvršena je procena isplativosti primene solarnih sistema. Vrednost potrebnih sredstava za instalaciju solarnog sistema izračunata je prema formuli (1). Kod proračuna uštede u računu za električnu energiju obuhvaćeno je plaćanje:

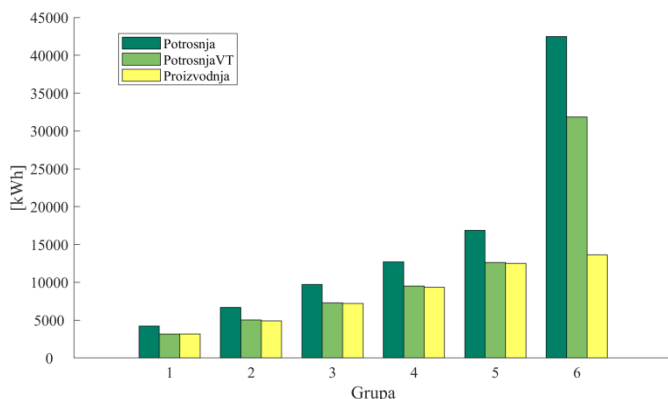
- naknade za utrošenu električnu energiju,
- naknade za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije,
- naknade za unapređenje energetske efikasnosti,
- naknade za pristup DS za razliku preuzete i utrošene električne energije,

uz uračunatu akcizu i PDV.

Vreme povraćaja investicije je procenjeno poređenjem potrebnih sredstava za instalaciju solarne elektrane i uštede na računu za električnu energiju.

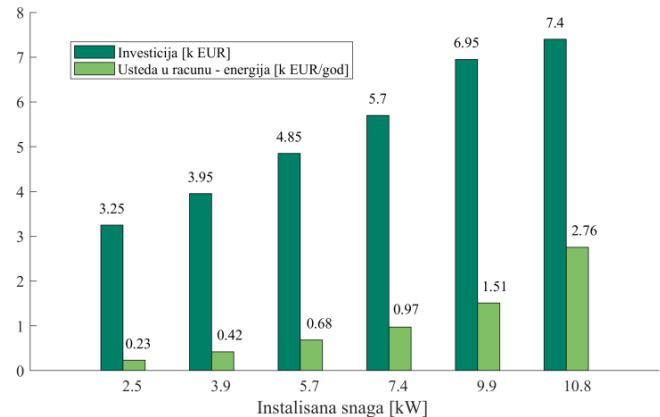
4.1. Domaćinstvo sa dvotarifnim obračunom aktivne energije i potrošnjom koja u VT iznosi 75%

Na Slici 3 prikazana je ukupna godišnja potrošnja električne energije domaćinstva sa dvotarifnim obračunom aktivne energije, pri čemu potrošnja u VT iznosi 75%, kao i potrošnja u VT i procenjena proizvodnja solarne elektrane kupca-proizvođača. Rezultati su prikazani za šest analiziranih grupa.

**Slika 3.** Godišnja potrošnja EE (ukupna i u VT) i PV proizvodnja KP čija je potrošnja 75% u VT

Na Slici 4, na apscisnoj osi su označene snage solarne elektrane za svaku analiziranu grupu, dok bar dijagram prikazuje potrebna sredstva za instalaciju solarne elektrane i uštedu na računu za

električnu energiju na godišnjem nivou. U Tabeli 6 je dodatno prikazano i vreme povraćaja investicije, određeno poređenjem prethodna dva podatka.

**Slika 4.** Vrednost investicije i ušteda u računu za električnu energiju za KP sa DT obračunom i 75% u VT**Tabela 6.** Rezultati za KP sa DT obračunom i 75% u VT

P_{inst} [kW]	C_{invest} [EUR]	Ušteda u računu [EUR]	Vremene povraćaja investicije [god]	Višak EE [kWh]
2,5	3250	233,13	13,94	73,4
3,9	3950	421,73	9,37	108,4
5,7	4850	682,78	7,1	163,3
7,4	5700	971,07	5,87	207,1
9,9	6950	1510,79	4,6	283,2
10,8	7400	2755,4	2,69	0

Na Slici 4 i u Tabeli 6 se može uočiti da sa porastom instalisane snage solarne elektrane rastu potrebna sredstva za njenu realizaciju, ali brže rastu i uštede u računima, što dovodi do toga da se sa porastom instalisane snage vreme povrata investicije smanjuje.

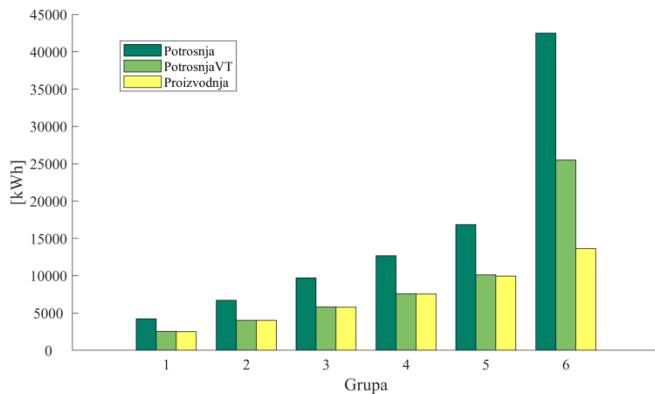
U Tabeli 6 su prikazani viškovi električne energije na kraju perioda za poravnanje (31. marta). Za domaćinstva čija je ukupna godišnja potrošnja jednaka 42491 kWh, optimalna snaga solarne elektrane bi iznosila 24,8 kW. Međutim, zbog ograničenja koje nameće regulativa, proračun je izvršen tako što je izabrana snaga elektrane 10,8 kW. Kako je ova snaga ispod optimalne, na kraju svakog meseca u godini višak je iznosio 0 kWh.

4.2. Domaćinstvo sa dvotarifnim obračunom aktivne energije i potrošnjom koja u VT iznosi 75%

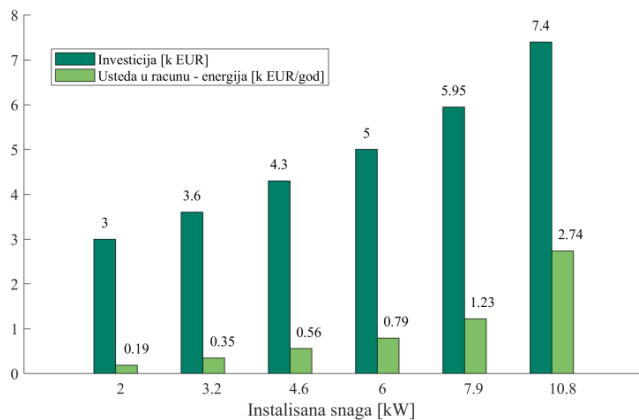
Na Slici 5 je prikazana ukupna godišnja potrošnja električne energije domaćinstva sa dvotarifnim obračunom aktivne energije i potrošnjom koja u VT iznosi 60%, potrošnja u VT i procenjena proizvodnja solarne elektrane kupca-proizvođača. Rezultati su prikazani za šest analiziranih grupa. Na Slici 6 na apscisnoj osi su označene snage solarne elektrane za svaku analiziranu grupu, a bar dijagram prikazuje potrebna sredstva za instalaciju solarne elektrane i uštedu u računu za električnu energiju, dok je u Tabeli 7 prikazano i vreme povraćaja investicije.

Na osnovu dobijenih rezultata se može i u ovom slučaju uočiti da sa porastom instalisane snage solarne elektrane rastu potrebna sredstva za njenu realizaciju, kao i da brže rastu uštede u

računima, tako da sa porastom instalisane snage vreme povrata investicije se smanjuje.



Slika 5. Godišnja potrošnja EE (ukupna i u VT) i PV proizvodnja KP čija je potrošnja 60% u VT



Slika 6. Vrednost investicije i ušteda u računu za električnu energiju za KP sa DT obračunom i 60% u VT

Tabela 7. Rezultati za KP sa DT obračunom i 60% u VT

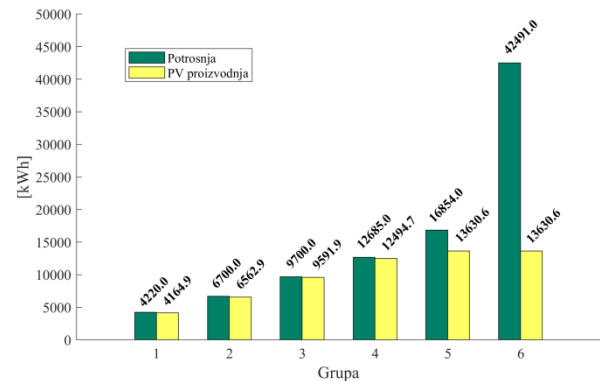
P_{inst} [kW]	C_{invest} [EUR]	Ušteda u računu [EUR]	Vremene povraćaja investicije [god]	Višak EE [kWh]
2	3000	188,32	15,93	58,7
3,2	3600	349,18	10,31	96,1
4,6	4300	556,45	7,73	135,3
6	5000	793,35	6,3	175,1
7,9	5950	1225	4,86	224,2
10,8	7400	2737	2,7	0

U Tabeli 7 su prikazani viškovi električne energije na kraju perioda za poravnanje (31. marta). Za domaćinstva čija je ukupna godišnja potrošnja jednaka 42491 kWh, optimalna snaga solarne elektrane bi iznosila 19,8 kW. Međutim, zbog ograničenja koje nameće regulativa, proračun je izvršen tako što je odabrana snaga elektrane od 10,8 kW. Kako je ova snaga ispod optimalne, na kraju svakog meseca u toku godine višak je iznosio 0 kWh.

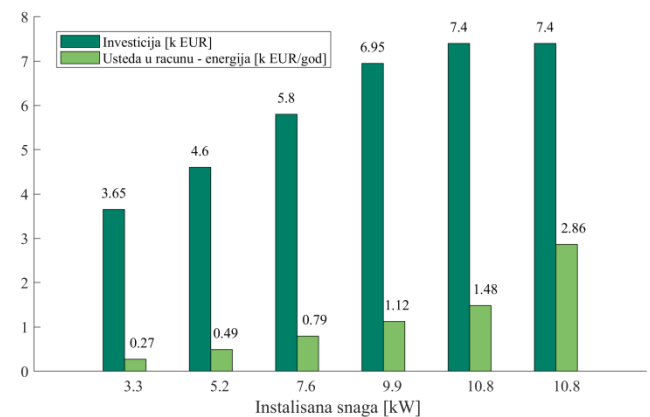
4.3. Domaćinstvo sa jednotarifnim obračunom aktivne energije

Na Slici 7 je prikazana potrošnja električne energije i PV

proizvodnja kupca-proizvođača sa JT obračunom aktivne energije. Snage male solarne elektrane po analiziranim grupama su date u Tabeli 8. Na Slici 7 se može uočiti da je za svaku grupu ukupna godišnja potrošnja veća od ukupne godišnje PV proizvodnje, tako da u ovom slučaju nema viškova na kraju perioda poravnanja. Na Slici 8 na x-osi su označene snage solarne elektrane za svaku analiziranu grupu. Bar dijagram prikazuje potrebna sredstva za instalaciju solarne elektrane i uštedu u računu za električnu energiju, dok Tabela 8 prikazuje i vreme povraćaja investicije određeno poređenjem prethodna dva podatka. Kao i u prethodna dva slučaja, može se uočiti da sa porastom instalisane snage solarne elektrane rastu potrebna sredstva za njenu realizaciju, kao i uštede u računima, dok se vreme povrata investicije smanjuje.



Slika 7. Godišnja potrošnja EE i PV proizvodnja KP sa JT obračunom



Slika 8. Vrednost investicije i ušteda u računu za električnu energiju za KP sa JT obračunom

Tabela 8. Rezultati za KP sa JT obračunom

P_{inst} [kW]	C_{invest} [EUR]	Ušteda u računu [EUR]	Vremene povraćaja investicije [god]	Višak EE [kWh]
3,3	3650	271,69	13,43	0
5,2	4600	489,91	9,39	0
7,6	5800	792,26	7,32	0
9,9	6950	1124,64	6,18	0
10,8	7400	1482,53	4,99	0
10,8	7400	2861,05	2,59	0

Za sva tri analizirana slučaja, domaćinstva sa DT obračunom aktivne energije pri 75% i 60% potrošnje u višoj tarifi, kao i JT obračunom, rezultati su pokazali da sa porastom instalisane snage solarne elektrane rastu i potrebna sredstva za njenu realizaciju, što je i očekivano. Istovremeno, povećanje instalisane snage dovodi do većih godišnjih ušteda na računima za električnu energiju, što rezultira kraćim periodom povraćaja investicije za veće instalisane snage.

Takođe, treba imati u vidu da su za potrošače čija je optimalna instalisana snaga manja od dozvoljenih 10,8 kW proračuni izvršeni za solarne elektrane sa instalisanom snagom koja odgovara optimalnoj vrednosti za analizirana domaćinstva. Ukoliko bi se instalirala elektrana sa snagom većom od optimalne, period povrata investicije bi se produžio, što bi moglo dovesti do toga da ulaganje postane neisplativo tokom životnog veka sistema.

Kod potrošača kod kojih je optimalna instalisana snaga veća od dozvoljenih 10,8 kW, primena ograničenja i izbor snage od 10,8 kW, koja je manja od optimalne, dovodi do značajno manje PV proizvodnje u odnosu na potrošnju. Ukoliko bi izbor optimalne snage za ove potrošače bio moguć, investicioni troškovi bi se povećali, ali bi se smanjila potrošnja električne energije u skupljjoj zoni, čime bi ušteda u računu bila značajna, pa bi se i održao kraći period otplate.

U slučaju DT obračuna (Tabela 6 i Tabela 7) može se primetiti da višak električne energije na kraju obračunskog perioda nije jednak nuli. Razlog za to leži u činjenici da je izbor optimalne instalisane snage vršen na osnovu ukupne godišnje potrošnje u VT, bez uzimanja u obzir raspodele potrošnje po mesecima u trenutku izbora. Daljom analizom ispitano je da li bi smanjenje instalisane snage, tako da se višak električne energije na kraju obračunskog perioda svede na nulu, dovelo do boljeg ekonomskog efekta za potrošača. Rezultati su pokazali da bi smanjenje instalisane snage umanjilo potrebna investiciona sredstva, ali bi dovelo i do smanjenja ušteda na računima za električnu energiju u meri da bi se period povraćaja investicije produžio, čime bi ukupna isplativost ulaganja bila umanjena.

Prilikom određivanja vremena povraćaja investicije nije razmatran životni vek invertora, koji traje od 10 do 15 godina. To znači da postoji mogućnost da će nakon tog perioda biti potrebna zamena invertora, što bi dovelo do dodatnih troškova u godini kada dođe do zamene. Takođe, nije razmatrana mogućnost dobijanja sredstava iz Programa subvencija koji sprovode 137 jedinica lokalne samouprave i gradske opštine. Ovaj program može pokriti do 50% početnih investicionih troškova, sa maksimalnim iznosom od 420000 RSD po domaćinstvu, za sisteme do 6 kW. Ukoliko bi potrošač dobio subvenciju to bi značajno smanjilo trošak potrošača i doprinelo skraćenju vremena povraćaja investicije.

V ZAKLJUČAK

U radu je analiziran uticaj ugradnje solarnih sistema kao primene novih tehnologija u domaćinstvima. U radu je dat uvid u ključne ekonomske faktore koji utiču na odluku o investiranju, uključujući procenu troškova instalacije, očekivane uštede na računima za električnu energiju i vremenski okvir povraćaja

ulaganja. Analiza je obuhvatila primenu solarnih sistema u domaćinstvima kategorije kupaca-proizvođača sa različitim nivoima godišnje potrošnje električne energije i različitim obračunom aktivne energije (DT ili JT), kao i različitim odnosima potrošnje u višoj i nižoj tarifi u slučaju DT obračuna. Analiza ukazuje na značaj izbora instalisane snage u zavisnosti od načina obračuna aktivne energije (DT ili JT), kao i procenta potrošnje električne energije u višoj tarifi u slučaju DT obračuna. Neadekvatan izbor bi mogao rezultirati nedovoljnim, ili sa druge strane većim instalisanim snagama, koje bi imale duži period povraćaja investicije ili bi čak bile neisplative.

ZAHVALNICA/ACKNOWLEDGEMENT

Autorke izražavaju zahvalnost Evropskoj fondaciji za klimu (European Climate Foundation) na podršci u realizaciji ove studije i naučnog rada. Takođe, prva i druga autorka izražavaju zahvalnost Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, kao i projektu SUNRISE, HORIZON WIDERA-2021-ACCESS-03, u okviru ugovora o grantu br. 101079200, na njihovoj finansijskoj podršci.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] EU Market Outlook For Solar Power 2023 - 2027, <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/eu-market-outlook-for-solar-power-2023-2027> [pristupljeno 23.12.2024]
- [2] Study on "Residential Prosumers in the European Energy Union", https://commission.europa.eu/system/files/2017-11/study-residential-prosumers-energy-union_en.pdf [pristupljeno 23.12.2024]
- [3] Commercial Prosumers as Catalysts for Solar PV Adoption in South East Europe, https://www.euki.de/wp-content/uploads/2022/01/Integrated-Copy_AGORA_Commercial-Prosumers_CLEAN-COPY_FINAL-1.pdf [pristupljeno 23.12.2024]
- [4] Scaling-up Solar PV in the Western Balkan Region, Synthesis of Country Findings, Vienna, Austria, November 12 2019, E3 Analytics
- [5] Frey, B. The Energy Transition in the Western Balkans: The Status Quo, Major Challenges and How to Overcome them, The Vienna Institute for International Economic Studies, Vienna, 2024. <https://wiiw.ac.at/the-energy-transition-in-the-western-balkans-the-status-quo-major-challenges-and-how-to-overcome-them-dlp-6896.pdf> [pristupljeno 26.12.2024]
- [6] Couture, T.D., Turkovic, M. Scaling-up Distributed Solar PV in Serbia: Market Analysis and Policy Recommendations, 2020. https://www.e3analytics.eu/wp-content/uploads/2020/11/E3A_Country-Report_Serbia.pdf [pristupljeno 26.12.2024]
- [7] Couture, T.D., Kusljugic, M. Scaling-up Distributed Solar PV in Bosnia and Herzegovina: Market Analysis and Policy Recommendations, 2020. <https://www.e3analytics.eu/project/scaling-up-distributed-solar-pv-in-bosnia-and-herzegovina-market-analysis/> [pristupljeno 26.12.2024]
- [8] Zakon o energetici, ("Sl. glasnik RS", br. 145/2014, 95/2018 - dr. zakon, 40/2021, 35/2023 - dr. Zakon, 62/2023 i 94/2024), <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/skupstina/zakon/2014/145/1/reg> [pristupljeno 05.12.2024]
- [9] Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja električnom energijom, ("Sl. glasnik RS", br. 84/2023), https://www.paragraf.rs/propisi/uredba_o_uslovima_iskoruke_i_snabdevanja_elektricnom_energijom.html [pristupljeno 05.12.2024]
- [10] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije ("Sl. glasnik RS", br. 40/2021 i 35/2023), <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-korisnjenju-obnovljivih-izvora-energije.html> [pristupljeno 05.12.2024]
- [11] Uredba o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca – proizvođača i snabdevača, "Službeni glasnik RS", br. 83 od 27. avgusta 2021, 74 od 1. jula 2022, <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2021/83/1/reg> [pristupljeno 05.12.2024]
- [12] Kuzman, M., Grujić, D. Uloga zajednica obnovljivih izvora energije u energetske tranziciji, Energija, ekonomija, ekologija, Vol.25, No. 1, pp. 40-50, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-1.40K>

- [13] Grujić, D., Vučić, D., Kuzman, M. Uporedna analiza i mogućnosti unapređenja položaja kupaca-proizvođača u Crnoj Gori i Republici Srbiji, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 3, pp 63-69, 2024. <https://doi.org/10.46793/EEE24-3.63G>
- [14] Grujić, D., Kuzman, M., Đurišić, Ž. Unapređivanje načina obračuna pristupa distributivnom sistemu električne energije, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 25, No. 4, pp. 28-37, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-4.28G>
- [15] Grujić, D., Kuzman, M., Đurišić, Ž. Upotreba cenovnih signala u cilju ubrzanja energetske tranzicije, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 4, pp. 11-18, 2024. <https://doi.org/10.46793/EEE24-4.11G>
- [16] Grujić, D., Kuzman, M. Stambena zajednica u ulozi kupca-proizvođača, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 1, pp11-21, 2024. <https://doi.org/10.46793/EEE24-1.11G>
- [17] Grujić, D., Kuzman, M., Đurišić, Ž. Novi model obračuna električne energije kupaca-proizvođača, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 25, No. 2, pp. 57-67, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-2.57G>
- [18] Registri kupaca - proizvođača [pristupljeno 7.03.2025]
Kupac koji je domaćinstvo, <https://elektrodistribucija.rs/pdf/DOMACINSTVA.pdf>
Kupac - proizvođač koji je stambena zajednica, https://elektrodistribucija.rs/pdf/STAMBENA_ZAJEDNICA.pdf
Kupac - proizvođač koji nije ni domaćinstvo ni stambena zajednica https://elektrodistribucija.rs/pdf/OSTALI_KP.pdf
- [19] Kako postati kupac-proizvođač, <https://www.eps.rs/lat/snabdevanje/Stranice/kupac-proizvodjac.aspx> [pristupljeno 7.03.2025]
- [20] Objašnjenje računa, <https://www.eps.rs/lat/snabdevanje/Stranice/objasnjenje-racuna-kp.aspx> [pristupljeno 7.03.2025]
- [21] Objašnjenje prozjumerškog računa za električnu energiju, <https://prozumer.rs/objasnjenje-prozjumerskog-racuna-za-elektricnu-energiju/#> [pristupljeno 7.03.2025]
- [22] Uredba o naknadi za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije, (Sl. glasnik RS, br. 50/2024). <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-o-naknadi-za-podsticaj-povlascenih-proizvodjaca-elektricne-energije.html> [pristupljeno 7.03.2025]
- [23] Zakon o naknadama za korišćenje javnih dobara, "Sl. glasnik RS", br. 95/2018, 49/2019, 86/2019 - usklađeni din. izn., 156/2020 - usklađeni din. izn., 15/2021 - dop. usklađenih din. izn., 15/2023 - usklađeni din. izn., 92/2023, 120/2023 - usklađeni din. izn. i 99/2024 - usklađeni din. izn. <https://www.paragraf.rs/propisi/zakon-o-naknadama-za-koriscenje-javnih-dobara.html> [pristupljeno 7.03.2025]
- [24] Odluka o utvrđivanju metodologije za određivanje cene pristupa sistemu za distribuciju električne energije, "Sl. glasnik RS", br. 105/2012, 84/2013, 87/2013, 143/2014, 65/2015, 109/2015, 98/2016, 99/2018 i 158/2020, <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/drugidrzavniorganiorganizacije/odluka/2012/93/3/reg> [pristupljeno 7.03.2025]
- [25] Odluka o ceni pristupa sistemu za distribuciju električne energije, <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/drugeorganizacije/odluka/2019/77/3> [pristupljeno 7.03.2025]
- [26] Photovoltaic Geographical Information System, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ [pristupljeno 1.12.2024]

AUTORI/AUTHORS

dr Jelisaveta Krstivojević - Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, j.krstivojevic@etf.rs, ORCID [0000-0003-4906-6433](https://orcid.org/0000-0003-4906-6433)
dr Jelena Stojković Terzić - Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, jstojkovic@etf.rs, ORCID [0000-0002-6948-3755](https://orcid.org/0000-0002-6948-3755)
Dunja Grujić – Flaner d.o.o, dunja.grujic@flaner.rs, ORCID [0000-0001-9298-6249](https://orcid.org/0000-0001-9298-6249)

Profitability Analysis of Solar System Implementation for Prosumer Households

Abstract – This paper analyses the impact of solar system installation as an application of new technologies in households, focusing on cost assessment, electricity bill savings, and investment payback period. An initial comparison of electricity bill components will be presented between consumers who are not prosumers and those who are. Subsequently, the analysis will cover the application of solar systems in prosumer households with different levels of annual electricity consumption and varying consumption ratios between higher and lower tariff rates. Six consumer groups differing in average annual electricity consumption will be considered, with two consumption ratio scenarios between higher and lower tariff rates analysed for each group. Based on electricity consumption data, the adopted annual consumption distribution by months, and solar system production models obtained using the PVGIS Online Tool, optimal installed solar system capacities for the analysed consumer groups will be determined. The analysis will include the evaluation of required investment funds, expected electricity bill savings, and investment payback periods. Special attention will be given to the impact of the consumption ratio between higher and lower tariff rates on the selection of optimal solar system capacity, as well as the possibilities of utilizing excess generated energy. The expected results should highlight the profitability and justification of the investment depending on the household's annual electricity consumption value.

Index Terms – Prosumer, Solar system, Optimal installed capacity, Economic impact, Households