



Broj rada: R-4.05

DOI broj: [10.46793/CIREĐ24.R-4.05ST](https://doi.org/10.46793/CIREĐ24.R-4.05ST)

## MOGUĆNOSTI OPTIMIZACIJE KONFIGURACIJE SOLARNIH ELEKTRANA SNAGA DO 10 MW KROZ TEHNO-EKONOMSKU ANALIZU

### TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF CONFIGURATION OPTIMIZATION OF SOLAR POWER PLANTS UP TO 10 MW

Sima TATALOVIĆ, Sage Solutions d.o.o. Srbija  
Milan JOVIĆIĆ, Sage Solutions d.o.o. Srbija  
Uroš VUKOVIĆ, Kodar Energomontaža d.o.o., Srbija

#### KRATAK SADRŽAJ

Ovaj rad bavi se optimizacijom konfiguracije solarnih elektrana na zemlji, kroz analizu tehničkih i ekonomskih parametara elektrane, varirajući tehnička i tehnološka rešenja energetske opreme u zavisnosti od raspoloživog prostora, odobrene snage na pragu prenosa u sistem i željenih ciljeva investicije.

Prva studija slučaja obuhvatila je analizu uz variranje tipa solarnih panela i razmaka između redova za slučaj kada odobrena snaga elektrane prevazilazi mogućnosti raspoloživog zemljišta.

Drugom studijom slučaja razmotreno je više različitih mogućnosti izbora elektroenergetske opreme transformatorskih stanica SN/NN, snage i naponskog nivoa invertora, u okviru koje je izvršeno finansijsko upoređivanje u cilju pronalaženja optimalnog rešenja.

Dodatno je razmotren slučaj kada se na raspoloživom zemljištu može postaviti elektrana instalisane snage veće od odobrene uz primenu ograničavanja izlazne snage u letnjim mesecima.

Kroz strateško donošenje odluka na osnovu ključnih pokazatelja i bazne tehnološke analize obrađene u ovom radu sa iznetim zaključcima, investitori i projektanti mogu optimizovati proizvodnju energije, investiciona ulaganja i dobit, a ujedno podstaći održivi rast u sektoru obnovljive energije.

**Ključne reči:** solarna elektrana, tehnološka analiza, transformatorska stanica, fotonaponski paneli, topologija interne mreže, optimizacija

#### ABSTRACT

Subject of this research paper is the optimization of the configuration of solar power plants on the ground, through the analysis of the technical and economic parameters of the power plant, varying the technical and technological solutions of energy equipment depending on the available space, the approved power at the point of connection into the system and the desired investment goals.

The first case study included an analysis by varying the type of solar panels and the spacing between the rows for the scenario when the approved power of the plant exceeds the capabilities of the available land. The second case study considered a number of different options for choosing the power equipment of MV/LV transformer stations, the power and voltage level of the inverter, within which a financial comparison was made in order to find the optimal solution. Additional case was considered when a power plant with an installed power greater than the approved one can be placed on the available land while limiting the output power in the summer months is applied.

Through strategic decision-making based on key indicators and the basic techno-economic analysis processed in this paper with the presented conclusions, investors and designers can optimize energy production, investments and profits, and at the same time encourage sustainable growth in the renewable energy sector.

**Key words:** solar power plant, techno-economic analysis, transformer station, photovoltaic panels, internal power network topology, optimization

Sima Tatalović, [sima.tatalovic@sagesolutions.rs](mailto:sima.tatalovic@sagesolutions.rs)

Milan Jovićić, [milan.jovicic@sagesolutions.rs](mailto:milan.jovicic@sagesolutions.rs)

Uroš Vuković, [uros.vukovic@kodar.rs](mailto:uros.vukovic@kodar.rs);

## 1. UVOD

Nakon donošenja zakonske regulative u Republici Srbiji (1), korišćenje energije iz obnovljivih izvora prepoznato je i definisano kao javni interes Republike Srbije što je dovelo do porasta zainteresovanosti za ulaganja u izgradnju solarnih elektrana snage do 10 MW koje se priključuju na distributivni sistem električne energije (DSEE).

Referentnom važećom regulativom (2) definisane su maksimalne snage koje se mogu priključiti na DSEE za svaki od srednjenaponskih nivoa (10, 20 ili 35 kV) za tipske predefinisane načine priključenja. Za ovaj rad izabran je opseg snaga elektrane između 6 i 10 MW sa priključenjem na 35 kV naponski nivo, kao najkompleksniji i reprezentativan za željene analize.

Izazovi sa kojima se susreću investitori i projektanti prilikom koncipiranja solarnih elektrana, izbora tehničkih i tehnoloških rešenja su najvećim delom povezani sa sledećim pitanjima: kako optimalno iskoristiti raspoloživo zemljište; da li izabrati monofacijalne ili bifacijalne solarne panele; koji naponski nivo invertora izabrati 0.4 kV ili 0.8 kV; na koji način izvršiti transformaciju NN/SN – primenom centralizovanog rešenja ili primenom distribuiranih TS.

Kako bi se ovim radom dao odgovor na neka od ovih pitanja i definisala važnost tehno-ekonomske analize u cilju izbora optimalnih rešenja i izbora pravog pristupa, izabrani su za analizu sledeći zadaci iz realne prakse:

- a) **Na koji način optimalno projektovati solarnu elektranu odobrene snage<sup>1</sup> 7 MW na raspoloživom zemljištu površine 6,25 ha (Slučaj kada odobrena snaga prevazilazi mogućnosti raspoloživog zemljišta)**
- b) **Na koji način optimalno projektovati solarnu elektranu odobrene snage 7 MW na raspoloživom zemljištu površine 12,25 ha (Slučaj kada je odobrenu snagu moguće postići na raspoloživom zemljištu)**

Izbor pristupa za optimizaciju za dva navedena slučaja se značajno razlikuje. U slučaju manjka raspoloživog zemljišta, optimizacija se može postići po kriterijumu maksimalne godišnje proizvodnje električne energije i maksimalnog profita, dok se u drugom slučaju kada zemljište nije ograničenje, optimizacija vrši na način minimizacije troškova izgradnje elektrane. Mogući su i drugačiji pristupi, ali se autori ovog rada njima nisu bavili.

Kroz dve studije slučaja, na primeru iz prakse sa realno modelovanom topografijom terena, sa realnim, autorima dostupnim, podacima o karakteristikama i tržišnim cenama opreme i materijala, prikazana je mogućnost optimizacije rešenja koncipiranja solarne elektrane od 7 MW kroz tehno-ekonomsku analizu.

## 2. DEFINISANJE STUDIJE SLUČAJA

### 2.1 Studija slučaja 1: Odobrena snaga prevazilazi mogućnosti raspoloživog zemljišta

Na raspolaganju je zemljište, površine 6,25 ha, usvojenog pravilnog oblika 250x250 m sa dominantno južno orijentisanom padinom na koju je potrebno postaviti solarnu elektranu odobrene snage 7 MW. Iskustveni podaci autora i podaci iz literature (3) za referentni period u poslednjih nekoliko godina, sa trenutno dostignutim tehnološkim rešenjima, definišu prosečan parametar gustine snage od 0.7-0.9 MW/ha.

Iz navedenog jasno je da se radi o slučaju kada odobrena snaga prevazilazi mogućnosti raspoloživog zemljišta. Uobičajen pristup koncipiranja i projektovanja solarnih elektrana podrazumeva da se severno orijentisane padine ne koriste za postavljanje solarnih panela, da se izvrši minimizacija gubitaka usled senčenja za izabrani kriterijum (tipično za kratkodnevnicu 21.12. za položaj u zenitu) i da se obezbedi odgovarajuća saobraćajna infrastruktura unutar elektrane za potrebe održavanja.

Optimizacija za navedeni slučaj "Odobrena snaga prevazilazi mogućnosti raspoloživog zemljišta" može se sprovesti po kriterijumu maksimalne godišnje proizvodnje el.energije, povećanjem početnih ulaganja na način da se maksimalno iskoristi raspoloživo zemljište, smanjenjem razmaka između redova do nivoa zadržavanja funkcionalnosti na uštrb gubitaka usled senčenja.

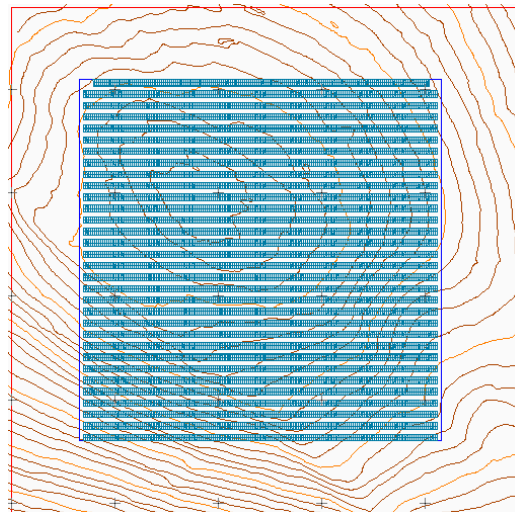
Analize će biti sprovedene na modelu i konfiguraciji solarne elektrane koji je prikazana na slici 1.

Izvršena je analiza osetljivosti osnovnih pokazatelja: broja solarnih panela/stringova, broja invertora, gubitaka el.energije usled senčenja tokom godine i godišnje proizvodnje električne energije variranjem:

- Tipa panela (monofacijalni ili bifacijalni)
- Razmakom između redova stringova
- Načina postavljanja panela na severnoj i južno orijentisanoj padini (promenljiv razmak)

---

<sup>1</sup> Odobrena snaga je snaga definisana na pragu prenosa u distributivni sistem od strane operatora distributivnog sistema



Slika 1 - Konfiguracija solarne elektrane uz studiju slučaja 1 - plava linija predstavlja obuhvat elektrane za slučaj 1, a crvena linija obuhvat elektrane za slučaj 2

Rezultati proračunskih analiza primenom licenciranog softvera PVCase i modula ground mount i Yield (4) prikazani su tabelarno u tabeli 1.

Tabela 1 - Proračunske analize studije slučaja 1

STUDIJA SLUČAJA 1								
Razmak između stringova	2.5m	3.5m	2.5m	3.5m	Promenljiv (3-4m)	Promenljiv (3-4m)	2.5m	3.5m
Tip panela	Monofacijalni	Monofacijalni	Bifacijalni	Bifacijalni	Monofacijalni	Bifacijalni	Bifacijalni	Bifacijalni
Snaga panela	560Wp	560Wp	590Wp	590Wp	560Wp	590Wp	700Wp	700Wp
Broj panela	15318	13248	14256	13248	13248	13248	12312	11502
DC Snaga (MWp)	8,58	7,42	8,41	7,82	7,42	7,82	8,6184	8,0514
Broj stringova	851	736	792	736	736	736	456	426
AC Snaga (MW)	7	6	7	6,5	6	6,5	7	6,5
Broj invertora	70	60	70	65	60	65	28	26
Broj zasenčenih panela (21. decembar zenit) (%)	3159 (20.6%)	970 (7.3%)	3159 (22.2%)	970 (7.3%)	528 (4.0%)	528 (4.0%)	3551	1345

<b>Godišnja proizvodnja AEP (MWh)</b>	10978	9542	11081	10376	9538	10386	11303	10624
<b>Yield (kWh/kWp)</b>	1278.80	1285.14	1313.44	1323.46	1284.66	1324.69	1309	1317
<b>Gubici usled senke (DC) (prednja strana) (MWh)</b>	1519.31	911.63	1449.65	961.57	959.88	970.58	1556	1102

Na osnovu rezultata analize, a polazeći od baznog scenarija sa monofacijalnim panelima i fiksnim razmakom između redova od 3.5m, uočava se:

- da u baznom scenariju instalisana snaga elektrane<sup>2</sup> iznosi 6MW;
- da smanjenjem razmaka na 2.5m, instalisana snaga elektrane iznosi 7 MW, broj panela i invertora se povećava za oko 16%, ali se i godišnja proizvodnja povećava oko 15% (1436 MWh godišnje), dok se broj zasečenih panela za definisan dan povećao tri puta, dok su gubici usled senčenja povećani 67%;
- da uz primenu bifacijalnih panela, instalisana snaga elektrane iznosi 6.5 MW, da se broj solarnih panela nije promenio, da se broj invertora neznatno povećao, a da se godišnja proizvodnja povećala 9% (834 MWh godišnje), dok su se gubici usled senčenja neznatno povećali (5%);
- da se najveća godišnja proizvodnja električne energije postiže uz primenu bifacijalnih panela sa razmakom od 2.5m između panela;
- da se optimalan prinos MWh/MWp postiže sa promenljivim razmakom uz primenu manjih razmaka na južno orijentisanoj padini, a povećanih razmaka (do 4m) na severno-orijentisanoj padini;
- povećanjem izlazne snage solarnih panela sa 590 W na 700 W uz zadržavanje identičnog invertora, postiže se povećanje godišnje proizvodnje svega 2%. U cilju dalje optimizacije, za izabranu veću jedničnu izlaznu snagu panela neophodno je izabrati kompatibilan inverter na način da se pravilnim i ispravnim formiranjem stringova postigne najveća proizvodnja električne energije, a čime se ovaj rad neće baviti.

## 2.2 Studija slučaja 2: Odobrenu snagu moguće postići na raspoloživom zemljištu

Na raspolaganju je zemljište, površine 12,25 ha, usvojenog pravilnog oblika 350x350 m sa dominantno južno orijentisanom padinom na koje je potrebno postaviti solarnu elektranu odobrene snage 7 MW.

U ovoj studiji slučaja, instalisanu snagu elektrane koja je jednaka odobrenoj snazi, moguće je postići na raspoloživom zemljištu na više načina. Optimizacija za navedeni slučaj 2 mogla bi se vršiti po kriterijumu minimizacije troškova izgradnje, tačnije izbora tehničkog rešenja elektrane od 7 MW na predmetnom zemljištu sa najnižom cenom.

Dodatno će u narednom poglavlju biti analiziran slučaj mogućnosti korišćenja kompletno raspoloživog zemljišta za postizanje instalisane snage elektrane veće od odobrene uz neophodna ograničenja snage u letnjim mesecima.

Analize će biti sprovedene na modelu i konfiguraciji solarne elektrane koji je prikazana na slici 1 označena crvenim kvadratom.

U ovoj studiji slučaja izvršena je analiza osetljivosti sledećih pokazatelja: brojnosti i karakteristika elektro opreme, godišnje proizvodnje električne energije i cene variranjem:

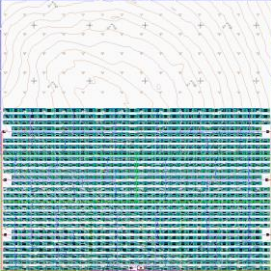
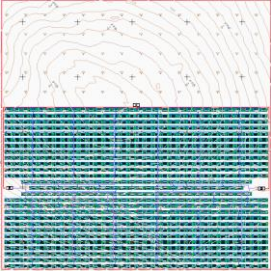
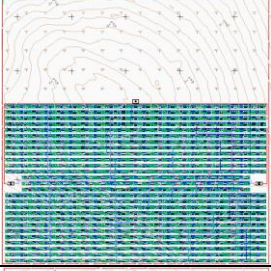
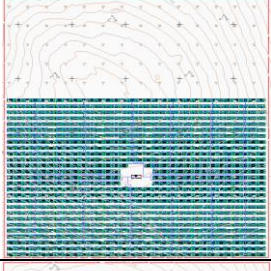
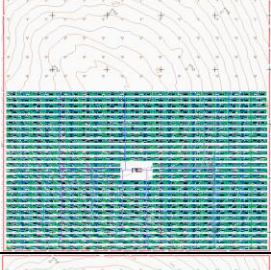
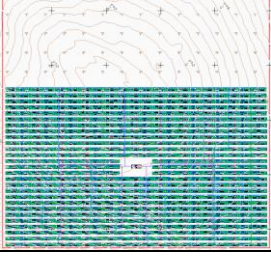
- Snage i izlaznog napona invertora
- Broja i snage transformatorskih stanica NN/SN

Kako bi se analizama pokrile sve ključne prepoznate mogućnosti u praksi definisano je 6 scenarija u tabeli broj 2.

Svi proračuni u ovoj analizi vršeni su primenom licenciranog softvera PVCase i modula ground mount i Yield.

<sup>2</sup> Instalisanu snaga elektrane jednaka je zbiru snaga invertora.

Tabela 2 - Scenariji za studiju slučaja 2

Scenario	TS SN/NN	invertori	Opis	Grafički prikaz
Scenario 1	7 TS x 1 MVA 35/0.4 kV	100 kW, 0,4 kV	Distribuirane TS 35/0.4 kV snage 1 MVA koje se napajaju iz razvodnog postrojenja 35 kV sa invertorima 100 kW	
Scenario 2	2 TS x 4 MVA 35/0.4 kV	100 kW, 0,4 kV	Distribuirane TS 35/0.4 kV snage 4 MVA koje se napajaju iz razvodnog postrojenja 35 kV sa invertorima 100 kW	
Scenario 3	2 TS x 4 MVA 35/0.8 kV	250 kW, 0,8 kV	Distribuirane TS 35/0.8 kV snage 4 MVA koje se napajaju iz razvodnog postrojenja 35 kV sa invertorima 250 kW	
Scenario 4	1 TS (cent) 2x 4 MVA 35/0.4 kV	100 kW, 0,4 kV	Centralizovana TS 35/0.4 kV snage 2x4 MVA sa invertorima 100 kW	
Scenario 5a	1 TS (cent) 2x 4 MVA 35/0.8 kV	250 kW, 0,8 kV	Centralizovana limena montažna TS 35/0.8 kV snage 2x4 MVA sa invertorima 250 kW	
Scenario 5b	1 TS (cent) 2x 4 MVA 35/0.8 kV	250 kW, 0,8 kV	Centralizovana zidana TS 35/0.8 kV snage 2x4 MVA sa invertorima 250 kW	

Rezultati proračuna količina elektro opreme po definisanim scenarijima prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3 - Rezultati proračuna za studiju slučaja 2

STUDIJA SLUČAJA 2					
Scenario	1	2	3	4	5a,5b
Tip panela	Monofacijalni	Monofacijalni	Monofacijalni	Monofacijalni	Monofacijalni
Snaga panela	560Wp	560Wp	560Wp	560Wp	560Wp
Broj panela	15300	15300	15336	15300	15336
DC Snaga (MWp)	8,568	8,568	8,58816	8,568	8,58816
Broj stringova	850	850	568	850	568
AC Snaga (MW)	7	7	7	7	7
Broj invertora	70	70	28	70	28
Broj trafostanica	7 x 1MVA	2 x 4MVA	2 x 4MVA	1x(2 x 4) MVA Cent.	1x(2 x 4) MVA Cent.
Dužina DC kablova 4mm <sup>2</sup> (m)	44393	44041	47963	45217	49422
Tip i dužina AC kablova (m)	PP00-A 4x150mm <sup>2</sup>	PP00-A 4x150mm <sup>2</sup>	PP00-A 4x185mm <sup>2</sup>	PP00-A 4x150mm <sup>2</sup>	PP00-A 4x185mm <sup>2</sup>
	6161	9279	4010	9652	3819
AEP (MWh)	10926	10884	10945	10879	10961
Yield (kWh/kWp)	1274,23	1269,24	1273,41	1268,77	1275,27

Rezultati proračuna sa prikazom procentualnog učešća cena opreme i materijala za svaki definisan scenario u odnosu na bazni prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4 – Normalizovana finansijska analiza scenarija

R.br.	Opis pozicije/Scenario	S1	S2	S3	S4	S5a	S5b
1	TS SN/NN	100%	190%	219%	238%	257%	310%
2	Invertor	100%	100%	60%	100%	60%	60%
4	AC NN Kablovi	100%	150%	45%	156%	71%	71%
5	DC Kablovi	100%	98%	111%	101%	111%	111%
6	Kablovi 35 kV	100%	37%	37%	6%	6%	6%
7	Razvodno postrojenje 35 kV	100%	64%	64%	N/A*	N/A*	N/A*
<b>Ukupno</b>		<b>100,0%</b>	<b>118,4%</b>	<b>96,4%</b>	<b>117,7%</b>	<b>96,5%</b>	<b>109,3%</b>

\* RP 35 kV je sastavni deo TS SN/NN

Iz table 4 na osnovu rezultata uporedne cene elektro opreme, za svaki od scenarija, bez uvažavanja solarnih panela, može se zaključiti sledeće:

- Varijacija ukupne cene elektro opreme SE za različite scenarije u odnosu na bazni scenario iznosi od -3.5% do +18.5%;
- Najisplativiji scenariji su S3 i S5a sa uštedom od oko 3.5% u odnosu na bazni scenario;
- Najveću varijaciju i najveći uticaj na konačnu cenu ima izbor rešenja za TS SN/NN i izbor naponskog nivoa niskog napona;
- Povećanjem naponskog nivoa NN instalacija invertora sa 0.4 kV na 0.8 kV povećava se cena DC kablova, ali se smanjuje cena AC kablova i cena ulaganja u invertore;
- Za rešenje sa centralizovano postavljenom TS SN/NN, izborom rešenja sa zidanom zgradom vrednost investicije opreme i materijala raste za oko 13% u odnosu na rešenje sa limenim montažnim objektom.
- Optimizacija rešenja upućuje na izbor centralizovanog rešenja limene montažne TS SN/NN ili distribuiranog rešenja sa limenim montažnim TS SN/NN veće snage, sa inverterima za naponski nivo 0.8 kV.

U slučaju da se uvaži i cena solarnih panela, varijacija cena elektroenergetske opreme smanjuje opseg variranja u odnosu na scenarije od -2% do + 9%, a optimalnim izborom tehničkih rešenja elektro opreme moguće je na nivou cele investicije ostvariti uštede 3-4 %.



Iako su svi navedeni scenariji tehnički ispravni, navedena rešenja ipak nisu ravnopravna i odlikuju se određenim prednostima i manama:

- Bazni scenario sa distribuiranim rešenjem sa većim brojem TS SN/NN manje snage je modularno rešenje kojeg odlikuje što u slučaju kvara transformatorske jedinice ispada manja snaga u elektrani;
- Bazni scenario ima manje gubitke el.energije u internoj kablovskoj mreži;
- Rešenje sa transformatorskim stanicama SN/0.4 kV veće snage od 4 MVA odlikuje se visokim vrednostima struja na niskom naponu od preko 5500 A, a takođe i povećanim vrednostima struja kratkih spojeva u NN instalacijama elektrane, ali i povećanim gubicima el.energije
- Izborom naponskog nivoa invertora od 0.8 kV, zbog naponskih karakteristika na DC strani, moguće je solarne panele velikih snaga (700 W i više) kompatibilno i optimalno izabrati.

### 2.2.1 Elektrana instalisane snage veće od odobrene uz ograničenje u letnjim mesecima

U ovom poglavlju biće analiziran slučaj mogućnosti korišćenja kompletno raspoloživog zemljišta od 12.25 ha za elektranu iz studije slučaja 2 za postizanje instalisane snage elektrane veće od odobrene uz neophodna ograničenja snage u letnjim mesecima. U skladu sa ograničenjima zakonske regulative za snagu elektrane koja se priključuje na distributivni sistem od 10 MW (1), razmotriće se scenario u kojem će se iskoristiti raspoloživo zemljište za postavljanje solarnih panela i invertora za postizanje instalisane snage 9.99 MW u slučaju kada je odobrena snaga na pragu prenosa u distributivni sistema ograničena na 7 MW.

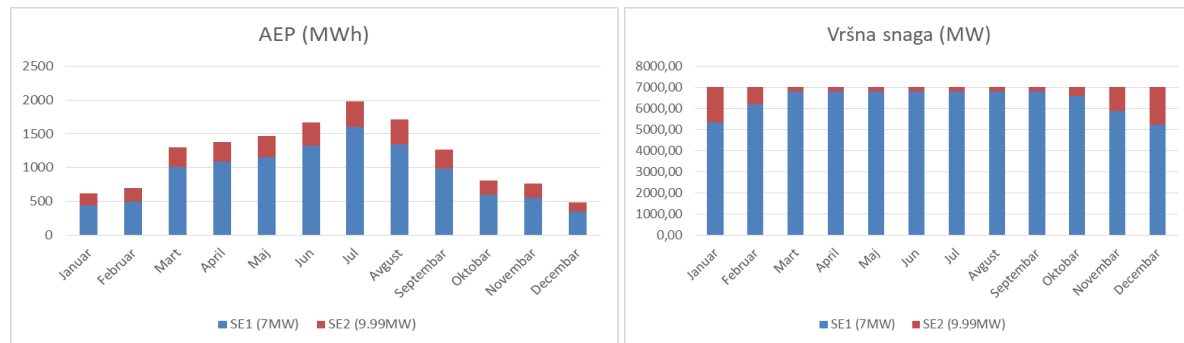
Dodatnim ulaganjem u solarne panele i invertore za dodatnih 2.99 MW instalisane snage postiže se efekat povećavanja proizvodnje tokom većeg dela godine od januara do maja i od septembra do decembra. U letnjim mesecima i satima kada solarni paneli mogu da proizvode instalisanu snagu koja je veća od odobrene snage primenjuje se ograničavanje proizvodnje na vrednost odobrene snage.

U tabeli 5 prikazana je uporedna analiza rešenja solarne elektrane instalisane snage od 7MW i od 9.99 MW na zemljištu površine 12.25 ha za odobrenu snagu od 7 MW.

Tabela 5 - Uporedna analiza rešenja solarne elektrane instalisane snage od 7MW i od 9.99 MW na zemljištu površine 12.25 ha za odobrenu snagu od 7 MW

Scenario	7 MW	9.99 MW sa ograničenjem	Razlika
Tip panela	Monofacijalni	Monofacijalni	/
Snaga panela	560Wp	560Wp	/
Broj panela	15300	21636	6336
DC Snaga (MWp)	8,57	12,12	3,55
Broj stringova	850	1202	352
AC Snaga (MW)	7	9,90	2,9
Broj invertora	70	99	29
Broj trafostanica	7 x 1MVA	10 x 1MVA	3 x 1MVA
Dužina DC kablova 4mm <sup>2</sup> (m)	44393	65199	20806
Dužina AC kablova (m)	6161	9199	3038
Dužina SN kablova (m)	1954	3104	1150
AEP (MWh)	10926	14145	3219
Godišnji gubici proizvodnje usled ograničenja MWh	0	1278	1278
Cena elektro opreme (%)	100	141%	41%

Na slici 2 prikazan je grafikon uporedne proizvodnje po mesecima za bazni slučaj elektrane instalisane snage od 7MW i elektrane instalisane snage 9.99 MW uz odobrenu snagu od 7 MW.



Slika 2 - Grafikon mesečne proizvodnje i vršne snage elektrane 7 MW i elektrane 9.99 MW

Na osnovu sprovedene analize, može se zaključiti na osnovu rezultata za konkretan primer da se značajni pozitivni efekti povećanja godišnje proizvodnje električne energije mogu postići dodatnom instalacijom opreme elektrane za postizanje instalisane snage koja je veća od odobrene do granica ograničenja koje diktiraju raspoloživo zemljište i zakonska regulativa. Dodatnim ulaganjem u elektro opremu u iznosu od oko 41% više u odnosu na bazni scenario, godišnja proizvodnja električne energije se povećava za oko 29.5% odnosno preko 3219 MWh godišnje.

### 3. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

Sprovedena tehno-ekonomska analiza sa razradom dve studije slučaja mogla bi se dalje dopuniti i poboljšati uvažavanjem procene gubitaka električne energije na godišnjem nivou i čitavom eksploatacionom veku objekta od 25 godina. U zavisnosti od lokacije i mogućnosti zemljišta, za narednu razradu predlaže se analiza optimizacije dodatnog ulaganja za instalisanu snagu preko odobrene snage gde bi se uradila analiza osetljivosti finansijskih parametara u zavisnosti od dodatne instalisane snage, sa koracima od po 0.5 ili 1 MW.

S'obzirom na rezultate ovog rada koji su pokazali da se centralizovanim rešenjem mogu postići uštede u odnosu na bazno decentralizovano rešenje, dodatne analize bi trebalo sprovesti na studiji slučaja kada je objekat TS SN/NN postavljen periferno, a ne centralno u odnosu na geometriju parcele elektrane.

U ovom radu nije bilo prostora za analizu uticaja "uparivanja" tj. kompatibilnosti izbora tipa i proizvođača solarnog panela i invertora, pa se uticaj ovog važnog faktora na optimizaciju rešenja može dalje analizirati u nekom od budućih radova.

### 4. ZAKLJUČAK

Sprovedene analize osetljivosti tehničkih i ekonomskih parametara za različita tehnička rešenja solarnih elektrana snaga do 10 MW koje se priključuju na distributivni sistem, pokazala su da se sprovođenjem tehno-ekonomske analize može izvršiti optimizacija po više različitih kriterijuma. Iako se generalni zaključci teško mogu izvući s'obzirom na kompleksnost teme, rezultati pokazuju trendove da izbor rešenja sa 0.8 kV naponskim nivoom NN instalacija uz primenu rešenja sa tipskim limenim montažnim objektima TS SN/NN veće snage donosi prednosti i uštede uz neophodnu proveru svih tehničkih normativa.

Takođe u slučaju nedostatka zemljišta, pristup optimizacije po kriterijumu maksimalne godišnje proizvodnje el.energije, povećanjem početnih ulaganja na način da se maksimalno iskoristi raspoloživo zemljište, smanjenjem razmaka između redova do nivoa zadržavanja funkcionalnosti na uštrb gubitaka usled senčenja se pokazuje kao opravdanim i zahteva posebnu pažnju za primenu na svakom pojedinačnom slučaju.

Rezultati analiza pokazali su da se optimalnim izborom tehničkih rešenja elektro opreme mogu ostvariti uštede od oko 3-4 % u odnosu na ukupnu cenu investicije.

U nekom od narednih radova, kao pravci dalje razrade teme nameće se dodatna provera optimizacije postavljanja elektro opreme za postizanje instalisane snage elektrane koja je veća od odobrene snage uz ograničenje u letnjim mesecima, kao i dodatne analize na centralizovanom rešenju TS SN/NN s'obzirom da su rezultati analize u ovom radu pokazali prednosti ovog rešenja u odnosu na decentralizovan pristup.

### LITERATURA

- [1] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije ("Sl. glasnik RS", br. 40/2021 i 35/2023)
- [2] Pravila o radu distributivnog sistema (Jul 2017.)
- [3] Mark Bolinger, Greta Bolinger, Land Requirements for Utility-Scale PV: An Empirical Update on Power and Energy Density, IEEE Journal of Photovoltaics ( Volume: 12, Issue: 2, March 2022)
- [4] <https://pvcase.com/#products>