

Iskustva iz izgradnje solarnih fotonaponskih elektrana na stanicama za snabdevanje gorivom u svojstvu kupca-proizvođača

Experiences in the Construction of Solar Photovoltaic Power Plants Mounted at Fuel Supply Stations as a Prosumer

Rastislav Kragić, Biljana Lovčević-Kureljušić, Valentina Arambašić, Željko Blitva, Nenad V. Pavlović

Naftna industrija Srbije a.d. Novi Sad

Rezime - Izgradnja solarnih fotonaponskih elektrana u Republici Srbiji prema važećoj zakonskoj regulativi, naročito u slučaju postavljanja FNE u sklopu specifičnih objekata sa povećanim rizikom, predstavlja zahtevan proces. U radu će biti prikazana iskustva izgradnje solarnih fotonaponskih elektrana snage do 50 kW na 15 stanica za snabdevanje gorivom koje su u vlasništvu kompanije NIS ad Novi Sad i koje su realizovane u svojstvu kupca-proizvođača. Izazovi koje je trebalo savladati su bili: utvrđivanje originalnog rešenja konfiguracije elektrane bez dodatnih radova na postojećoj krovnoj konstrukciji i uticaja na spoljašnji izgled objekta prema kompanijskom standardu za brendiranje objekata, optimizacija kapaciteta elektrane prema potrošnji objekata, optimizacija troškova, izgradnja FNE u blizini zona opasnosti i druga pitanja u pogledu bezbednosti na radu kako tokom izvođenja radova, tako i u periodu eksploatacije. Rad daje osvrt na mogućnosti pojednostavljenja procedura za priključenje na distributivni sistem električne energije, baziran na stečenim iskustvima. Na osnovu stečenog pozitivnog iskustva Kompanija je u junu 2023 započela projekat izgradnje solarnih FNE na dodatnih 30 stanica za snabdevanje gorivom.

Ključne reči – Solarna fotonaponska elektrana, stanica za snabdevanje gorivom, kupac-proizvođač, bezbednost na radu, rad na visini

Abstract - According to the current regulations, the construction of solar photovoltaic power plants in the Republic of Serbia is a demanding process, particularly when installing them on particular objects that carry a higher risk. The paper will present the experience of building solar photovoltaic power plants with a power of up to 50 kW at 15 petrol stations owned by NIS J.S.C. Novi Sad and implemented as a prosumer. The challenges that had to be overcome were: finding an original solution for the configuration of a power plant without changing the existing structure and affecting the external appearance of the facility according to corporate branding standard, optimizing the capacity of the power plant according to the consumption of the object, optimizing costs, building near danger zones and other issues related to work safety both during the execution of works and during the period of exploitation. The paper also reviews the prospect of simplifying the procedures for connecting to the electricity distribution system based on the experience gained.

NIS J.S.C. has begun investment in construction of solar PV plants at additional 30 petrol stations based on gained experience.

Index Terms - Solar photovoltaic power plant, Fuel supply station, Prosumer, Occupational safety, Work at height

I UVOD

Kao društveno odgovorna kompanija NIS a.d. Novi Sad (u daljem tekstu: Kompanija) je donela stratešku odluku o korišćenju obnovljivih izvora energije (u daljem tekstu: OIE), a Izgradnja solarnih fotonaponskih elektrana (u daljem tekstu: FNE) predstavlja jednu od atraktivnih opcija za brzo dostizanje svih pozitivnih efekata koji se očekuju od investicija u OIE. Osnovni prihodi koji se mogu ostvariti izgradnjom velikih solarnih FNE u Republici Srbiji bazirani su ili na direktnoj prodaji električne energije po tržišnim cenama, ili prodajom električne energije u okviru sistema podsticajnih mera (tržišne premije) što podrazumeva uspešno učešće na tenderu ministarstva zaduženog za poslove energetike koji se organizuju samo za ograničene ukupne kapacitete.

Najveći finansijski efekat izgradnjom solarnih FNE se može ostvariti u svojstvu kupca-proizvođača, što podrazumeva priključenje FNE u paralelni rad sa distributivnim sistemom električne energije (u daljem tekstu: DSEE) sa strane potrošača u odnosu na merno mesto. Dominantni prihod predstavlja ušteda u nabavci električne energije za izabrani objekat gde se FNE instalira. Isporuka električne energije u DSEE je sekundarni izvor prihoda. Ušteda obuhvata, pored izbegnutog troška za nabavku električne energije, sve prateće troškove, kao što su troškovi za pristup sistemu na odgovarajućem naponskom nivou, naknade i akciza. Ukoliko je instalisana snaga FNE optimizovana tako da se najveći deo proizvedene električne energije potroši za potrebe samog objekta, tada se postižu maksimalni ekonomski efekti investicije u FNE.

Stanice za snabdevanje gorivom (u daljem tekstu: SSG) su prepoznate kao veliki potrošači električne energije i pogodni objekti za izgradnju solarnih FNE priključenih po principu kupca-proizvođača. Kompanija u svom portfoliju ima oko 400 SSG, različitih formata i različitih obima potrošnji, uglavnom priključenih na niskonaponsku mrežu (u daljem tekstu: NN). Projekat izgradnje FNE na SSG je podrazumevao fazni pristup.

Najpre je realizovano 8 FNE na SSG (pilot projekat) 2022 godine, a zatim još 7, 2023 godine. Za pripremu koncepta izgradnje FNE na SSG izazovi su bili:

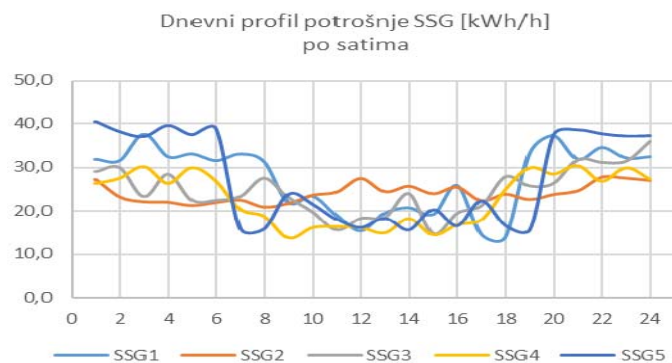
- optimizacija karakteristika tipskih FNE na SSG,
- provera nosivosti krovne konstrukcije,
- protivpožarni aspekti i pitanje bezbednosti,
- procedure priključenja na DSEE.

II OPTIMIZACIJA KARAKTERISTIKA TIPSKIH FNE NA SSG

Od raspoloživih 400 SSG trebalo je najpre izvršiti izbor prvih 8 SSG i napraviti redosled izgradnje FNE. Prvi ključni kriterijum za izbor je bio SSG sa najvećom potrošnjom električne energije u višoj tarifi. Pored kriterijuma visoke potrošnje, pokazalo se da je za uspešnu realizaciju projekta neophodna bila provera i dodatna selekcija na osnovu još nekoliko ključnih aspekata:

- SSG treba da poseduje, u najvećoj mogućoj meri, zadovoljavajući dnevni, nedeljni i godišnji profil potrošnje električne energije;
- na površinama opredeljenim za postavljanje FN panela nema senčenja od strane susednih objekata;
- proveriti nosivost i stabilnost objekat od dodatnog opterećenja FNE;
- izvršiti izbor tipskih objekata (konstrukcija) SSG;
- proveriti kvalitet krovnog pokrivača SSG;
- proveriti da li je SSG još pod garancijom na izvedene radove ili je planirana rekonstrukcija i promena brendinga;
- proveriti imovinsko-pravna pitanja;
- pronaći raspoloživ prostor za smeštaj opreme FNE u objektu SSG.

Metodom eliminacije i selekcijom po navedenim kriterijumima formirana je lista SSG koje mogu biti predmet izgradnje FNE u svojstvu kupca-proizvođača (u daljem tekstu: lista SSG).

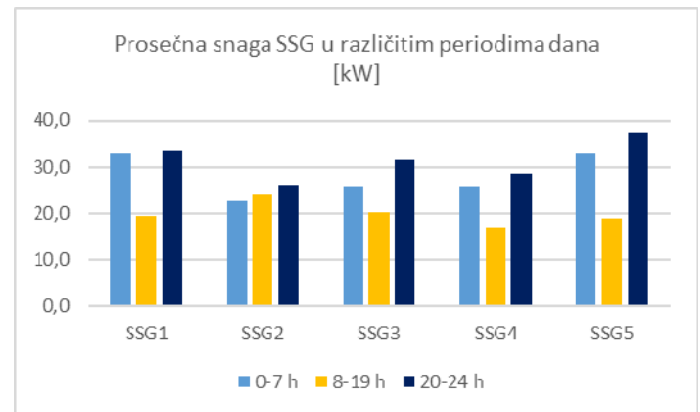


Slika 1. Satni profili potrošnje električne energije na 5 SSG

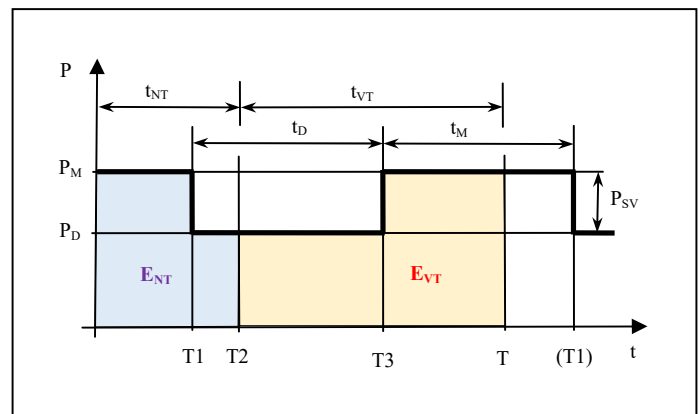
Naredni korak bio je definisanje optimalne instalisane snage FNE za svaku SSG sa liste. Optimizaciju je trebalo izvršiti po principu maksimalnih ekonomskih efekata za svaku pojedinačnu SSG. U cilju brže i jednostavnije analize, prethodno je urađeno uopštavanje profila dnevne potrošnje električne energije. Pokazalo se da u višoj dnevnoj tarifi, najveći broj SSG sa vrha liste ima veoma sličan profil potrošnje električne energije, a koji malo zavisi od doba dana tokom obdanice, kao i od dana u nedelji. Na slici 1 prikazani su tipični dnevni profili potrošnje

električne energije za 5 proizvoljno izabranih SSG u različitim periodima godine i različitim danima u nedelji.

Na dijagramu satnog profila potrošnje SSG (slika 1) može se uočiti da potrošnja električne energije unutar dnevnog i unutar noćnog doba varira u granicama približno +/- 15%, dok se na pojedinim SSG uočava veća prosečna noćna potrošnja od potrošnje tokom obdanice, što se analizom istih podataka sa slike 1 i potvrđuje na slici 2. Razlog povećane noćne potrošnje u odnosu na potrošnju tokom obdanice je rad noćnog osvetljenja na SSG.



Slika 2. Dnevni profili potrošnje električne energije na 5 SSG po periodima dana



Slika 3. Aproksimacija dnevnog profila potrošnje SSG

U cilju lakše analize velikog broja SSG, a koja se bazira samo na osnovu mesečne potrošnje električne energije u višoj tarifi (VT) i potrošnje u nižoj tarifi (NT), pristupilo se aproksimaciji profila dnevne potrošnje na način prikazan na slici 3.

$$E_{VT} = P_{SV} \cdot [(T-T3) - (1-k) \cdot (T2-T1)] + P_D \cdot t_{VT} \quad (1)$$

$$E_{NT} = P_{SV} \cdot [T2 - k \cdot (T2-T1)] + P_D \cdot t_{NT} \quad (2)$$

gde su (za određenu SSG, u jednom konkretnom danu obračunskog perioda):

E_{VT} – dnevna potrošnja energije u višoj tarifi,

E_{NT} – dnevna potrošnja energije u nižoj tarifi,

P_M – prosečna snaga potrošnje tokom noćnog perioda (mraka),

P_{SV} – prosečna snaga potrošnje samog noćnog osvetljenja,

P_D – prosečna snaga dnevne potrošnje, odnosno potrošača tokom celog dana bez uticaja noćnog osvetljenja,

T - dnevni period od 24 h,
 T₁ - vreme isključenja noćnog osvetljenja,
 T₂ - vreme prelaska sa niže na višu tarifu,
 T₃ - vreme uključenja noćnog osvetljenja,
 t_{VT} - trajanje više tarife, 16 h,
 t_{NT} - trajanje niže tarife, 8 h,
 t_D - trajanje perioda dana bez noćnog osvetljenja (dan),
 t_M - trajanje perioda dana sa noćnim osvetljenjem (mrak).

Isključenje noćnog osvetljenja (T₁), u zavisnosti od doba godine, može biti pre ili posle prelaska sa niže na višu tarifu (T₂). U jednakostima (1) i (2) taj fenomen je opisan koeficijentom k, koji ima sledeće osobine:

$$k = 1, \text{ kada je } T_2 > T_1 \quad (3)$$

$$k = 0, \text{ kada je } T_2 \leq T_1 \quad (4)$$

Sređivanjem opisanih jednačina se dobija:

$$P_{SV} = EQ1 / EQ2 \quad (5)$$

$$P_D = (E/T) - (t_M/T) \cdot (EQ_1/EQ_2) \quad (6)$$

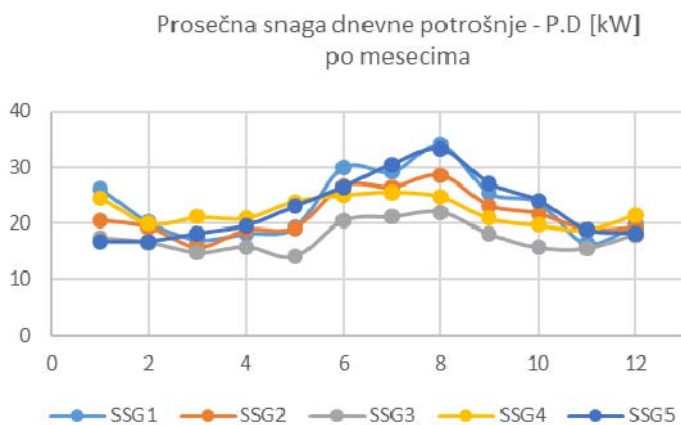
gde je:

$$E = E_{VT} + E_{NT} \quad (\text{dnevna potrošnja energije}) \quad (7)$$

$$EQ_1 = 2 \cdot E_{NT} - E_{VT} \quad (8)$$

$$EQ_2 = 3 \cdot [T_2 - k \cdot (T_2 - T_1)] - t_M \quad (9)$$

Praktično, primenom izvedenih jednakosti i poznavanjem mesečnih potrošnji SSG u VT i NT, kao i vremena uključenja i isključenja noćnog osvetljenja, za svaku SSG od interesa moguće je aproksimirati prosečnu snagu dnevne potrošnje SSG, a što je za potrebe optimizacije solarne FNE na velikom broju SSG dovoljno precizno. Na slici 4 prikazani su rezultati analize za proizvoljnih 5 SSG.



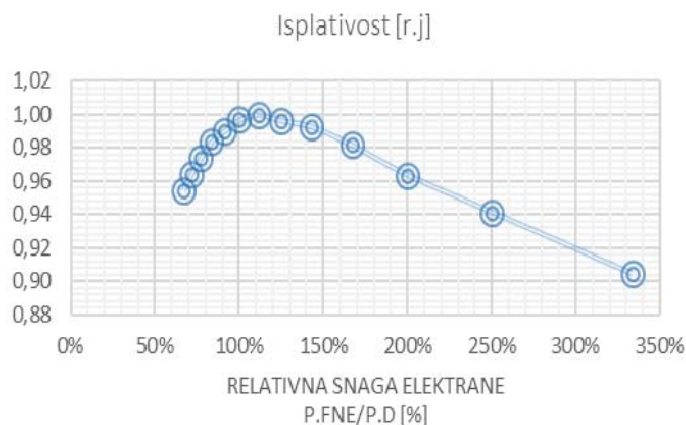
Slika 4. Aproksimirani profili potrošnje električne energije na 5 SSG

Na svim analiziranim SSG može se uočiti veća prosečna snaga dnevne potrošnje (bez uticaja noćnog osvetljenja) tokom toplog perioda godine (od juna do septembra), kao i zimski maksimum potrošnje (decembar i januar). Razlog za povećanu potrošnju u letnjem i zimskom periodu je povećan rad rashladnih i grejnih sistema u datim periodima godine. Ovakav godišnji profil prosečnih snaga dnevne potrošnje ide u prilog upotrebi FNE po

principu kupca-proizvođača, imajući u vidu da će i proizvodnja FNE biti najveća upravo tokom letnjeg perioda.

Opređeljeno je da se fotonaponski (u daljem tekstu: FN) paneli polažu pod malim uglom u odnosu na horizontalnu ravan (3°-7°) u dva suprotna smera u odnosu na pravac juga, što će kasnije biti detaljnije objašnjeno. Ovakav raspored se približno može aproksimirati postavljanjem svih FN panela u horizontalan položaj i sva dalja analiza podrazumevaće ovakvu orijentaciju FNE.

Nakon sprovedenih aproksimacija moguće je za svaku SSG odrediti optimalnu snagu FNE, poznajući prosečne snage potrošnje. Po pitanju investicije, povećanje instalisane snage FNE smanjuje specifične investicione troškove (izražene u EUR/kWp FNE). Nasuprot tome, izbor FNE čija snaga invertora prelazi prosečnu snagu dnevne potrošnje povećava udeo proizvedene električne energije koji se plasira u DSEE i prodaje po tržišnim cenama a koje su značajno niže od cene električne energije koja se ostvaruje kroz uštede sopstvenom proizvodnjom iz FNE. Sprovedena analiza je obuhvatila složene ekonomske modele koji za ulazne parametre imaju krivu investicionih cena FNE u funkciji instalisane snage, ukupne cene električne energije pri prodaji i kupovini, kao i preklapanje satnih profila potrošnje električne energije na godišnjem nivou i proizvodnje električne energije iz FNE. Za potrebe ovog rada, na slici 5 prikazani su rezultati navedene analize kao relativni odnos „perioda povraćaja investicije“ (u odnosu na najpovoljniju vrednost) u funkciji relativne snage FNE izražene kao odnos „instalisane snage FNE“ [kWp] i „maksimalne prosečne snage dnevne potrošnje“ [kW].



Slika 5. Isplativost izgradnje FNE na SSG u funkciji relativne snage FNE (u odnosu na snagu dnevne potrošnje SSG - P_D)

Uočava se da se visoka isplativost (preko 96%) postiže izborom instalisane snage u rasponu od 70% do 200% odnosa instalisane snage FN panela i maksimalne dnevne potrošnje SSG (prethodno opisane kao P_D). Optimalne vrednosti preko 99% su u rasponu relativne snage FNE od 90% do 150%.

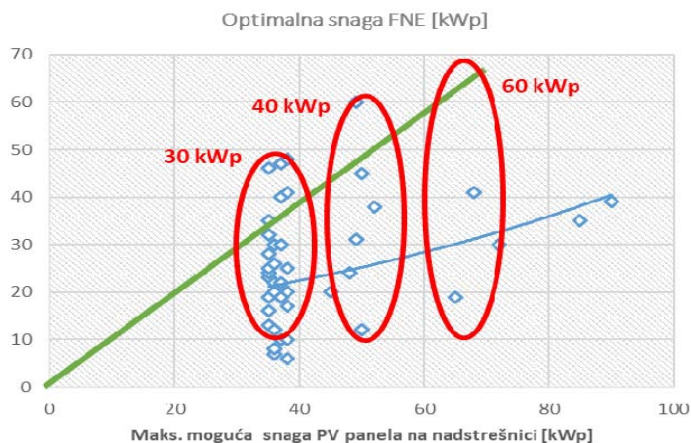
Raspoložive SSG, koje ispunjavaju sve tražene kriterijume za postavljanje FNE, pretežno su građene u standardnim formatima. Veliki format SSG je po pravilu praćen i velikom potrošnjom električne energije. To podrazumeva veliki broj pratećih sadržaja unutar objekta SSG, kao što su restoran, rashladne komore, veliki broj frižidera, kuhinja, klima uređaji, enterijerska unutrašnja

rasveta, razni restoranski uređaji, TV i LED monitori itd. Kako je jedan od zahteva za realizaciju projekta FNE bio da se ne naruši korporativni brendirani izgled SSG, kao idealno mesto za postavljanje FN panela izabrane su nadstrešnice iznad automata za točenje goriva (točiona mesta). Na slici 6 prikazan je tipičan izgled SSG sa pozicijom FN panela na nadstrešnici.



Slika 6. Pozicija FN panela na nadstrešnici iznad točionih mesta

Za sve preliminarno selektovane SSG izračunata je maksimalna snaga FN panela koja se može postaviti na raspoloživi prostor nadstrešnica iznad točionih mesta i urađeno je upoređivanje sa optimalnom snagom FNE za datu SSG. Na slici 7 dat je dijagram optimalnih snaga FNE u funkciji raspoložive (moguće) snage na nadstrešnici SSG.



Slika 7. Optimalne snage FNE u funkciji maksimalno moguće snage na nadstrešnici SSG

Uočavaju se tri grupe objekata (po vertikali na dijagramu) raspoređenih prema standardnim formatima SSG. U cilju što boljeg iskorišćenja raspoloživog prostora nadstrešnice, a imajući u vidu da će se potrošnja električne energije iz godine u godinu povećavati, dok će se realna snaga FN panela smanjivati zbog degradacije poluprovodnika, odlučeno je da se rade tri tipa FNE nominalne snage: 30 kWp, 40 kWp i 60 kWp (+10%/-5%).

Kablovi jednosmerne struje se sa nadstrešnice od FN panela prevode preko lanterne do glavnog objekta, gde je instalisan inverter i priključen na glavni razvodni ormar.

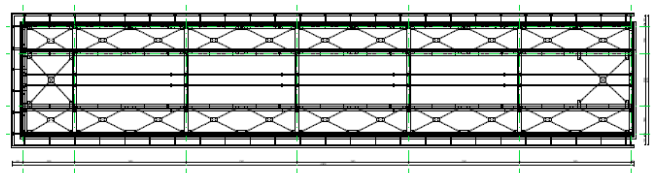
Svi proračuni u vezi sa prognozom proizvodnje FNE urađeni su uz pomoć softverskog alata PVGIS [1], dok su ostali proračuni rađeni u softverskom alatu MS EXCEL [2].

Prvih 8 SSG izgrađeno je i pušteno u rad u periodu mart - septembar 2022. godine, dok je narednih 7 izgrađeno i pušteno u

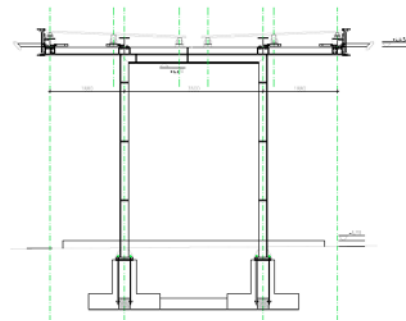
rad u periodu novembar 2022. - april 2023. godine. Ukupna instalisana snaga svih FNE je 533 kWp (ukupna snaga invertora 425 kW). Očekivana proizvodnja električne energije svih FNE je oko 598 MWh/god (zbirne vrednosti proizvodnje za prvih 12 meseci rada svake FNE ponaosob bez obzira na trenutak početka proizvodnje), pri čemu se očekuje da oko 91% proizvodnje bude potrošeno na samim SSG.

III PROVERA NOSIVOSTI KROVNE KONSTRUKCIJE

Objekti na SSG koji su od interesa za izgradnju fotonaponske elektrane su: nadstrešnica iznad točionih mesta (slike 8 i 9) na koju se postavljaju fotonaponski paneli, glavni objekat SSG u koji se postavlja inverter i ostala prateća elektro oprema za FNE i lanterna na koju se postavljaju kablovski regali sa elektro kablovima.



Slika 8. Krovna konstrukcija nadstrešnice iznad točionih mesta



Slika 9. Poprečni presek nadstrešnice iznad točionih mesta

Ključni kriterijum za izbor SSG je nosivost postojeće konstrukcije, odnosno krovne konstrukcije nadstrešnice iznad točionih mesta na koje se postavljaju FN paneli. Konstrukcija nadstrešnice je čelična i sastoji se od ramovskih nosača koje čine stubovi i glavni krovni nosači za koje su kruto vezani poprečni nosači. Veza između poprečnih i podužnih nosača je ostvarena pomoću zavrtnjeva i zavarivanjem. U krovnoj ravni su izvedeni krovni spregovi koji su postavljeni u krajnjim poljima nadstrešnice. Po obodu nadstrešnice su izvedeni čelični nosači koji nose friz sa znakom korporativnog brenda kompanije, čiji se izgled nije smeo narušiti, dok su solarni paneli morali biti postavljeni u ravni krovnog pokrivača, a ispod krajnje visinske kote friza. Krovni pokrivač nadstrešnice je trapezasti plastificirani čelični lim, uobičajeno TR 60/210 debljine lima 0,8 mm. Krovna ravan nadstrešnice je dvovodna, nagiba uobičajeno 4%, orijentisana ka sredini nadstrešnice, gde se nalaze olučne horizontale koje odvođe kišnicu u olučne vertikale koje se nalaze unutar stubova.

Kako bi se proverila nosivost konstrukcije nadstrešnice, prvi korak je bila provera dostupnosti postojeće projektne tehničke dokumentacije koja sadrži statički proračun izgrađenih nadstrešnica na SSG.

Ključni elementi za proveru statičke nosivosti i stabilnosti elemenata konstrukcije su bili krovni pokrivač i čelične rožnjače koji nose krovni pokrivač, a nakon ugradnje FNE i solarnih panela. Dodatno opterećenje usled postavljanja solarnih panela je iznosilo 15 kg/m^2 ($0,15 \text{ kN/m}^2$) uključujući i potkonstrukciju koja je aluminijumska i male je težine. Na pojedinim nadstrešnicama se utvrdilo da su prilikom izbora čeličnog profila rožnjača, zbog određene visine friza, rožnjače bile limitirane sa visinom, te da su stvarni naponi (σ_{stv}) bili u velikoj meri iskorišćeni u odnosu na dopuštene napone (σ_{dop}) (10).

$$\sigma_{\text{stv}}/\sigma_{\text{dop}} \sim 0,9 \div 0,95 \quad (10)$$

Kako nosivost postojeće konstrukcije nadstrešnice ne bi bila ugrožena usled dodatnog opterećenja, zahtevao se statički proračun naročito krovne konstrukcije nadstrešnice usled dodatnog opterećenja FNE. Zbog poznavanja stanja na terenu, zahtev tendera je bio da dodatno opterećenje ne prelazi opterećenje od 15 kg/m^2 , koje je uključivalo i solarne panele i potkonstrukciju uz napomenu da bude aluminijumska koja je znatno manje težine u odnosu na neki drugi tip potkonstrukcije. U toku analize nosivosti ostalih delova noseće konstrukcije, utvrđeno je da glavni krovni nosači i stubovi imaju dovoljnu nosivost i nije bila zahtevana dodatna statička provera.

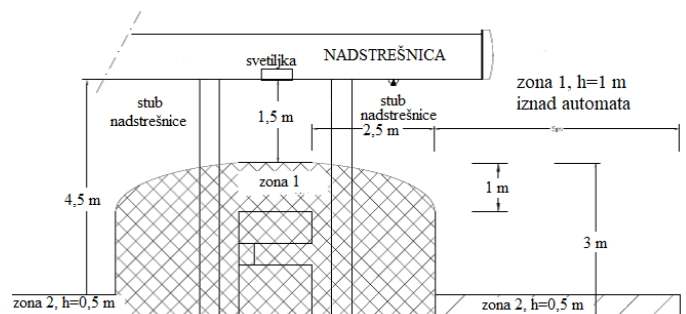
U skladu sa gore navedenim, može se zaključiti da prilikom određivanja položaja solarnih panela na krovnoj površini nadstrešnice utiče više faktora, a pored energetskih neophodno je voditi računa i o dodatnom opterećenju koje nije veliko ako se vodi računa o ograničenjima, ali nije ni malo kada su u pitanju nadstrešnice čija je konstrukcija čelična. Iz tog razloga zahtevalo se da solarni paneli budu postavljeni na površini nadstrešnice između glavnih krovnih nosača, a da se izbegavaju krajnja polja krovnih ravni nadstrešnice koja su konzolna.

IV ZAŠTITA OD POŽARA

Tehnološki proces koji se obavlja u normalnom radu fotonaponskih elektrana ne predstavlja opasnost od požara, a rizik od pojave požara je veoma nizak. Osnovni zadatak prilikom ugradnje FNE na već izgrađenu SSG je bio da FNE ne utiče na sprovedene mere zaštite od požara izgrađene SSG i da svi elementi, definisani navedenim Glavnim projektom zaštite od požara za SSG, ostaju na snazi bez ikakvih izmena.

Prvi korak analize je određivanje položaja solarnih panela i opreme na SSG. Izbor mesta za postavljanje opreme i solarnih panela je da se oni postavljaju izvan zona opasnosti. Na svakoj SSG, s obzirom da se radi o skladištenju i pretakanju lakozapaljivih i eksplozivnih materija [3] definisane su zone opasnosti oko mesta gde se one skladište i pretaču. Zone opasnosti su klasifikovane na tri zone, zona 0, zona 1 i zona 2. Zona opasnosti 0 podrazumeva prostor u kojem je eksplozivna atmosfera prisutna stalno ili duži period vremena (unutrašnjost rezervoara, i sl.). Zona opasnosti 1 podrazumeva prostor u kojem je verovatno da će se eksplozivna atmosfera pojaviti za vreme normalnog pogona, dok zona opasnosti 2 podrazumeva prostor u gde postoji mala verovatnoća da će se eksplozivna atmosfera pojaviti za vreme normalnog pogona, a ako se ipak pojavi, trajaje samo kratko vreme.

U skladu sa specifičnim rizicima, zahtev prilikom određivanja lokacija solarnih panela i elektro opreme je bio da se oprema FNE postavi izvan zona opasnosti, kako bi se isključili potencijalni rizici a pri tom i sprečili dodatni troškovi opreme koja bi u slučaju postavljanja opreme FNE u zonama opasnosti morala biti u Ex izvedbi.



Slika 10. Prikaz zona opasnosti nadstrešnice [4]

Posle definisanja položaja opreme FNE na SSG izvršena je provera negorivosti ugrađenih materijala na objektu, prema stepenu otpornosti zaštite od požara, najpre krovnog pokrivača objekta na koji se postavljaju solarni paneli, a zatim i analiza prostorija glavnog objekta SSG u koje će se postavljati oprema SSG (invertori i elektroormani).

Nakon određivanja ključnih faktora postavljanja FNE na SSG, isporučena oprema je dimenzionisana tako da izdrži sva naprezanja kako u normalnom radu tako i pri kratkim spojevima i da je otporna na uslove koji se mogu javiti u toku eksploatacije, kako bi se smanjila mogućnost oštećenja i nastanka požara.

Solarni paneli i sva oprema uključujući i noseću konstrukciju za postavljanje na krovovima objekata su od negorivih materijala. Paneli su isporučeni takvi da u slučaju pojave vruće tačke sprečavaju pojavu temperature koja može da prouzrokuje rizičnu temperaturu.

U invertorima su integrisani senzori toplote i sistemi za detekciju pojave električnog luka. Takođe, u slučaju kvara ili neispravnosti u radu invertora, u vidu prekoračenja zadatih parametara opterećenja, termičkog naprezanja, pada ili prekomernog povećanja napona ili struje i sl. predviđen je odgovarajući sistem prelaska u sigurnosni režim rada i/ili isključenja uređaja i sistema. U sklopu FNE ugrađeni su svi neophodni tasteri za nužna isključenja.

Kablovi na FNE koji su ugrađeni su negorivi bezhalogeni, a svi kablovi koji povezuju veće deonice između opreme van objekata postavljeni su odgovarajuće metalne kanalice (cevi) uzemljene sa oba kraja. Pri tom FNE je povezana na postojeći sistem gromobranske instalacije.

V MERE BEZBEDNOSTI ZAŠTITE NA RADU PRILIKOM IZGRADNJE FNE NA SSG U RADU

NIS ad Novi Sad kao veoma odgovorna kompanija pored poštovanja zakonske regulative ima visoko razvijene standarde iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu, zaštite od požara i zaštite životne sredine (HSE- *health, safety and environment*). Od svih lica koji rade ili izvode radove na lokacijama kompanije zahteva

se poštovanje zakonskih propisa i naročito HSE standarda. S obzirom da su se radovi izvodili u redovnom radu SSG, pored zaposlenih lica na SSG i izvođača radova, posebna pažnja je bila posvećena zaštiti trećih lica (posetilaca).

Prema Uredbi za bezbednost i zdravlje na radu na privremenim i pokretnim gradilištima [5], prepoznata su dva specifična rizika tokom izgradnje: rad na visini veći od 2 m (1,8 m) i rizik rada u zonama opasnosti. Da bi se izbegli navedeni rizici od izvođača je zahtevano da se dostavi plan izvođenja radova gde je precizno navedeno na koji način će se vršiti izvođenje radova: prilaz radnika na krov nadstrešnice, oprema potrebna za transport solarnih panela i ostale opreme na mesto ugradnje, način rada na visini i način vezivanja radnika na krovu (anker tačke/sidrišta/*Life line* i sl), plan spašavanja, kao i atesti opreme planirane za rad na visini. Na osnovu plana izrađena je kompletna tehnička dokumentacija prema zakonskoj regulativi, izvršene prijave gradilišta i radova i tek nakon usaglašenih svih zahteva pristupilo se izvođenju radova. Kako bi se radovi bezbedno izvodili jedan deo aparata (točionih mesta) je isključen iz rada, a pristup zaposlenima i trećim licima je onemogućen u zoni izvođenja radova. Na slici 11 je prikazano privremeno gradilište tokom izgradnje FNE na SSG.



Slika 11. Izvođenje radova na SSG

VI PROCEDURE PRIKLJUČENJA NA DSEE

2021. godine usvojen je Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije [6], a u narednih godinu dana i niz podzakonskih akata kojima se bliže uređuju pojedine oblasti, između ostalih i Uredba o kupcu-proizvođaču [7]. Time su se stekli puni zakonski okviri za priključenje kupaca-proizvođača na elektroenergetski sistem. Oblast koja je među poslednjima definisana obuhvata procedure za priključenje različitih kategorija kupaca-proizvođača na DSEE. Za ovaj projekat od interesa je priključenje objekata koji nisu domaćinstva i stambene zajednice za instalisane proizvodne snage fotonaponskih modula od 10,8 kW do 50 kW [8], (u daljem tekstu: procedure). Procedure priključenja oslanjaju se na već postojeća i uhodana pravila i metodologije za druge vrste proizvodnih elektroenergetskih objekata (elektrana), a ujedeno su prilagođena organizacionoj strukturi i internim standardima operatora distributivnog sistema, JP Elektro distribuciji Srbije d.o.o. (u daljem tekstu: EDS).

U ovom poglavlju će biti izneta i obrazložena zapažanja i iskustva autora, sa ciljem unapređenja postojećih procedura i olakšanja rešavanja neophodnih provera u procesu priključenja FNE na DSEE, kako za investitore, tako i za samu EDS. Svi

predlozi pripremljeni su tako da ne remete propisane zakonske odredbe, kao i da ne ugrožavaju sigurnost rada elektroenergetskog sistema u skladu sa važećim standardima. Takođe, ne zahteva se promena organizacione strukture EDS-a, već se predlaže drugačiji pristup rešavanju određenih pitanja.

1. Postojeća procedura podrazumeva ishodovanje separata o priključenju proizvodnog objekta na DSEE, a nakon izrade idejnog projekta sledi ishodovanje odobrenja za priključenje. Imajući u vidu da za instalisane snage FNE do 50 kW u najvećem broju slučajeva nema nepoznanica po pitanju uslova za priključenje, predlaže se da izrada separata bude opciona, odnosno samo ukoliko investitor želi da isti ishoduje.
2. Procedura priključenja predviđa kao odvojene korake ishodovanje odobrenja za priključenje i zaključenje ugovora o pružanju usluge za priključenje. Tek po zaključenju ugovora o pružanju usluge za priključenje dostavlja se predračun za uplatu obaveza investitora prema EDS-u. Predlaže se da svi navedeni koraci budu objedinjeni, bez čekanja i odlaganja. Praktično, dostavljanjem odobrenja za priključenje EDS može odmah dostaviti i potpisan ugovor o pružanju usluge o priključenju i odgovarajući predračun, čime se ukupno vreme za navedene korake značajno ubrzava.
3. Po izgradnji proizvodnog objekta investitor podnosi zahtev za zamenu brojila. Nakon toga se sklapa ugovor o potpunom snabdevanju sa izabranim snabdevačem i podnosi zahtev za puštanje proizvodnog objekta u probni rad. Interna komisija EDS-a odlučuje o zahtevu i po pozitivnom odgovoru komisije formira se druga komisija koja izlazi na lokaciju da pregleda objekat. Zapisnik komisije sa terena overava direktor nadležne službe EDS-a i tek nakon toga se može uključiti FNE u probni rad.

Iskustvo autora pokazuje da cela opisan procedura može biti višestruko ubrzana. Odobrenje za priključenje i postojanje priključka objekta (kupca) na DSEE treba da budu dovoljan preduslov za zaključenje ugovora sa snabdevačem. Po zaključenju ugovora sa snabdevačem i podnošenju zahteva za puštanje objekta u probni rad, stiču se uslovi da EDS paralelno ispita ispunjenost uslova iz podnetog zahteva i pripremi komisiju za pregled objekta. Ekipa koja obavlja zamenu brojila i komisija za pregled objekta mogu završiti svoj posao u istom danu, a posebnim ovlašćenjem nadležnog direktora EDS-a komisija može odmah pustiti FNE u probni rad, bez odlaganja.

4. Predviđen je probni rad kupca-proizvođača u trajanju od 6 meseci. Kada se konstatuje da su ispunjeni svi uslovi za trajni rad, EDS odobrava trajni rad proizvodnog objekta kupca-proizvođača. Međutim, u praksi se pokazalo da apsolutno nema potrebe za probnim radom i da elektrane snage do 50 kW mogu odmah biti puštene u trajni rad.

Primenom ovde iznetih predloga značajno bi se ubrzale procedure priključenja objekata iz kategorije kupaca-proizvođača koji nisu domaćinstva i stambene zajednice snage od 10,8 kW do 50 kW, a ujedno bi se rasteretili kapaciteti EDS-a.

VII ZAKLJUČAK

Da bi se realizovao jedan energetska projekat na postojećem industrijskom objektu ili objektu specifične namene, potrebno je ispoštovati niz procesa kako bi se objekat bezbedno izvodio, a u toku eksploatacije i bezbedno koristio.

Izgradnjom FNE na 15 SSG pokazalo se da je moguće na postojećim objektima ovakve namene postaviti proizvodne kapacitete i smanjiti troškove za nabavku električne energije. Procene koje su rađene, a ujedno se i potvrđuju praćenjem rada izgrađenih FNE, mogu se ostvariti uštede od 10-20% u nabavci električne energije, zavisno od kapaciteta FNE i potrošnje same SSG. Na osnovu stečenog pozitivnog iskustva Kompanija je u junu 2023 započela projekat izgradnje solarnih FNE na dodatnih 30 stanica za snabdevanje gorivom.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Climate online baze podataka, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP [pristupljeno 12.02.2023.]
- [2] [Microsoft Excel 2010 | Download Excel 2010 | Microsoft Office](https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/previous-versions/microsoft-excel-2010), <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/previous-versions/microsoft-excel-2010> [pristupljeno 07.02.2023.]
- [3] Zakon o zapaljivim i gorivim tečnostima i zapaljivim gasovima, "Sl. glasnik RS", br. 54/2015
- [4] UPUTSTVO_Mere bezbednosti pri obavljanju poslova u zoni eksplozivnosti i toksičnih gasova, NIS ad Novi Sad, 2017
- [5] Uredba o bezbednosti i zdravlja na radu na privremenim i pokretnim gradilištima, "Sl. glasnik RS", br. 14/2009, 95/2010, 98/2018 i 35/2023 - dr. zakon
- [6] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije, "Sl. glasnik RS", br. 40/2021 i 35/2023
- [7] Uredba o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupaca proizvođača i snabdevača, "Sl. glasnik RS", br. 83/2021 i 74/2022
- [8] https://elektrodistribucija.rs/usluge/postupak-prikljucenja-na-dsee/postupak-sticanja-statusa-kupca-proizvodjaca/objekti_koji_nisu_domacinstva, [pristupljeno 07.02.2023]

AUTORI/AUTHORS

Rastislav Kragić, dipl. inž. el. teh, rastislav.kragic@nis.rs, ORCID [0009-0005-6328-6901](https://orcid.org/0009-0005-6328-6901)

Biljana Lovčević Kureljušić, dipl. ing. građ., biljana.lovcevic@nis.rs, ORCID [0009-0000-2226-8591](https://orcid.org/0009-0000-2226-8591)

Valentina Arambašić, dipl. inž. arh., valentina.arambasic@nis.rs, ORCID [0009-0007-1855-2339](https://orcid.org/0009-0007-1855-2339)

Željko Blitva, dipl. inž. rudarstva, zeljko.blitva@nis.rs, ORCID [0009-0004-3496-6548](https://orcid.org/0009-0004-3496-6548)

Nenad V. Pavlović, dipl. maš. inž., nenad.v.pavlovic@nis.rs, ORCID [0009-0002-5016-1243](https://orcid.org/0009-0002-5016-1243)