

UTJECAJ ZASJENJENJA I AZIMUTA NA PROIZVODNJU SOLARNE ELEKTRANE

Dunja SRPAK, Dražen PAJAN

POVZETEK

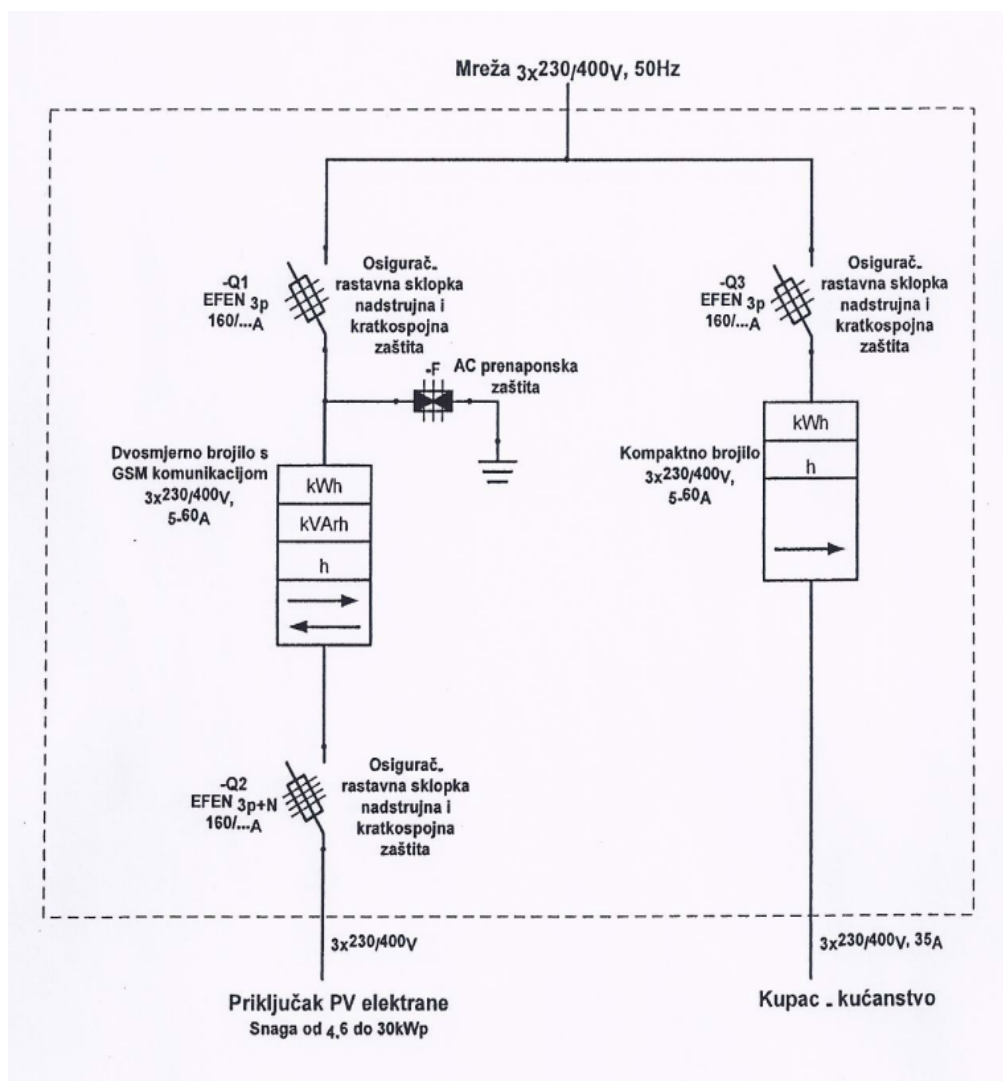
Članek na kratko opisuje sončno elektrarno zgrajeno na strehi stavbe občine Crnec, in predstavlja razliko med dejansko in načrtovano proizvodnjo električne energije. Na primeru izbrane sončne elektrarne prikazan je vpliv senčenja modulov na proizvodnjo energije in možnost zmanjšanja tistega vpliva. Poleg tega je analizirana razlika proizvodnje, odvisno od položaja modula proti Soncu v različnih sezonah.

ABSTRACT

This article shortly describes the solar power plant built on the roof of Crnec municipality building and shows the difference between actual and designed production of electricity. As example, the selected solar power plant shows the impact of module shading on electricity production and the possibility of their reduction. Moreover, the difference in production is analyzed depending on the position of the module towards the Sun in different seasons.

1. UVOD

Na krovu zgrade občine Crnec pored Daruvara izgrađena je solarna elektrana snage 25 kW. Elektranu čine 113 fotonaponskih modula po $240W_p$ od kojih je 66 komada postavljeno na krov okrenu prema jugu, dok je 47 komada postavljeno na krov koji je okrenut prema istoku, a spojeni su na dva izmjenjivača. Moduli na južnoj strani su spojeni na izmjenjivač od 15 kW, a podijeljeni su u 3 stringa (niza), po 22 modula u svakom stringu. Moduli na istočnoj strani se spajaju na izmjenjivač snage 10 kW, a podijeljeni su u 2 stringa, 23 komada u jednom stringu, a 24 komada u drugom stringu. Sustav je spojen direktno na javnu mrežu, te se sva proizvodnja predaje u mrežu. Zbog toga su u priključni mjerni ormarić (PMO) postavljena dva brojila, jedno za potrošnju električne energije iz mreže, a drugo brojilo za predanu električnu energiju u mrežu, kako je prikazano na slici 1.



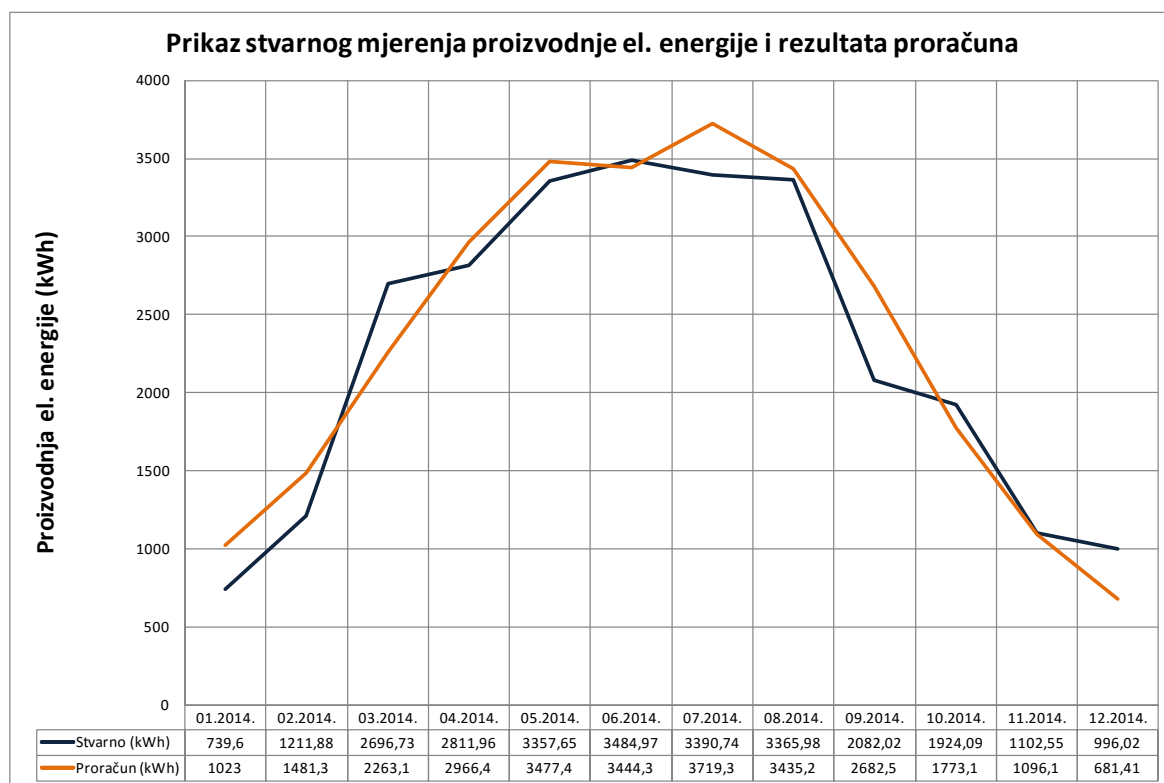
Sl. 1: Jednopolna shema PMO ormarića prema suglasnosti dobivenoj od HEP-a [1]

2. RAZLIKA IZMEĐU REZULTATA IZ PRORAČUNA I STVARNIH MJERENJA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE PREDMETNE SOLARNE ELEKTRANE

Kod predmetne solarne elektrane prema simulaciji i proračunu u programu PV*Sol ukupna godišnja proizvodnja električne energije iznosi 28,043 MWh. Prema dobivenim stvarnim podacima za 2014. godinu proizvodnja električne energije predmetne solarne elektrane iznosi 27,164 MWh godišnje. Na slici 2. se za usporedbu može vidjeti proizvodnja električne energije za predmetnu solarnu elektranu kroz cijelu 2014. godinu, kao i prikaz rezultata iz proračuna proizvodnje električne energije predmetne solarne elektrane.

Da bi se razlike smanjile odnosno da bi rezultati simulacija i proračuna bili što precizniji, jako je bitno da se detalji, koji stvaraju sjene (dimnjaci, stupovi antena, susjedne građevine,

drveće), što točnije ucrtaju na modelu i preciziraju, te da se stavi točna geografska lokacija solarne elektrane zbog točnih klimatoloških podataka sunčeve ozračenosti područja.



Sl. 2: Prikaz stvarnog mjerenja proizvodnje el. energije i rezultata proračuna

3. UTJECAJI ZASJENJENJA NA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE SOLARNE ELEKTRANE

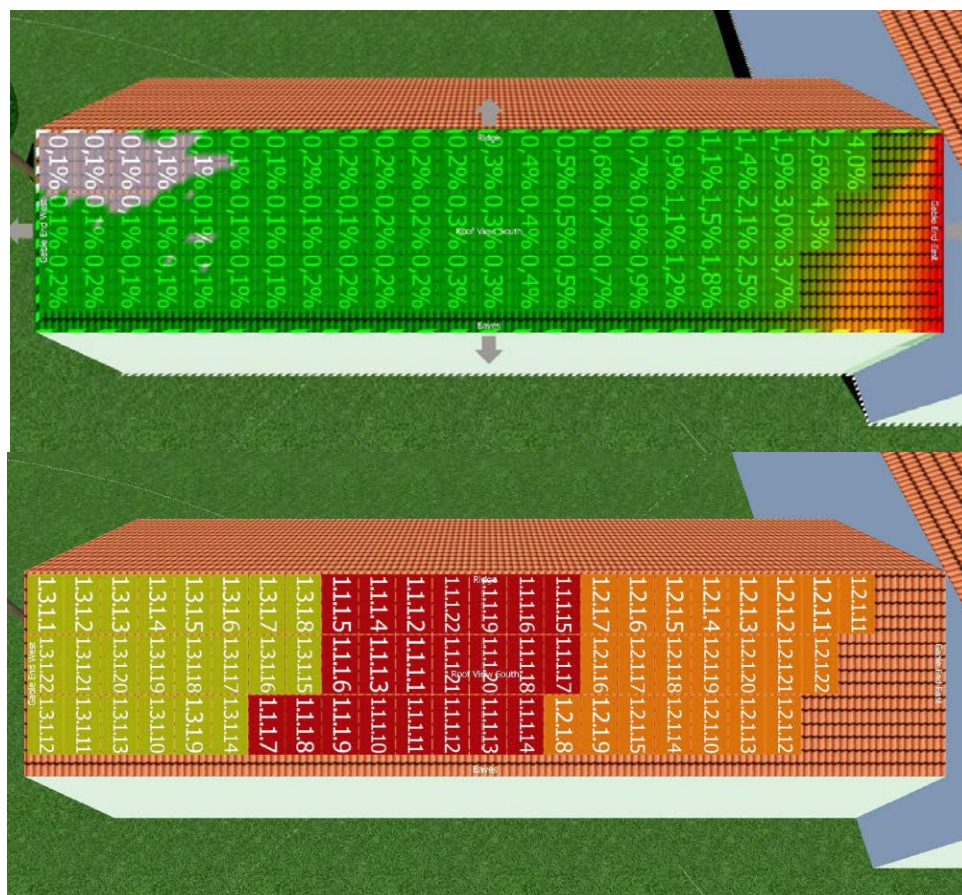
Zasjenjenja fotonaponskih modula jako utječu na proizvodnju električne energije. Stoga se kod projektiranja i izrade proračuna FN sustava mora osobito obraćati pažnja na objekte koji rade sjene na fotonaponske module, (susjedne građevine, dimnjaci, stupovi, drveća...). Na neke od smetnji se ne može utjecati, npr. na vremenske utjecaje, ali na utjecaje sjena koje stvaraju susjedni objekti ili objekti koji se nalaze uz građevinu se može ponekad utjecati tako da ih se eliminira (drveće) ili barem umanjuje što boljom konfiguracijom FN modula.

Ako se u programu PV*Sol ucrtaju svi objekti koji bi mogli raditi sjene na fotonaponske module, prema simulaciji i programskoj kalkulaciji, program kao rezultat daje prikaz godišnje prosječne zasjenjenosti na površinu fotonaponskih modula. Pa se prema tom prikazu u programu može lakše odrediti raspored fotonaponskih modula, te na kraju i konfiguracija stringova prema sjenama.

Svaki izmjenjivač ima određen broj MPPT-a. Na svaki MPPT se može staviti u seriju određen broj fotonaponskih modula koji tako čine jedan string. Svaki string stoga proizvodi

električnu energiju zasebno. Problemi mogu nastati radi sjena, jer ako i jedan fotonaponski modul iz određenog stringa bude u sjeni, svim ostalim modulima će se proizvodnja smanjiti na razinu onoga koji je u sjeni u tom stringu.

Zbog toga se kod izrade proračuna gleda na kojem dijelu krova se pojavljuje najviše sjena, te se iz tog dijela izmješta što više fotonaponskih modula. Ako ih nije moguće maknuti, onda se kod slaganja konfiguracije raspored napravi tako da se što više fotonaponskih modula koji su češće u sjeni stavi na jedan string, a oni koji su rjeđe u sjeni ili uopće nisu u sjeni da se stave na drugi ili treći string. Time će se smanjiti pad ukupne proizvodnje električne energije.



Sl. 3: Godišnja prosječna zasjenjenost FN modula i raspored FN modula po stringovima

Na slici 3. se vidi primjer iz predmetne solarne elektrane i vidi se godišnja prosječna zasjenjenost prema simulaciji programa PV*Sol, te konfiguracija stringova prema sjenama za južni dio krova. Vidljivo je da na desnoj strani krova pada velika sjena od građevine koja se nalazi odmah do tog krova. Budući da je građevina veća od vrha krova na kojoj su FN moduli, u jutarnjim satima radi velike sjene na FN module koji se nalaze odmah do ruba te građevine. Zato su svi FN moduli pomaknuti što više u lijevu stranu, te da neki FN moduli i uklonjeni s desne strane pa cijela konstrukcija nije pravokutna.

Razlog tome je prevelika zasjenjenost desne strane koja bi uzrokovala pad proizvodnje električne energije, odnosno konfiguracija stringova se korigirala prema sjenama. Složen je

vertikalan raspored modula, da se u string koji se nalazi desno (narančaste boje) stave svi fotonaponski moduli koji su više u sjeni pa će tako taj string proizvoditi u jutarnjim satima jako malo električne energije. U podnevnim ili poslije podnevnim satima je moguća maksimalna proizvodnja električne energije. Može se reći da su ti moduli svjesno "žrtvovani" u jutarnjim satima. Ostali FN moduli su se podijelili u ostale stringove prema sjenama, budući da je zasjenjenost dalje prema lijevoj strani sve manja ti će stringovi tokom cijelog dana proizvoditi električnu energiju maksimalno što mogu.

Da je postavljen horizontalan raspored FN modula po stringovima, svi stringovi bi u jutarnjim satima proizvodili električnu energiju na razini onog FN modula koji se nalazi u sjeni na desnoj strani, znači smanjeno. S time bi se smanjila kompletna proizvodnja električne energije na svim stringovima te bi svi samo u podnevnim satima mogli proizvoditi maksimalno.

4. UTJECAJ AZIMUTA I GODIŠNJIH DOBA NA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Za proizvodnju električne energije kod solarnih elektrana potrebna je što veća sunčeva ozračenost na plohu fotonaponskih modula. Kroz cijelu godinu, ovisno o godišnjem dobu, izmjenjuju se različite sunčeve ozračenosti na plohe. Što su FN moduli okrenuti više prema jugu, to će proizvodnja biti veća.

Na predmetnoj solarnoj elektrani se vidi razlika u proizvodnji električne energije između FN modula koji su okrenuti prema jugu, azimut 17° (slika 4.), te onih FN modula koji su okrenuti prema istoku, azimut -73° (slika 5.).

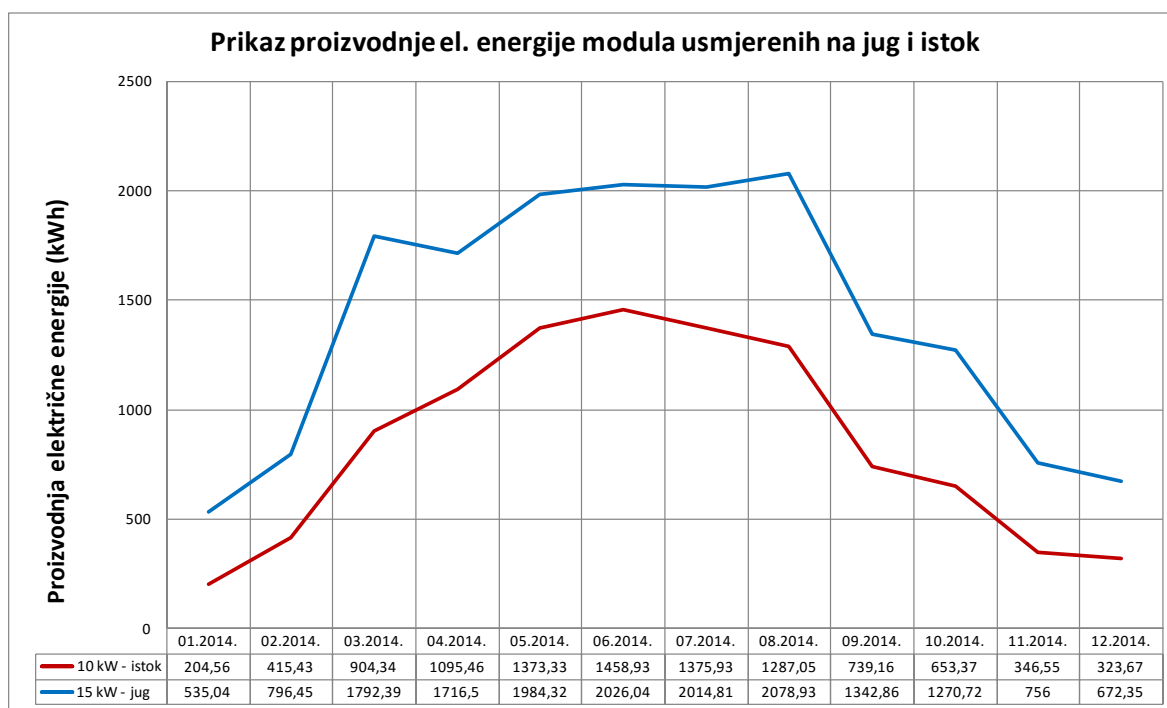


Sl. 4: Fotonaponski moduli predmetne SE postavljeni na krovu okrenuti prema jugu



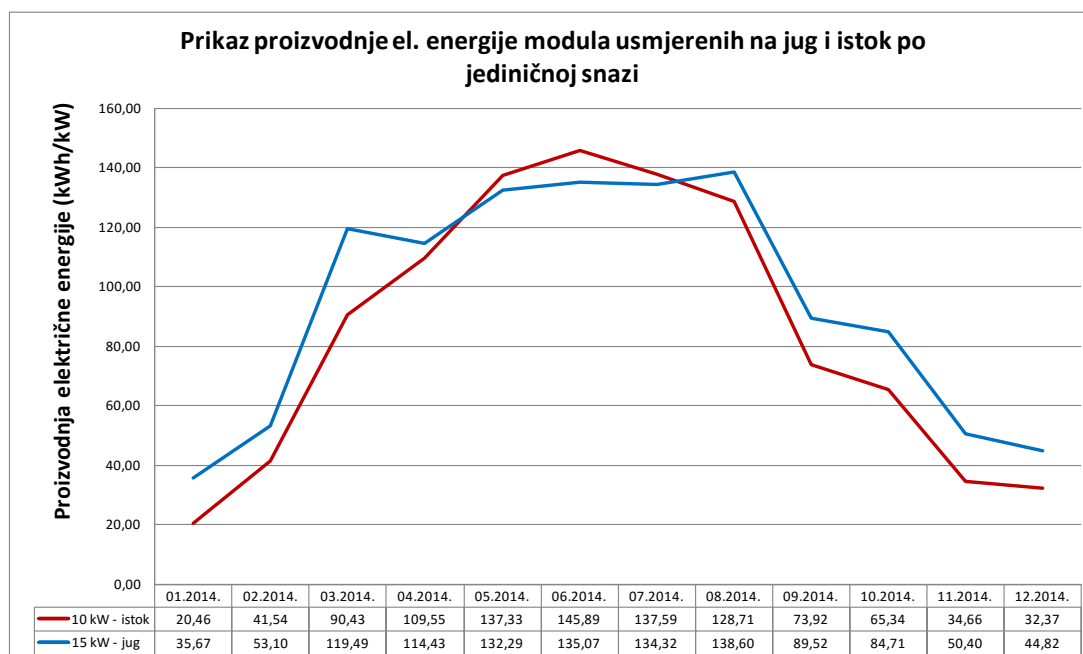
Sl. 5: Fotonaponski moduli predmetne SE postavljeni na krovu okrenuti prema istoku

Izlazna snaga FN modula južne strane je veća nego istočne, kako se vidi iz slike 6., te se na južnoj strani proizvodi više električne energije kroz godinu nego na istočnoj. Prikazane vrijednosti u grafu odgovaraju stvarnim mjerenjima predmetne solarne elektrane kroz 2014. godinu, plava linija za proizvodnju modula istočne strane krova, spojenih na izmjenjivač snage 10 kW, a crvena linija modula južne strane krova spojenih na izmjenjivač snage 15kW.



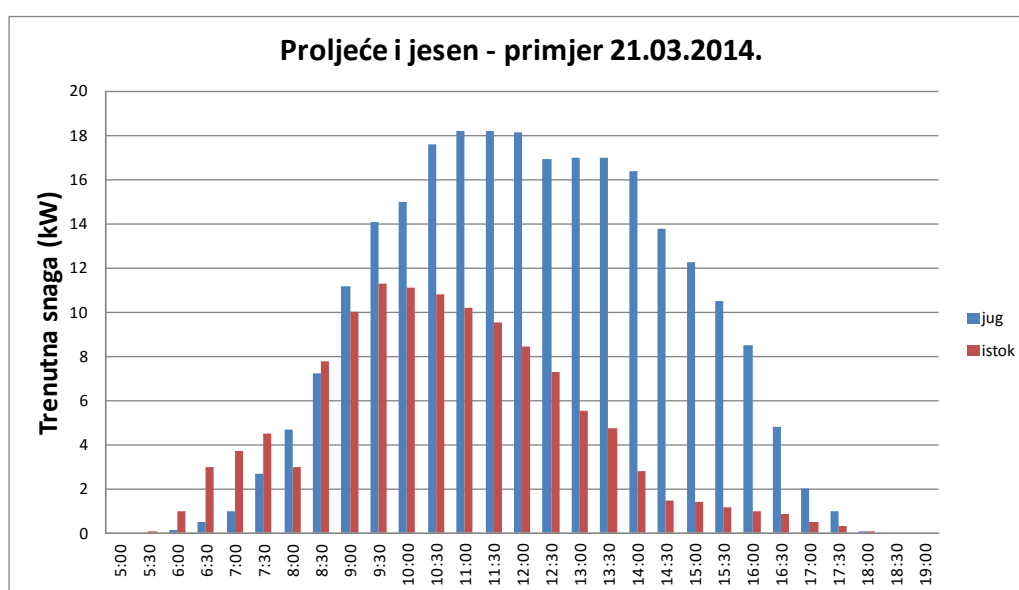
Sl. 6: Prikaz proizvodnje el. energije FN modula južne i istočne strane

Ako se usporede iznosi proizvedene energije po jediničnoj snazi (po kW snage pretvarača), vidljivo je da razlike između ta dva grafa nisu tako velike, čak je proizvodnja u ljeto na istočnoj strani veća, vidljivo na slici 7.

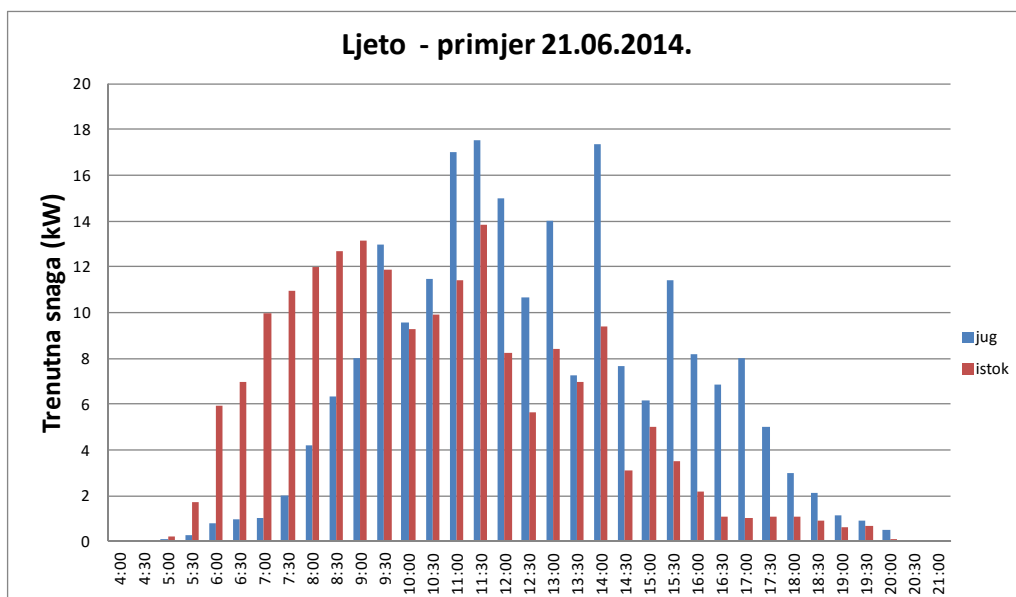


Sl. 7: Prikaz proizvodnje el. energije modula južne i istočne strane po jediničnoj snazi

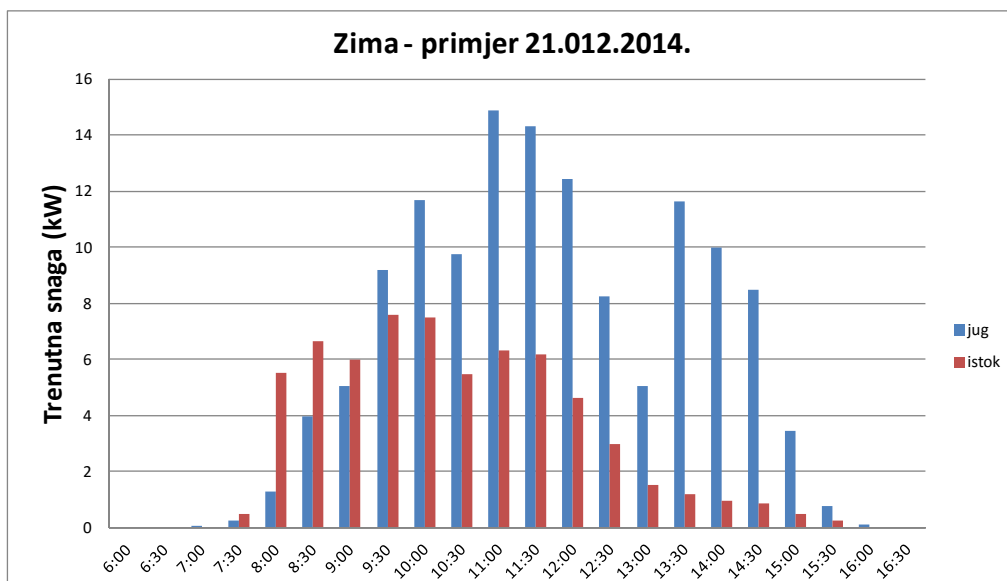
U nastavku su dani grafovi (slike 8., 9. i 10.) koji prikazuju jedan cijeli dan praćenja stvarnih mjerenja snage predmetne solarne elektrane kroz godišnja doba, proljeće, jesen, ljeto i zimu, s tim da proljeće i jesen imaju približno istu sunčevu ozračenost kroz cijeli dan pa su prikazani jednim grafom. U primjerima su očitavanja snage 21. dan u mjesecima 2014.godine.



Sl. 8: Dnevna proizvodnja el. energije za proljetno i jesensko doba, 21. ožujak



Sl. 9: Dnevna proizvodnja el. energije za ljetno doba, 21. lipanj



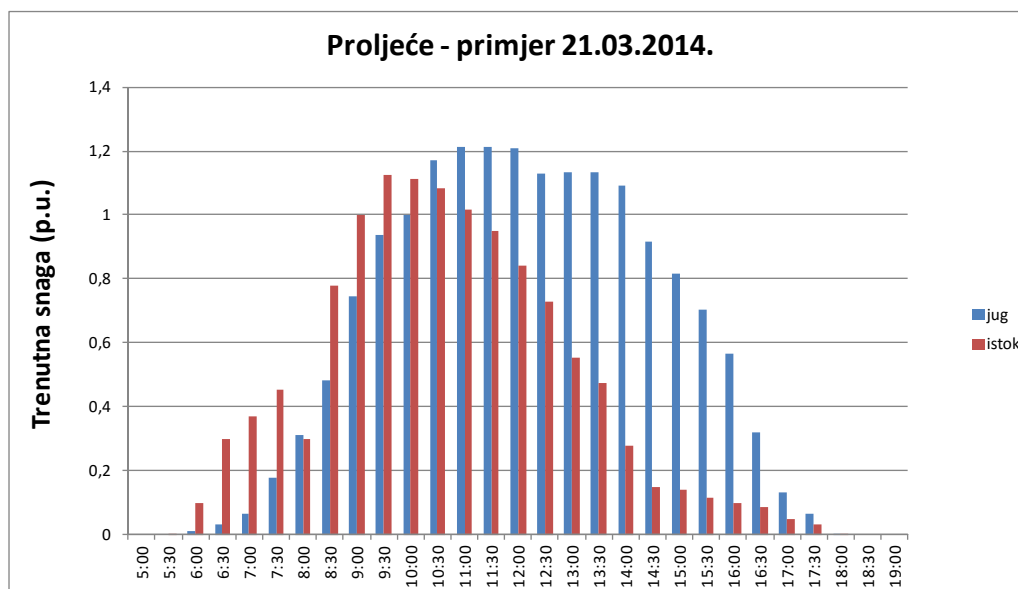
Sl. 10: Dnevna proizvodnja el. energije za zimsko doba, 21. prosinac

Vidljivo je da su FN moduli koji su postavljeni na istočnu stranu krova, označeno na grafovima crvenim stupcima, proizvode najviše električne energije u jutarnjim satima do podneva, kasnije se proizvodnja smanjuje. FN moduli postavljeni na južnu stranu, označeni na grafovima plavim stupcima, proizvode električnu energiju najviše u podnevnim satima, a općenito i kroz cijeli dan više od istočne strane.

Iz grafova se može još primjetiti da satni period proizvodnje po godišnjim dobima varira. U proljeće i jesen solarna elektrana proizvodi električnu energiju od 6 do 18 sati. Kroz ljeto je taj period duži te solarna elektrana počne već u 4:30 sati proizvoditi električnu energiju pa sve do

20:30 sati. U zimskom razdoblju taj period je kraći, pa proizvodnja električne energije počne u 7 sati, a prestaje u 16 sati.

Na slici 9. se mogu primijetiti odstupanja i nagla smanjenja stupaca u podnevno vrijeme, kad bi trebala biti najveća proizvodnja električne energije. Razlog tome je oblačno vrijeme, odnosno kako se kroz dan vrijeme mijenjalo tako su i sunčeve ozračenosti bile različite.



Sl. 11: Dnevna proizvodnja, očitavanja trenutne snage po jediničnoj snazi

Ako se usporede iznosi očitavanja trenutne snage svakog pretvarača podijeljeni po jediničnoj snazi (p.u.), vidljivo je da su razlike u proizvodnji vrlo male, odnosno da se u jutarnjim satima na istoku proizvodi i više električne energije nego na južnoj strani. Primjer karakterističnog proljetnog dana, 21.03.2014. je prikazan na slici 11.

5. ZAKLJUČAK

Da bi se dobila što veća proizvodnja i iskorištenost fotonaponskih modula, bilo bi poželjno graditi FN sustave okrenute prema jugu, sa što manjim kutom azimuta, te pokušati eliminirati sjene ako je moguće.

Drveće, susjedne građevine, dimnjaci na krovu, stupovi na krovu, i slično rade sjene na FN module i time smanjuju proizvodnju električne energije. Neki od tih utjecaja se mogu eliminirati, poput drveća ili stupova. Rušenjem drveća ili rezanjem grana se može smanjiti ili čak eliminirati zasjenjenje koje pada na FN module. Slična situacija je i sa stupovima na krovu, mogu se pomaknuti ili jednostavno maknuti sa krova pa se time riješi problem zasjenjenja, uz prilagodbu položaja modula na krovu.

Radi povećanja ukupne snage FN sustava, nakon popunjavanja južne strane, ponekad je dobro i kombinirati jug, istok i zapad. Iz danog primjera vidljivo da ponekad i istočna ili

zapadna strana mogu proizvoditi približno jednake količine električne energije kao i južna, pa se u kombinaciji sa južnom stranom dobije isplativ FN sustav.

6. LITERATURA:

- [1] Prethodna elektroenergetska suglasnost za sunčanu elektranu „Općina Crnac“, izdana od HEP Osijek, 21.02.2013.
- [2] Glavni projekt sunčane elektrane, Sunčana elektrana „Općina Crnac“, izrađenog od Elving Projektiranje d.o.o., Novi Marof, svibanj 2013.
- [3] Voršić, J.: VKLJUČEVANJE SONČNIH (fotonapetostnih) ELEKTRARN V JAVNO (razdeljevalno) OMREŽJE, OZS Maribor, 19. december 2009.
- [4] Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers, Fully revised & updated second edition, Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie (DGS LV Berlin BRB), 2008

NASLOV AVTORJEV

Dunja SRPAK, dipl.inž.el.

Dražan PAJAN

Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin,

104. Brigade 3, 42000 Varaždin, Hrvatska

Tel: + 385 98 821 891

Elektronska pošta: dunja.srpak@unin.hr

Elektronska pošta: drpajan@unin.hr