

PROGNOZA PROIZVODNJE I PROJEKTOVANJE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA MANJE SNAGE

STEVAN BOŽIĆ*
ODS „EPS DISTRIBUCIJA“ D.O.O, NIŠ, SRBIJA

KRATAK SADRŽAJ

Obnovljivi izvori energije sve više utiču na udeo u proizvodnji električne energije. Vlada Republike Srbije je donela i strateški plan povećanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora. Najbitniji dugoročni plan je vezan za ograničavajuće rezerve uglja i elektrana koje upravo koriste uglj kao primarno gorivo za dobijanje električne energije. Kapacitet solarne energije iznosi 16.7% od ukupne rezerve energije iz obnovljivih izvora. Potencijal sunčevog zračenja je u Srbiji za oko 30% veći od zemalja centralne Evrope i intenzitet sunčevog zračenja je među najvećim u Evropi. Prognoza proizvodnje električne energije i projektovanje jedne male solarne elektrane može se uraditi jednostavnim korišćenjem nekog od softverskih paketa koji su dostupni kao besplatne web aplikacija.

Ključne reči: obnovljivi izvori energije - solarna energija – prognoza proizvodnje.

SUMMARY

Renewable energy plays and without a doubt will be playing in the future an increasingly important role in the energy market. Serbian government adopted a decree on Incentives for priveleged energy production which is in force until December 2015. One of the most important long-term reasons for adopting this regulation is the awareness of the limited resources of fossil fuels that exist in Serbia, primarily coal. It is necessary to build new capacities in a timely manner that will at least partially be able to replace coal-fired plants. The potential of solar energy represents 16.7% of the total exploitable potential of renewable energy sources in Serbia. The energy potential of solar radiation is about 30% higher in Serbia than in Central Europe and the intensity of solar radiation is among the highest in Europe. The production forecast and design of a small solar power plant can be done simply by using some of the software that is available as a free web application.

Key words: renewable energy, photovoltaic systems, production forecast.

Stevan Božić, dipl. el. inž. ODS "EPS DISTRIBUCIJA" d.o.o. Niš, Bulevar dr Zorana Đinđića 46a, 18000 Niš
tel. +381 64 8313 499, e-mail: stevan.bozic@epsdistribucija.rs

UVOD

Povećanje energetske efikasnosti odnosi se na smanjenje potrošnje energije. Unapređenje energetske efikasnosti obično je povezano sa tehnološkim unapređenjima ali imože biti i rezultat bolje organizacije ili poboljšanje ekonomske pozicije izvršioca. Energetska efikasnost je slika individualnog ponašanja i odražava racionalnost potrošača energije. Neefikasno korišćenje je rezultat neodgovarajućeg odnosa dovedene količine energije i potrebne količine energije. To podrazumeva loše projektovanje, loše održavanje, prazan hod ili rad opreme kada to nije potrebno.

Na organizacijama za distribuciju električne energije je da uspostave sisteme i procese koji su potrebni da se obezbedi efikasna potrošnja i korišćenje energije, i da se taj trend proširi na ostale organizacije. Efikasnim korišćenjem energije ostvaruje se i najznačajniji cilj a to je odgovorno ponašanje prema potrošnji električne i toplotne energije. Efikasnim korišćenjem energije ostvaruju se sledeći ciljevi:

- 1) Povećanje sigurnosti snabdevanja energijom;
- 2) Povećanje konkuretnosti privrede;
- 3) Smanjenje negativnih uticaja energetskog sektora na životnu sredinu;

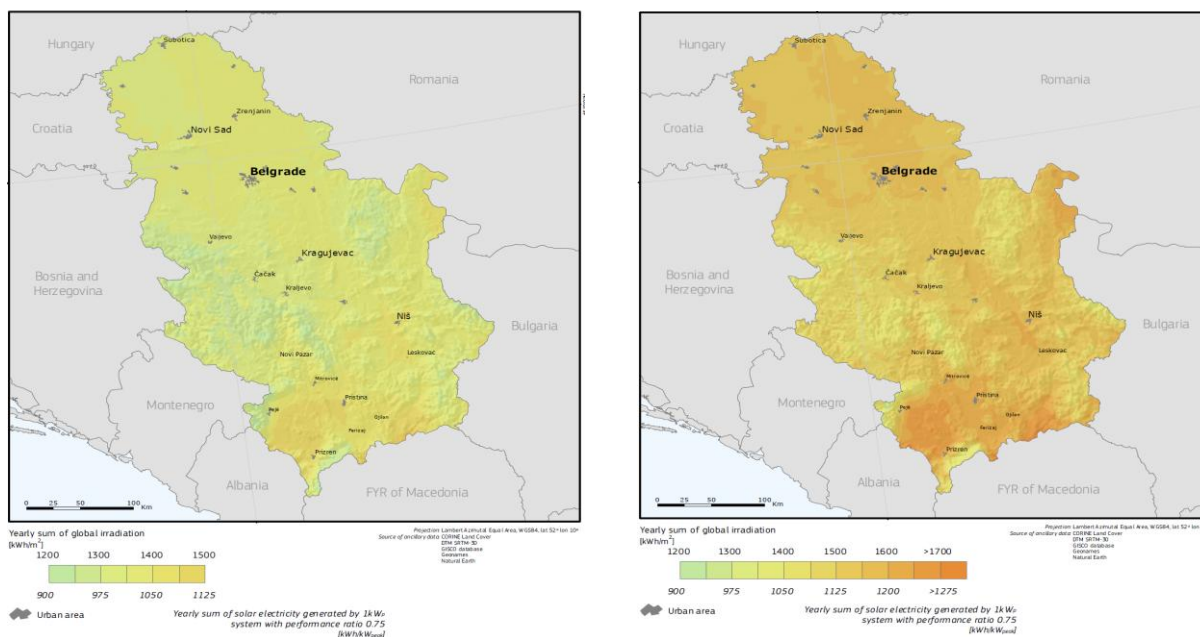
4) Podsticanje odgovornog ponašanja prema energiji.

U periodu od 2009. godine interesovanje za korišćenje distribuiranih izvora energije je stalno raslo, ali je broj novoizgrađenih objekata bio relativno mali. Povećano interesovanje za izgradnju novih kapaciteta je započelo usvajanjem Zakona o energetici [1] i drugih podzakonskih akata kojima su regulisani u ovoj oblasti sa stanovišta ulaganja. Na ovaj način je ova tema pokrenuta od strane nadležnih institucija i budući investitori su se mogli po prvi put informisati na pravi način. Upotreba obnovljivih izvora energije je neophodna u celokupnom sistemu proizvodnje kako bi se dugoročno iz eksploatacije izbacili fosilni izvori energije [2] [3].

Posebno je u periodu od 2010-2016. godine izgrađen veliki broj fotonaponskih elektrana manjih snaga na teritoriji distributivnog područja Niš. Međutim u poslednje vreme je ispunjena kvota za otkup električne energije proizvedene iz ovakvih elektrana pa se u budućnosti očekuje novi talas izgradnje kapaciteta za proizvodnju električne energije.

Potencijal sunčeve energije predstavlja 16.7% od ukupno iskoristivog potencijala OIE u Srbiji [4]. Energetski potencijal sunčevog zračenja je za oko 30 % viši u Srbiji nego u zemljama u Srednjoj Evropi i intenzitet sunčeve radijacije je među najvećim u Evropi. U cilju poređenja, prosečna vrednost globalnog zračenja za teritoriju Nemačke iznosi oko 1000 kWh/m², dok je za Srbiju ta vrednost, videti sliku br. 1, oko 1400 kWh/m² [5]. Najpovoljnije oblasti u Srbiji beleže veliki broj sunčanih sati. Prosečna vrednost globalnog zračenja na teritoriju jugoistoka zemlje iznosi i preko 1500 kWh/m².

Prema novoj Uredbi o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i iz visokoefikasne kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije podsticajna cena za otkup energije dobijene uz fotonaponskih elektrana snage do 30 kW snižena je za 49 % [6].



Slika 1. Globalno zračenje za horizontalnu montažu PV sistema

Vlada Srbije je usvajanjem „Uredbe o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije“ iskoristila iskustva iz susednih zemalja koje imaju slične uslove rada u proizvodnje električne energije. Ovom uredbom definisane su kategorije povlašćenih proizvođača prema vrsti i snazi elektrana. Takođe navode se i podaci o maksimalno efektivnog vremena rada i podsticajne otkupne cene [7].

TABELA 1 – Kategorije solarnih elektrana i otkupna cena

Vrsta elektrane povlašćenog proizvođača	Instalisana snaga P (MW)	Podsticajna cena (c€/kWh)
Na objektu do 0,03	0,03	14,60-80*P
Na objektu od 0,03-0,5	0,03-0,5	12,404-6,809*P
Na zemlji	-	9

P- instalisana snaga elektrane, izražena u kW

Usvajanjem nove uredbe podsticajna cena (c€/kWh) za elektranu od 10 kW za snižena je od 20,66 c€/kWh na 12,2 c€/kWh. Ova uredba je na snazi od 2016. godine. Jedan od najvažnijih dugoročnih razloga usvajanja ove uredbe je svest o ograničenim izvorima fosilnih goriva u našoj zemlji. Imajući u vidu da je 65% električne energije proizvedene u Srbiji od domaćeg lignita i da su naše rezerve dovoljne da održe sadašnji nivo proizvodnje u narednih 30-40 godine neophodno je izgraditi nove kapacitete. Upravo to je važan razlog zbog čega država mora da podstiče izgradnju solarnih elektrana različitih snaga.

DOSTUPNI SOFTVERSKI PAKETI

PV GIS [8] je jedan od veb alata koji omogućava da se proceni proizvodnja električne energije na bilo kojoj lokaciji. Lokaciju možemo izabrati unošenjem tačnih kordinata buduće solarne elektrane.

Ova aplikacija daje sve neophodne klimatske i fotonaponske podatke u zavisnosti od vrste elektrane i načinu montaže fotonaponskih panela. Softver omogućuje prognozu proizvedene električne energije izraženu u proizvedenim kWh na mesečnom i godišnjem nivou.

Uz ovu aplikaciju moguće je pronaći i besplatne softvere kakve nude najveći proizvođači opreme za fotonaponske elektrane. U njima je data mogućnost da ili sami konfigurirate kompletnu opremu ili da vam to upravo oni urade i predlože. U bazi se nalaze kompletno od panela do invertora kao najbitnijih delova buduće fotonaponske elektrane. Ovakva analiza se može uraditi za vrlo kratko vreme sa svim neophodnim tehničkim podacima.

ANALIZA

Za prognozu proizvodnje električne energije biće uneti podaci o fotonaponskoj elektrani koja je instalisane snage 11,60 kW sa njenim tačnim kordinatama. Lokacija elektrane je prikazana na slici br. 2. Montaža panela je pod uglom od 30° a orijentisani su malo prema jugo-zapadu. Ova fotonaponska elektrana je uspešno povezana na mrežu niskog napona i nije bilo nikakvih prekida u njenom napajanju. Važno je da celokupan sistem montaže mora biti u skladu sa preporukama proizvođača opreme i pod nadzorom stručnih lica.



Unosni podaci	Naziv elektrane
Lokacija	43°35'51'' Sever 22°15'31'' Istok Nadmorska : 210 m
Instalisana snaga (kW)	11.16
Procenjeni gubici sistema (%)	14
Način montaže panela	Slobodnostojeći
Ugao montaže [0° - 90°]	30°
Azimut [-180° - 180°] Istok = -90° Jug = 0°	5°- orijentacija panela prema jugo-zapadu

Slika 2. Lokacija fotonaponske elektrane i ostali podaci

REZULTATI ANALIZE

Koristeći PV GIS može se predvideti proizvodnja električne energije za svaki mesec u godini. U tabeli br. 2 date su sve relevantne veličine kao što su: prosečna mesečna i dnevna proizvodnja u kWh (E_m, E_d) i prosečne vrednosti mesečne i dnevne vrednosti globalnog zračenja po kvadratnom metru (H_m, H_d)

TABELA 2 – PROGNOZIRANA MESEČNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mesec	E_d (kWh)	E_m (kWh)	H_d (kWh/m ²)	H_m (kWh/m ²)
Januar	17.90	553	1.94	60.2
Februar	24.00	672	2.65	74.1
Mart	38.40	1190	4.44	138
April	43.20	1300	5.19	156
Maj	45.40	1410	5.59	173
Jun	49.00	1470	6.14	184
Jul	50.60	1570	6.41	199
Avgust	50.10	1550	6.32	196
Septembar	41.20	1230	5.03	151
Oktobar	32.60	1010	3.83	119
Novembar	21.60	647	2.45	73.5
Decembar	15.70	485	1.72	53.2
Srednja vr.	35.8	1090	4.32	131
Ukupno	13087		1577	

Iz tabele br. 3 može se videti da je godišnja vrednost energije po instaliranom kW snage za ovu fotonaponsku elektranu 1172 kWh/kW, što je za 3.75% više od srednje godišnje vrednosti za teritoriju Srbije a nešto manja za maksimalnu vrednost za teritoriju Srbije koja iznosi 1231 kWh/kW. Gledajući podatke o prosečnoj vrednosti globalnog zračenja po kvadratnom metru koju primaju fotonaponski paneli primećena je prognozirana vrednost od 1577 kWh/m² koja je za 3.42% veća od srednje vrednosti za teritoriju naše zemlje a isto tolika manja za maksimalnu vrednost globalnog zračenja na teritoriji Srbije koja iznosi 1633 kWh/m².

Za dalju analizu važno je uporediti predviđene vrednosti sa stvarnim merenjima proizvedene električne energije na mernom uređaju. U tabeli br. 4 prikazane su upravo izmerene vrednosti proizvedene električne energije, po mesecima kao i prognozirane vrednosti proizvodnje. Pored procentualne greške, za precizniju prognozu računa se i srednja apsolutna procentualna greška (MAPE). Procentualne i MAPE greške se izračunavaju prema jednačinama (1) i (2), gde je A_i stvarna vrednost a F_i prognozirana vrednost. Procentualna greška daje mesečnu devijaciju između stvarne i prognozirane vrednosti a MAPE dobijenu tačnost na godišnjem intervalu

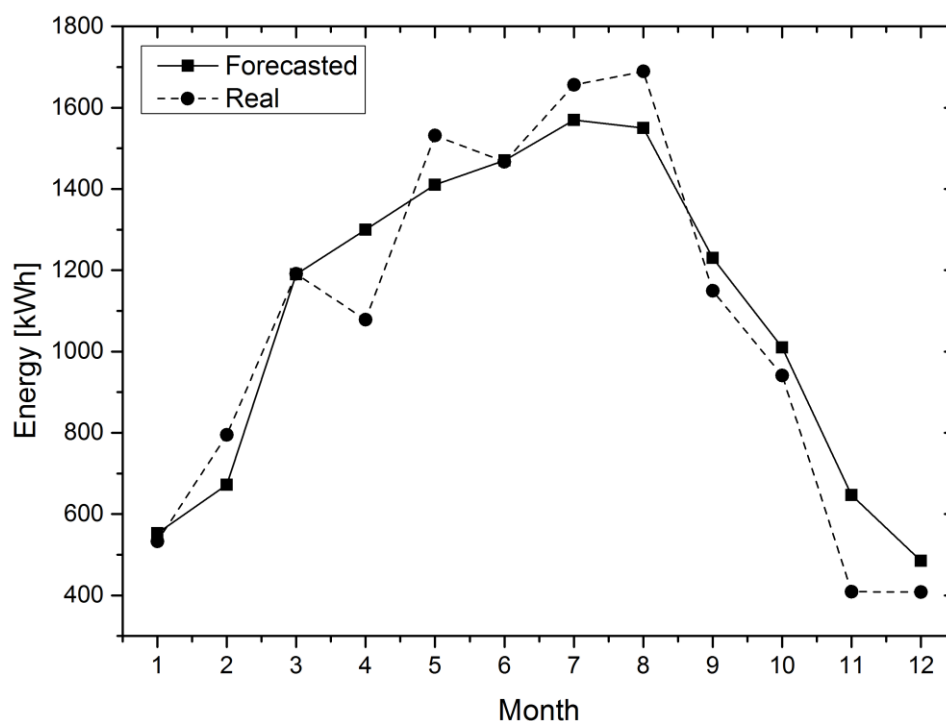
$$PE[\%] = 100 \frac{A_i - F_i}{A_i} \quad (1)$$

$$MAPE[\%] = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \quad (2)$$

Ukupna godišnja proizvedena električna energija u fotonaponskoj elektrani manja je za 1.86% u poređenju sa prognoziranom energijom. Prosečna apsolutna procentualna greška za period od jedne godine je 12.74% . Na slici br. 3 grafički je prikazan je odnos prognozirane energije dobijene upotrebom softverskog alata i stvarno proizvedene električne energije po mesecima.

TABELA 3 –MESEČNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U 2016 GODINI

Mesec	Prognozirana [kWh]	Proizvedena [kWh] 2016	Procentualna greška [%]
Januar	553	533	-3.75
Februar	672	795	15.47
Mart	1190	1191	0.08
April	1300	1078	-20.59
Maj	1410	1531	7.90
Jun	1470	1467	-0.20
Jul	1570	1656	5.19
Avgust	1550	1689	8.23
Septembar	1230	11149	-7.05
Oktoabar	1010	941	-7.33
Novembar	647	409	-58.19
Decembar	485	408	-18.87
Ukupno	13087	12847	-1.87



Slika 3. Prognozirana i proizvedena električna energija

ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana analiza realnih podataka proizvodnje jedne solarne elektrane koja se nalazi u pogonu već nekoliko godina i podataka koji se dobijaju korišćenjem nekih od alata za prognozu proizvodnje solarnih elektrana. Posle analize stiče se utisak da je korišćenje ovakvih alata neophodno za projektovanje i izgradnju jedne fotonaponske elektrane. Greška prilikom prognoza niža je od 2% što je u granicama prihvatljivog i daje jasne informacije o proizvodnji i obračunu finansijskog dobitka na godišnjem nivou. Povoljni klimatski uslovi, koji su navedeni u radu, upravo su razlog da se proizvodnja električne energije iz fotonaponskih elektrana poveća i trend povećanja do 2016. godine i nastavi. Upravo na području južne i jugoistočne Srbije nalazi se i najveći broj fotonaponskih elektrana u odnosu na ostale delove naše zemlje. Očekuje se povećanje izgradnje fotonaponskih elektrana različite snage koje se priključuju na distributivni sistem čime bi se udeo proizvodnje energije iz obnovljivih izvora povećao. Na dugoročnom planu, izgradnjom fotonaponskih elektrana, smanjila bi se opterećenost već dovoljno starih postrojenja za proizvodnju električne energije iz fosilnih izvora. Upravo najveći udeo u proizvodnji električne energije ima uglj, čije su rezerve ograničene.

Iako izgradnja fotonaponskih elektrana zahteva značajna finansijska sredstva njihova izgradnja će zameniti, u manjem delu naravno, postrojenja koja kao gorivo za proizvodnju električne energije koriste ugalj. Cena opreme koja je neophodna za izgradnju ovih izvora električne energije značajno je smanjena u poslednjih desetak godina, što je takođe povoljno za buduće investicije. Izgradnjom budućih fotonaponskih elektrane promeniće se i konfiguracija elektroenergetske mreže i postrojenja za distribuciju električne energije. To zahteva detaljniju analizu tokova snaga i naponskih prilika prilikom izgradnje fotonaponskih elektrana, kao distribuiranih izvora energije i njihovog uticaja na postojeći sistem distribucije električne energije.

LITERATURA

1. ***, 2014, "Zakon o energetici", "Sl. glasnik RS br.145/2014".
2. ***, 2013, "Nacionalni akcioni plan za korišćenje obnovljivih izvora energije Republike Srbije", "Sl. glasnik RS br. 53/2014".
3. ***, 2015, "Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine, sa projekcijama do 2030. godine", "Sl. glasnik RS br. 101/2015".
4. ***, 2004, "Studija energetskeg potencijala Srbije za korišćenje sunčevog zračenja i energije vetra, NPPE, Evidencioni br. EE704-1052", "Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine".
5. Stamenić Lj, 2009, "Korišćenje solarne fotonaponske energije u Srbiji", "Jefferson Institute".
6. ***, 2016, "Uredba o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i iz visokoefikasne kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije", "Sl. glasnik RS br. 56/16".
7. ***, 2016, "Uredba o uslovima i postupku sticanja statusa povlašćenog proizvođača električne energije, privremenog povlašćenog proizvođača električne energije iz obnovljivih izvora energije", "Sl. glasnik RS br. 56/16".
8. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.