



UDK: 631.621

ENERGETSKI POTENCIJAL SUNCA U SRBIJI I PRIMENA ENERGIJE SUNCA U POLJOPRIVREDI

Branko Radičević¹, Dušan Mikičić², Đukan Vukić¹

¹Poljoprivredni fakultet – Beograd, ²Elektrotehnički fakultet – Beograd

Sadržaj: Na osnovu meteoroloških podataka, kao i izvršenih dopunskih mnogobrojnih merenja, u radu je procenjen energetski potencijal Sunca u Srbiji. Rad je deo aktivnosti autora tokom izrade naučno-istraživačkog projekta *Atlas energetskog potencijala Sunca i vetra u Srbiji*. Već duži niz godina Srbija ima ekonomske i ekološke probleme zbog uvoza energije (nafta, gas), koja je sve skuplja i ugrožava vazduh, vodu i zemljište. Rezerve uglja u Srbiji, koji je prilično lošeg kvaliteta, procenjene su na još 50-ak godina. U radu je pokazano da je Srbija dobro osunčana zemlja i moraće svoje energetske potrebe u budućnosti sve više da zadovoljava Sunčevom energijom. Takođe, u radu je analizirana i primena energije Sunca u različitim oblastima poljoprivrede.

Ključne reči: energetski potencijal Sunca, električna energija, poljoprivreda

1. UVOD

Ekonomski i ekološki problemi nas svakim danom sve više prisiljavaju da se okrenemo Suncu kao najvećem energetskom izvoru u prirodi. Sunce je energetski izvor sa najvećim energetskim potencijalom – rezervoarom toplotne i svetlosne energije. Snaga Sunčevog zračenja je, [1]:

$$P(S) = L = 3,83 \cdot 10^{26} \text{ W} = 3,83 \cdot 10^{14} \text{ TW} \quad (1)$$

i ovu snagu će imati bar još $5 \cdot 10^9$ godina, [2]. Sunce oslobodi godišnje u okolni prostor toplotu i svetlost u iznosu od:

$$E_N (S/\text{god.}) = 3,36 \cdot 10^{30} \text{ Wh/god.} = 3,36 \cdot 10^{18} \text{ TWh/god.} \quad (2)$$

Prema našoj planeti Zemlji je usmereno samo $0,5 \cdot 10^{-9} P(S)$, tako da je Zemljina atmosfera osvetljena snagom:

$$P(S \rightarrow A, Z) = 1,74 \cdot 10^{17} \text{ W} = 1,74 \cdot 10^5 \text{ TW} \quad (3)$$

Oko 35 % ove energije se reflektuje od atmosfere nazad u svemirski prostor. Atmosfera apsorbuje oko 18%, a preostalih 47% apsorbuje Zemljina površina (kopno i more). Energija koju apsorbuju Zemlja i njena atmosfera predstavlja energetske izvor koji održava konstantnu temperaturu Zemljine površine na oko 15 °C, održava ciklus kruženja vode (kiša i ostale padavine), održava vazdušna i vodena strujanja i omogućava sve biološke procese na Zemlji, [8].

Zemlja i njena atmosfera prihvataju od Sunca godišnje:

$$E(S \rightarrow A, Z) = 10^{21} \text{ Wh/god.} = 10^{18} \text{ kWh/god.} \quad (4)$$

Približno ista količina energije se u toku noći emituje (vrati) u svemir u obliku IC zračenja. Na taj način se održava termodinamička ravnoteža sa približno konstantnom temperaturom na površini Zemlje (oko 15 °C).

Oko 50% energije koju Zemlja i njena atmosfera dobiju od Sunca je toplotna energija mora i kopna, 25% je energija vodenog ciklusa, ostalo otpada na vetar, morske struje, proizvodnju hrane i dr. Energija Sunca (izraz 4) zadovoljava više od 99,9% naših energetskih potreba (tj. omogućava kompletan život na Zemlji), i besplatna je. Osim ove energije čovek koristi još i fosilna goriva, nuklearno gorivo i geotermalnu energiju. Ukupna potrošnja u svetu u 2009. godini je bila:

$$E(fg, ng, gt) \approx 10^{17} \text{ Wh/god.} \quad (5)$$

Uporedimo sada energije date izrazima (4) i (5):

$$E(S \rightarrow A, Z) \approx 10000 E(fg, ng, gt) \quad (6)$$

Dakle, energija koju Zemlja i njena atmosfera dobijaju od Sunca za jednu godinu je 10000 puta veća od energije dobijene sagorevanjem fosilnih goriva (fg), nuklearnim procesima (ng) i iz geotermalnih izvora (gt) zajedno. To znači da od energije Sunca (izraz 4), koju je prihvatila Zemlja zajedno sa atmosferom, treba uzeti privremeno samo 0,1 promil, konvertovati je u električnu ili neku drugu energiju. Tako bismo zamenili energiju datu izrazom (5), uz povoljne ekološke efekte. Ova energija se nakon nekoliko sati ili dana ponovo vraća u toplotu energiju i ne remeti energetske bilans Zemlje. Ovo je moguće izvesti tehnički i ekonomski, što pokazuju iskustva većine zemalja koje intenzivno koriste energiju Sunca.

2. ENERGETSKI POTENCIJAL SUNČEVOG ZRAČENJA U SVETU

Snaga Sunčevog zračenja na površini Zemlje zavisi od više faktora, između ostalog od: geografske širine, oblačnosti, godišnjeg doba, doba dana i dr. Kada se uzmu u obzir svi ovi faktori odgovarajuća godišnja energija Sunčevog zračenja na horizontalnoj površini Zemlje (kWh/m²god.) data je na slici 1.

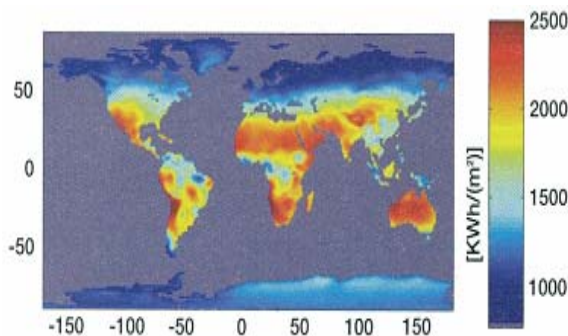
Na slici 2 prikazana je količina energije Sunčevog zračenja (kWh/m²god.) na horizontalnoj površini tla u regionu Evrope (Srbiji odgovara oko 1450 kWh/m² god.). Sa slike 2 se takođe može uočiti da ukoliko su solarni sistemi postavljeni na pogodnim lokacijama (kao što su lokacije u Španiji, Malti, na jugu Italije i Turske itd.) mogu

proizvesti *dvostruko* više električne energije nego u zemljama na severu Evrope (Škotska, Skandinavske zemlje, Rusija itd.).

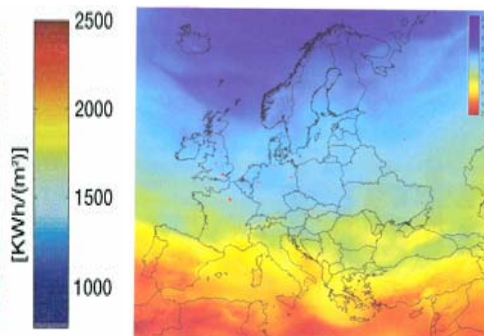
Kada se Srbija na osnovu slike 2 uporedi sa ostalim zemljama Evrope može se uočiti da je prilično bogata energijom Sunca. Primera radi Nemačka ima prosečno samo 1050 kWh/m² energije Sunca godišnje, što je 38% manje nego Srbija. U Evropi su Grčka, Turska, Italija, Španija (južna Evropa) bogate energijom Sunca, sa više od 1600 kWh/m² godišnje. Zato su ove zemlje instalirale veliki broj solarnih kolektora za pripremu tople vode. Ovi uređaji se isplate za (5 do 9) godina u turističkim mestima južne Evrope, gde je potrošnja tople vode (oko 40 °C) velika u letnjim mesecima (više od 60 l po stanovniku na dan), [6]. Čak i Nemačka, sa 1050 kWh/m² godišnje, ima veliki broj firmi koje proizvode solarne kolektore i PV module. Osim toga, Nemačka je pokazala da i na njihovoj geografskoj širini moderni kolektori mogu izvući (500 do 600) kWh/m² toplotne energije godišnje.

Fotonaponski moduli (PV) su manje efikasni, [3], sa godišnjom produkcijom u Nemačkoj od oko 120 kWh/m². I pored toga, Nemačka je druga zemlja u svetu sa 1500 MW instalisanih PV modula (stanje iz 2008. godine), sa nepoznatim rokom isplativosti. Početkom 2009. godine u svetu je ukupno instalisano oko 14,8 GW u PV modulima (u evropskim zemljama oko 81%). Španija je prva zemlja u svetu kada je u pitanju instalisana snaga PV modula (oko 2510 MW). Slede USA (342 MW), Južna Koreja (274 MW), Italija (258 MW), Japan (230 MW) itd. Današnji moderni PV moduli na dobrim lokacijama mogu proizvesti bar 160 kWh/m²god. električne energije, [4, 5]. To su lokacije blizu ekvatora, gde je prosečna snaga Sunčeve radijacije 250 W/m² ili više (oko 2200 kWh/m²god.).

Zemlje EU generalno posvećuju veliku pažnju obnovljivoj (Sunčevoj) energiji. Samo Nemačka ulaže godišnje oko 5 milijardi evra u cilju što brže primene energije Sunca. Na brojnim kongresima i sajmovima prikazuju se praktični primeri solarnih kolektora, PV modula, vetrogeneratora, peći i motora koji koriste čvrstu i tečnu biomasu i drugi uređaji za korišćenje energije Sunca. Iskustva Nemačke, Austrije, Španije i drugih zemalja mogu nam koristiti u razvoju strategije korišćenja energije Sunca, uzimajući u obzir da je osunčanost Srbije jako dobra.



Slika 1. Atlas godišnje energije Sunčevog zračenja za različite geografske širine na Zemlji u kWh/(m²god.)

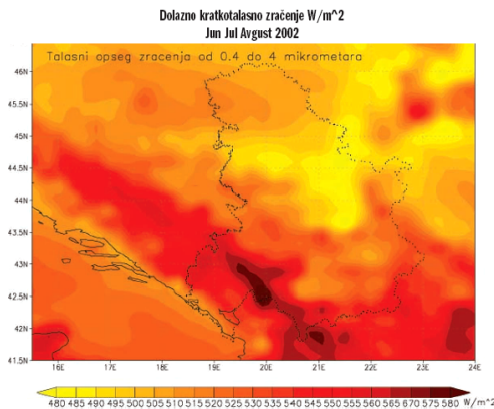


Slika 2. Količina energije Sunčevog zračenja (kWh/m²god.) na horizontalnoj površini u regionu Evrope

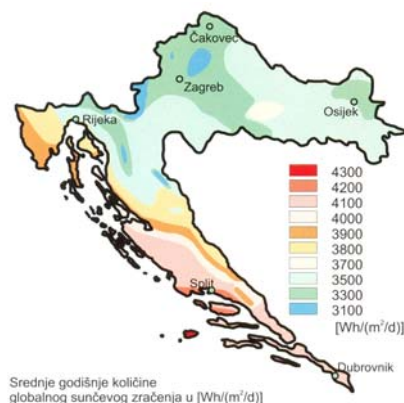
3. ENERGETSKI POTENCIJAL SUNCA U SRBIJI

Solarna energija konvertovana u električnu energiju pomoću PV modula pokriva tek mali deo od 1% potrošnje električne energije u svetu. Realno se očekuje da će ovaj procenat do 2020. godine u porasti na više od 5%. Španija, Nemačka i USA su svetski lideri u ovom sektoru. U Srbiji se solarna energija uglavnom koristi za stvaranje toplotne energije (u jako malom procentu), gde je vrlo isplativa. Zato su solarni kolektori postali relativno popularni u domaćinstvima za grejanje vode. Korišćenje Sunčeve energije za dobijanje električne energije i upotreba fotonaponskih modula je simbolična, iako za to postoje svi uslovi. Npr. broj sunčanih dana u Srbiji je, prema podacima Ministarstva energetike Srbije, veći od 2000h. To je veća vrednost nego u većini evropskih zemalja, ali je solarni potencijal sasvim neiskorišćen. Intenzivnije sveobuhvatno korišćenje solarne energije zavisice od razvoja i sprovođenja nacionalnog programa obnovljivih izvora energije.

Autori ovog rada već više godina analiziraju korišćenje energije Sunca u Evropi, Srbiji i okolnim zemljama Balkanskog regiona. Naše iskustvo nam daje slobodu da prikazemo jedan mogući scenario korišćenja Sunčeve energije u Srbiji, koja je smeštena u južnoj Evropi između (42° N – 46° N) geografske širine, što se vidi na slici 3.



Slika 3. Atlas srednje 12-časovne snage Sunčevog zračenja za Srbiju za tri letnja meseca



Slika 4. Energetski potencijal Sunca za Hrvatsku (Čakovec- $46,3^{\circ}$ N, Dubrovnik- $42,6^{\circ}$ N)

Na slici 3 se vidi da je $P_{sr}(12h) = 530 \text{ W/m}^2$, što znači da je $P_{sr}(24h) = 265 \text{ W/m}^2$, na horizontalnoj površini tla, za tri letnja meseca. Na gornjoj granici atmosfere, na horizontalnu površinu iznad Srbije, godišnje stigne 2768 kWh/m^2 Sunčeve energije (tabela 1, kolona E_1). To znači da je prosečna snaga ekstraterestričnog zračenja Sunca iznad Srbije $S_2 = 0,316 \text{ kW/m}^2$. Površina Srbije je $A(Sr) = 88361 \text{ km}^2$, tako da je godišnji prinos Sunčeve energije za teritoriju Srbije i sloj atmosfere iznad nje:

$$E_1(Sr) = E_1 A(Sr) = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ kWh/god.} \quad (7)$$

Ovu energiju delimično apsorbuje atmosfera, a ostatak preuzme kopno. Ona zadovoljava 99,9% naših energetskih potreba (toplota, vodeni ciklus, proizvodnja hrane,

vetar i dr.). Mi želimo da procenimo koliko će od ove energije (izraz 7) biti dostupno čoveku u budućnosti kada nestanu fosilna goriva. Nakon prolaska kroz atmosferu energija (7) pada u smanjenom obimu na tle Srbije. Realni podaci o količini Sunčeve energije koja stigne do tla dati su u koloni E_3 tabele 1.

Na horizontalnu površinu Srbije godišnje stiže (1320 do 1600) kWh/m² Sunčeve energije, odnosno prosečno:

$$E_3 = 1460 \text{ kWh/(m}^2\text{god.)} = 4 \text{ kWh/(m}^2\text{dan)} \quad (8)$$

To znači da, nakon prolaska kroz atmosferu, na tle Srbije stiže ukupno:

$$E_3(hpSr) = E_3 \cdot A(Sr) = 1,3 \cdot 10^{14} \text{ kWh/god.} \quad (9)$$

Za buduće proračune i procene konverzije Sunčeve energije u električnu i toplotnu energiju biće merodavna vrednost data izrazom (8). U cilju kontrole podataka navedenih u literaturi, osim atlasa (slika 3) i tabele 1, prikazan je i atlas energetskog potencijala Sunca za Hrvatsku (slika 4), jer su Srbija i Hrvatska na približno istoj geografskoj širini, sa skoro jednakom Sunčevom radijacijom.

Sa slike 4 se vidi da su srednje količine globalnog (zbir direktnog i difuznog) Sunčevog zračenja u Hrvatskoj između (3,1 - 4,3) kWh/(m² dan) = (1132 - 1570) kWh/(m²god.), odnosno prosečno 1351 kWh/(m²god.), [7]. Ovo vrednosti su za oko 8% manje nego za Srbiju (izraz 8).

Tabela 1. Energetski potencijal Sunca u Srbiji u kWh/(m² god.)

Geografska širina [°N]	Mesto	E_1	E_2	E_3
46	Subotica	2691	2350	1350
45	Vršac	2721	2373	1405
44	Kragujevac	2768	2430	1460
43	Leskovac	2791	2466	1515
42	Prizren	2860	2535	1570

gde je:

E_1 – Ekstraterestrično zračenje Sunca na horizontalnoj površini pre ulaska u atmosferu iznad Srbije, računato prema Milankovićevoj formuli;

E_2 – Energija Sunčevog zračenja na horizontalnoj površini na donjoj granici atmosfere (površina mora), uvek vedro i čisto nebo - Rayleigheva atmosfera;

E_3 – Realna energija Sunčevog zračenja na horizontalnoj površini na donjoj granici atmosfere.

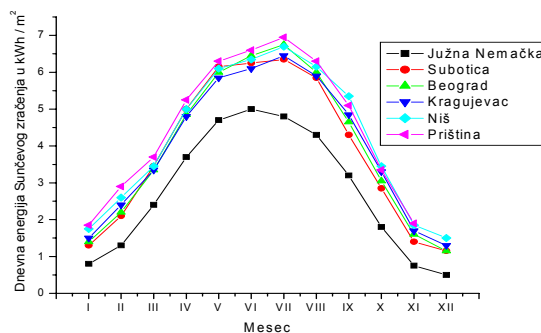
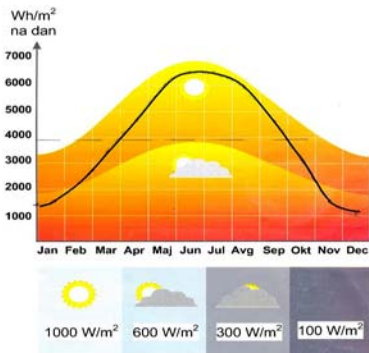
Energetski potencijal Sunca za svaki mesec u godini prikazan je na slikama 5 i 6 i tabeli 2. Izabrano je pet gradova u Srbiji raspoređenih između 42° N i 46° N, jer se vrednosti radijacije za ostala mesta mogu interpolirati. Napominjemo da naši dijagrami nisu ulazili u detalje, kao što su lokalna oblačnost i lokalni vetrovi. Ovo je moguće prilikom određivanja globalnog potencijala na nivou godine ili meseca.

Ukupna godišnja Sunčeva radijacija u južnoj Nemačkoj je, prema tabeli 2, 1015 kWh/m², što je slično vrednosti iz atlasa na slici 2. Ukupna godišnja Sunčeva radijacija u centralnoj Srbiji – Kragujevac je 1448 kWh/m². Ovo pokazuje da je osunčanost Srbije znatno veća nego osunčanost južne Nemačke (40%).

U toku vegetacionog perioda (april – septembar) količina dobijene energije od Sunca se kreće od 4,9 kWh/m² na zapadu, do 5,7 kWh/m² na jugoistoku Srbije. *Najniže* vrednosti u Srbiji podudaraju se sa *najvećim* vrednostima u Austriji i Nemačkoj, koje intenzivno koriste Sunčevu energiju. Identifikovana je činjenica da su vrednosti ove energije u brdskim krajevima zapadne Srbije niske. To je posledica povećane dnevne oblačnosti u tim krajevima u letnjem periodu. Poznavanje količina Sunčeve energije u vegetacionom periodu je važno i zbog izračunavanja potencijalne produkcije biomase, tj. utvrđivanja potencijalne mogućnosti plantažne proizvodnje biomase.

Tabela 2. Srednje dnevne količine energije globalnog (direktnog i difuznog) Sunčevog zračenja na horizontalnoj površini u kWh/(m² dan)

	G. šir.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Juž. Nemačka	48 ^o N	0,8	1,3	2,4	3,7	4,7	5,0	4,8	4,3	3,2	1,8	0,75	0,5
Subotica	46 ^o N	1,30	2,10	3,45	5,00	6,15	6,25	6,35	5,85	4,30	2,85	1,40	1,15
Beograd	44,7 ^o N	1,40	2,20	3,35	4,85	6,00	6,45	6,75	6,00	4,65	3,05	1,60	1,15
Kragujevac	44 ^o N	1,50	2,40	3,35	4,80	5,85	6,10	6,45	5,90	4,85	3,30	1,70	1,30
Niš	43,2 ^o N	1,75	2,60	3,45	5,00	6,10	6,35	6,70	6,15	5,35	3,45	1,85	1,50
Priština	42,3 ^o N	1,85	2,90	3,70	5,25	6,30	6,60	6,95	6,30	5,10	3,35	1,90	1,60



Slika 5. (levo) Energetski potencijal Sunca u Srbiji za različite mesece. Gornja kriva predstavlja teorijski potencijal bez oblaka. Donja kriva daje teorijski potencijal za slučaj osunčanosti 60%. Kriva nacrtana crnom linijom predstavlja dnevni energetski potencijal Sunca za grad Beograd (44,7^o N), meren tokom jedne godine
Slika 6. (desno) Osunčanost gradova u Srbiji u odnosu na južnu Nemačku

4. ENERGETSKI POTENCIJAL SUNCA U PRIMENI

U svetu postoje raznovrsni pokušaji primene energije Sunca u cilju uštede fosilnih goriva i zbog ekoloških razloga. Evropska unija, SAD i Japan su vodeće zemlje u praktičnom korišćenju energije Sunca. Dosadašnja teorija i praksa konverzije Sunčeve energije u toplu vodu, električnu energiju, bio-dizel i dr. pokazuje da će, u relativno bliskoj budućnosti (50 do 100) godina, čovek uspeti da sve svoje energetske potrebe zadovolji energijom Sunca. Ovo tvrde najpoznatiji naučnici navedenih zemalja. Svetske energetske potrebe danas Sunce zadovoljava, sa više od 99,9%, a preostalih 0,1% fosilna goriva, nuklearno gorivo i geotermalna energija. Autori ovog rada su pokušali da procene, da li se i preostalih 0,1% može zadovoljiti energijom Sunca i tako izbaci iz upotrebe fosilna i nuklearno gorivo, koja su ekološki štetna a uskoro će biti iscrpljena.

Od svih obnovljivih izvora energije, a to je Sunčeva energija, za Srbiju su najvažniji:

- a) HIDROENERGIJA, sa danas instalisanih 3200 MW (sa produkcijom od 12 TWh/god. električne energije). Potencijalno, u Srbiji se može instalirati još 2000 MW (8 TWh/god.).
- b) BIOMASA – čvrsta (drvo i svi ostaci), tečna (biodizel, alkohol). Energetski potencijal biomase u Srbiji je toliko veliki da bi mogao zameniti oko 50% sadašnje potrošnje uglja ($35 \cdot 10^6$ tona godišnje). Osim toga, korišćenjem biomase štedimo strateško gorivo – ugalj, uz pozitivne ekološke efekte. Biomasa je ekološko i obnovljivo gorivo, koje ne remeti količinu CO_2 u atmosferi, jer se u prirodi stvara istom brzinom kao što se troši. Cena ovog goriva je već prihvatljiva (0,1 – 0,2) evra po kWh toplotne energije.
- c) DIREKTNO I DIFUZNO ZRAČENJE SUNCA pretvoreno u toplotu pomoću solarnih kolektora. Ovaj način konverzije energije Sunca se danas pokazao kao brzo isplativ (5 - 10) godina, uz pozitivne ekološke efekte. Energetski potencijal primene solarnih kolektora u Srbiji je oko $500 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{god.})$. Ako se proračun izvrši sa ukupnom površinom kolektora $A_k = 40 \text{ km}^2 = 40 \cdot 10^6 \text{ m}^2$, onda bi sa ove površine moglo da se dobije $20 \cdot 10^9 \text{ kWh/god. toplotne energije}$. Ovo bi moglo da se uradi u narednom vremenskom periodu od oko 50 godina, uz cenu od oko 250 €/m^2 , ili ukupno 10 milijardi €.
- d) VETAR – je izvor energije koji se nameće kao ozbiljan konkurent fosilnim gorivima u produkciji električne energije. Tehnički i ekonomski mogući potencijal vetra za Srbiju je: $P_{ot}(W) = (10 \pm 5) \text{ GW}$ u snazi, odnosno, ako se usvoji skroman koeficijent kapaciteta 0,23, vetrogeneratori bi u Srbiji mogli proizvoditi 20 milijardi kWh/god. el. energije, [9].
- e) DIREKTNO SUNČEVO ZRAČENJE – konvertovano u jednosmernu struju pomoću PV modula je takođe dobar izvor energije. Srbija gotovo da nije ništa uradila u vezi sa primenom PV tehnologije, jer je ovakav način konvertovanja energije Sunca u električnu energiju skup (0,5 - 0,8) €/kWh. U bliskoj budućnosti, ovakav način korišćenja Sunčeve energije neće imati veći uticaj na ukupnu produkciju električne energije u Srbiji. Međutim, primena PV tehnologija je neminovna u svemirskim istraživanjima, novim tehnologijama, a pokazale su se uspešno i kod potrošača malih snaga (0,1 - 100) W.

5. PRIMENA ENERGIJE SUNCA U POLJOPRIVREDI

S obzirom da je u prethodnim poglavljima pokazano da je Srbija dosta bogata energijom Sunca u ovom poglavlju je razmotrena mogućnost primene energije Sunca na poljoprivrednim gazdinstvima u Srbiji, kako u ravničarskim, tako i u planinskim oblastima. Korišćenje energije Sunca je naročito pogodno na salašima u Vojvodini koji su specifične naseobine relativno udaljene i izolovane od glavnih komunikacija i infrastrukture i uglavnom se radi o malim posedima (2-20 hektara). Važno je istaći da se na salašima neguje poseban duh življenja, okrenut tradicionalnim vrednostima i proizvodnji hrane koja po svom kvalitetu spada u zdravu hranu. Broj tradicionalnih salaša u Vojvodini premašuje hiljadu, a istovremeno mali broj ruralnog stanovništva konstantno živi na njima, posebno zbog udaljenosti od puteva i nedostatka električne energije. Upravo zbog toga na velikom broju salaša primena obnovljivih izvora energije, a prevashodno energije Sunca, se javlja kao velika šansa za njihovim očuvanjem. Obezbeđivanjem energije iz obnovljivih izvora stvorili bi se bolji uslovi za život i privređivanje malih farmera i poljoprivrednih proizvođača.

Prednosti solarne energije u poljoprivredi su višestruke: energije Sunca u Srbiji ima u dovoljnoj meri kada se izvode poljoprivredni radovi (žetva/setva), korišćenje solarne energije ne zagađuje (hemijski, radioaktivno, ili toplotno) okolinu. Za korišćenje solarne energije nisu potrebne složene mašine, postrojenja, rudnici i velika novčana sredstva. Solarna energija ne zahteva transport. Takođe, solarna energija se može pretvarati u druge oblike energije, kao što je u radu već objašnjeno.

Toplotno dejstvo Sunčevog zračenja predstavlja veoma pogodan izvor energije za grejanje potrošne vode na poljoprivrednim imanjima i salašima, za dobijanje električne energije za napajanje potrošača male i srednje snage u individualnim objektima na poljoprivrednim gazdinstvima i imanjima, za punjenje akumulatora za mnogobrojne poljoprivredne mašine, za napajanje specijalnih i modernih poljoprivrednih alatki i opreme, ali i za navodnjavanje obradivih površina.

Prednosti upotrebe solarne energije su: mogućnost rada i u oblačnim danima, brza instalacija, nema emisije ugljen-dioksida, nizak uticaj na okolinu, trajanje 20-30 godina, zauzima mali prostor (ako je na krovu). Mane primene ovakvog izvora energije su: stalni pristup sunčevoj energiji, mogućnost blokiranja sunčeve energije, mala efikasnost, potreban je sistem za akumulisanje električne energije ili rezervni sistem, kao i potreba za pretvaranjem jednosmerne struje u naizmjeničnu.

Dalje mogućnosti primene energije Sunca u poljoprivredi su mnogobrojne. Energija Sunca se može koristiti za napajanje pojilišta za ispašu, za napajanje sistema za zalivanje poljoprivrednih kultura, za provetranje ribnjaka, za navodnjavanje, za zagrevanje staklenika, za obezbeđivanje pulsirajućeg napona za električne ograde itd.

6. ZAKLJUČAK

U radu je pokazano da energije Sunca, kao glavnog obnovljivog (klimatskog) resursa, ima dovoljno za potpuno napuštanje korišćenja fosilnih i nuklearnih rezervi kao

energetskih resursa u narenih (50 do 100) godina. Energetski potencijal Sunca za Srbiju definisan je prosečnom količinom globalnog zračenja na horizontalnoj površini od 1460 kWh/(m²god.). Ova energija zadovoljava danas energetske potrebe Srbije sa 99,9%. Preostalih 0,1% svojih energetskih potreba Srbija zadovoljava sagorevanjem fosilnih goriva i geotermalnom energijom. Energetski potencijal Sunca u Srbiji je dovoljno velik, pa se u budućnosti preostalih 0,1% može dobiti korišćenjem energije Sunca i to: 1) hidroenergijom sa oko 20 TWh/god. električne energije, 2) biomasom sa oko 40 TWh/god. toplotne energije, 3) solarnim kolektorima sa oko 40 TWh/god. toplotne energije, 4) vetroelektranama sa oko 20 TWh/god. električne energije i 5) PV modulima sa oko 4 TWh/god. električne energije. U zbiru, to iznosi (44 TWh/god. električne energije, plus 80 TWh/god. toplotne energije), što je približno 0,1 % energije koju Srbija dobija od Sunca. Ovo znači da se konverzijom samo jednog promila energije Sunca mogu zameniti sva fosilna goriva koja se danas troše u Srbiji.

Međutim, solarni potencijal u Srbiji je jako malo iskorišćen. Solarna energija se uglavnom koristi za stvaranje toplotne energije u solarnim kolektorima za grejanje vode. Korišćenje Sunčeve energije za dobijanje električne energije i upotreba fotonaponskih modula je simbolična, iako za to postoje svi uslovi. U radu su analizirane moguće primene energije Sunca u poljoprivredi Srbije. Kako su obnovljivi izvori energije (a naročito Sunčeva energija) istovremeno i ekološki prihvatljiviji od fosilnih, obezbeđuje se proizvodnja zdravstveno bezbedne hrane. Intenzivnije sveobuhvatno korišćenje solarne energije zavisice od razvoja i sprovođenja nacionalnog programa obnovljivih izvora energije.

LITERATURA

- [1] Wayne C. Turner, Steve Doty, *Energy Management Handbook*, CRC Press, 2006.
- [2] M. Benišek, M. Milivojević, Lj. Stamenić, M. Lambić, D. Mikičić, F. Kosi, D. Radivojević, M. Rajković, *Liber Perpetuum, Potencijali obnovljivih izvora energije u Srbiji i Crnoj Gori*, OSCE Mission to Serbia and Montenegro, 2004., ISBN 86-903283-8-6
- [3] Tomas Markvart, *Solar Electricity*, Wiley, 2 edition, 2000
- [4] Tom Markvart, Luis Castaner, *Solar Cells: Materials, Manufacture and Operation*, Elsevier Science; 1 edition, 2005
- [5] Lj. Stamenić, G. W. Ingham, *Solar Photovoltaic Revolution*, Sunology International Inc., Vancouver, B.C., 1995., ISBN 0-9680062-0-5
- [6] A. K. Athienitis, M. Santamouris, *Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings*, James and James, 2002
- [7] I. Penzar, *Maksimalna snaga Sunčevog zračenja na području Jugoslavije, Sunčeva energija*, Hrvatsko društvo za Sunčevu energiju, Rijeka, 1/1979, str. 6-9
- [8] NASA – National American Scientific Association, *Surface Meteorology and Wind & Solar Energy, 2004*.
- [9] B. Radičević, D. Mikičić, *Komparacija metoda za procenu vetroenergetskog potencijala i pretvaranje energije vetra u električnu energiju*, Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene, Crnogorska Akademija nauka i umjetnosti, Vol. 84, Zbornik radova, Vol. 11, pp.157-173, Podgorica, 2008.

SOLAR ENERGY POTENTIAL OF SERBIA AND APPLICATION OF SUN ENERGY IN AGRICULTURE

Branko Radičević¹, Dušan Mikičić², Đukan Vukić¹

¹Faculty of Agriculture – Belgrade

²Faculty of Electrical Engineering – Belgrade

Abstract: On the basis of meteorological data, as well as on the performed additional measurements, in the paper is estimated the solar energy potential of Serbia. This paper represents a part of author's activities in the course of work on the scientific research project: *Atlas of the energy potential of Sun and wind in Serbia*. Serbia has economic and ecological problems which are caused by the import of energy (oil, gas) which becomes more and more expensive and also pollutes air, water and soil. Serbia is well irradiated by Sun and because of that Serbia is bound to meet their energy needs in future by using solar energy more. In this paper is also analyzed the application of Sun energy in various fields of agriculture.

Key words: *solar energy potential, solar atlas, electrical energy, agriculture.*