

# LABORATORIJA ZA SOLARNU ENERGETIKU NA PRIRODNO-MATEMATIČKOM FAKULTETU U NIŠU

*T. Pavlović<sup>1</sup>, Z. Pavlović<sup>1</sup>, J. Radosavljević<sup>2</sup>, M. Đurđanović<sup>2</sup>, Lj. Kostić<sup>1</sup>*

## **SAŽETAK:**

**U radu je dat opis laboratorije za solarnu energetiku na Prirodno-matematičkom fakultetu u Nišu i rezultati merenja intenziteta i energije sunčevog zračenja, zavisnost napona, struje, električne snage i električne energije od vremena, kao i strujno-naponske karakteristike kod hibridnog kolektora sa solarnim ćelijama od amorfno silicijuma na staklu. Na kraju je data toplotna i električna efikasnost hibridnog kolektora.**

**Ključne reči:** *solarna energetika, hibridni kolektor, akvizicija podataka*

## **1. UVOD**

Razvoj solarne energetike u Nišu započeo je 1984. godine pod rukovodstvom prof. dr Branislava Lalovića, koji je na Filozofskom fakultetu izvodio nastavu iz nuklearne fizike a sa fabricom za preradu aluminijuma *Nissal* u Nišu radio na razvoju termalnog i hibridnog kolektora i solarnih ćelija od amorfno silicijuma na anodno-oksidovanom aluminijumu [1-6].

Od 1986. do 1999. godine pod rukovodstvom prof. dr Tomislava M. Pavlovića na PMF-u i u Elektronskoj industriji u Nišu rađeno je na formiranju elektronskih uređaja za prihvatanje električne energije iz solarnih ćelija: regulatoru punjenja akumulatora, pretvaraču jednosmerne u naizmjeničnu struju, uređaju za automatsko usmeravanje solarnih ćelija prema Suncu itd. [7,8].

---

<sup>1</sup> Prirodno-matematički fakultet u Nišu, [pavlovic@pmf.ni.ac.yu](mailto:pavlovic@pmf.ni.ac.yu)

<sup>2</sup> Fakultet zaštite na radu u Nišu, [radosavljevic\\_jasmina@yahoo.com](mailto:radosavljevic_jasmina@yahoo.com)

## 2. LABORATORIJA ZA SOLARNU ENERGETIKU NA PMF-u U NIŠU

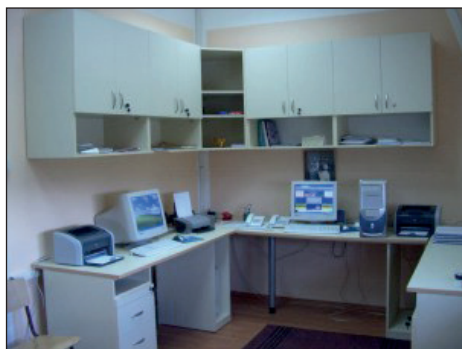
Sa formiranjem laboratorije za solarnu energetiku na PMF-u u Nišu počelo se sredinom 2003. godine. Laboratorija se nalazi na petom spratu i krovu fakulteta. Na krovu se nalazi pokretno postolje za solarne kolektore sa podešavanjem nagiba kolektora od 0 do 90°. Na pokretnom postolju se nalazi solarni modul snage 110W sa solarnim ćelijama od monokristalnog silicijuma, hibridni kolektor sa solarnim ćelijama od monokristalnog silicijuma, hibridni kolektor sa solarnim ćelijama od amorfnog silicijuma na staklu i termalni kolektor sa spektralno-selektivnim apsorberom. Na nepokretnom postolju se nalazi termalni kolektor sa nebojenim apsorberom, nebojeni i spektralno selektivno obojeni apsorber. Postolje, kolektore i apsorbere je izradio Nissal iz Niša i poklonio Prirodno-matematičkom fakultetu.

Pored kolektora na krovu se nalazi automatska meteorološka stanica *Davis* iz SAD i meteorološka stanica iz Novog Sada. Akvizicija i obrada meteoroloških podataka i podataka vezanih za temperaturu vode na ulazu i izlazu iz kolektora vrši se pomoću računara u laboratoriji na petom spratu fakulteta. Od meteoroloških parametara neprekidno se mere i registruju temperatura vazduha, intenzitet sunčevog zračenja, UV indeks, pritisak, vlažnost vazduha, brzina i pravac vetra itd.

U laboratoriji na petom spratu nalazi se solarni bojler od 120 l sa jednim izmenjivačem toplote, koji je sa kolektorima povezan sa sistemom za prinudnu cirkulaciju vode. Bojler je preko odgovarajućih ventila povezan i za parno grejanje. Na ovaj način voda u solarnom bojleru se u toku leta zagreva pomoću kolektora, a u toku zime iz sistema za centralno grejanje fakulteta.



Slika 1: Deo laboratorije za solarnu energetiku na krovu fakulteta



Slika 2: Deo laboratorije za solarnu energetiku na petom spratu fakulteta

Za merenje brzine protoka tečnosti koristi se elektronski vodomerni *Insa-Pupin* iz Beograda. Temperatura vode na ulazu i izlazu iz kolektora i apsorbera i temperatura vode u bojleru mere se pomoću digitalnih merača temperature sa Pt-

100 senzorima. Dobijena toplotna energija se meri pomoću digitalnog kalorimetra *Kamstrup multical 401* iz Danske.

Fotonaponski sistem se sastoji od a-Si solarnih ćelija maksimalne snage 72W pri sunčevom zračenju od 1000W/m<sup>2</sup>, dva solarna modula od monokristalnih Si solarnih ćelija snage po 110W, dva akumulatora od 12V/38Ah, dva regulatora punjenja akumulatora 7A/12V, pretvarača jednosmernog u naizmenični napon snage 600W, *Mini KLA* uređaja za automatsko snimanje I-U karakteristika solarnih ćelija, tri sijalice od 50W kao potrošača i uređaja za kontinuirano snimanje struje i napona iz solarnih modula.

U laboratoriji za solarnu energetiku mogu da se odrede toplotne i električne karakteristike fototermalnih, fotonaponskih i hibridnih uređaja za konverziju sunčevog zračenja u skladu sa našim i međunarodnim propisima iz oblasti solarne energetike [8-13].

U laboratoriji se od decembra 2003. godine uz podršku Ministarstva za nauku Srbije realizuje naučnoistraživački projekat *Razvoj i ispitivanje hibridnog ravnog prijemnika sunčeve energije za toplotno i električno pretvaranje*. Za određivanje toplotne efikasnosti hibridnih kolektora koristi se EU standard. Za određivanje fotonaponskih karakteristika solarnih ćelija i hibridnih kolektora koriste se postupci iz relevantnih svetskih časopisa [14].

### **3. REZULTATI MERENJA TOPLOTNIH I ELEKTRIČNIH KARAKTERISTIKA HIBRIDNOG KOLEKTORA SA SOLARNIM ĆELIJAMA OD AMORFNOG SILICIJUMA NA STAKLU**

Hibridni kolektor se sastoji od kutije od eloksiranog aluminijuma, termoizolacije od poliuretana i staklene vune, zadnje zaštite od Al lima i prednje zaštite od stakla. Hibridni apsorber se sastoji od međusobno spojenih ravnih Al profila u koje su sa donje strane umetnute cevi od bakra za protok vode i solarnih ćelija od amornog silicijuma na staklu koje su mehanički pričvršćene za Al profile. Površina hibridnog kolektora je 1,94m<sup>2</sup>.

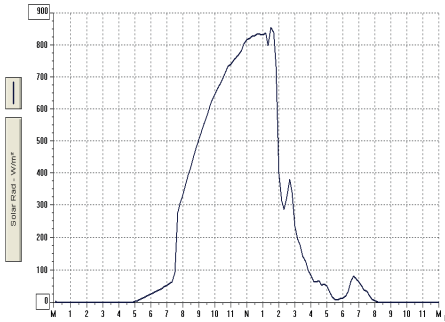
Kolektor je bio okrenut prema jugu i nagnut pod uglom od 45° u odnosu na horizontalnu površinu.

Dnevne promene intenziteta i energije sunčevog zračenja 1. 7. 2005. godine date su na slikama 3 i 4 respektivno.

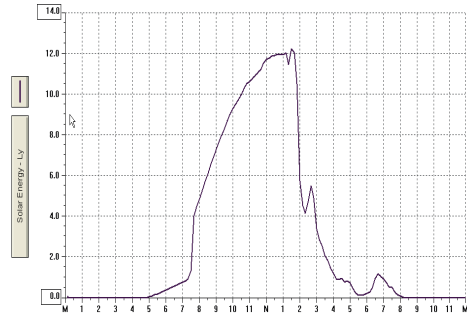
Dnevna promena temperature i brzina vetra prikazani su na slikama 5 i 6 respektivno.

Zavisnost napona i struje od vremena kod fotonaponskog hibridnog kolektora od amornog silicijuma prikazana je na slikama 7 i 8 respektivno.

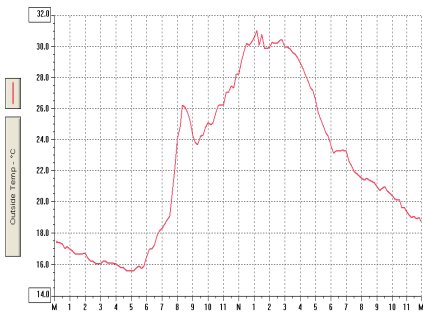
Zavisnost električne snage i električne energije od vremena kod fotonaponskog hibridnog kolektora od amornog silicijuma prikazana je na slikama 9 i 10 respektivno.



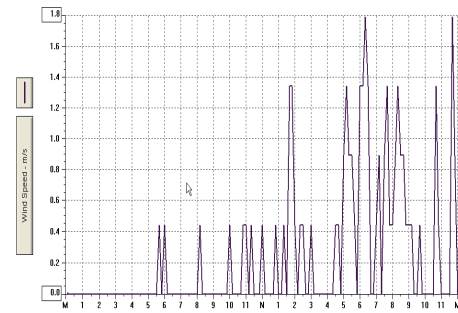
Slika 3: Intenzitet sunčevog zračenja



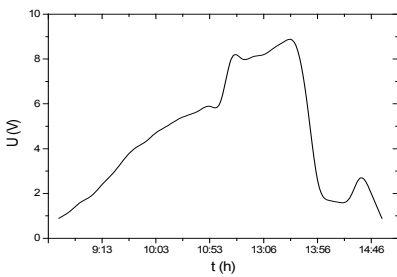
Slika 4: Energija sunčevog zračenja



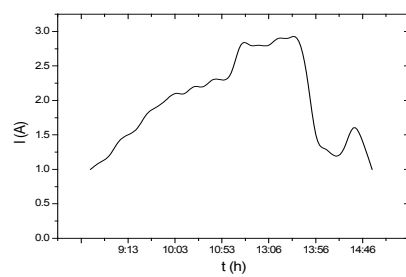
Slika 5: Dnevna promena temperature



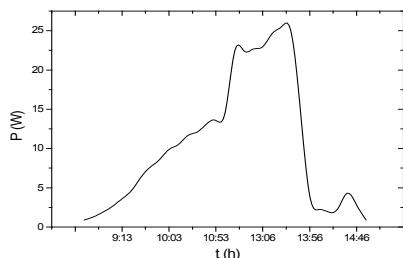
Slika 6: Brzina vetra



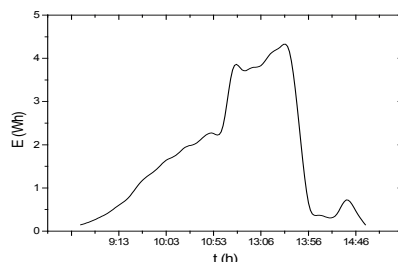
Slika 7: Zavisnost napona od vremena



Slika 8: Zavisnost struje od vremena

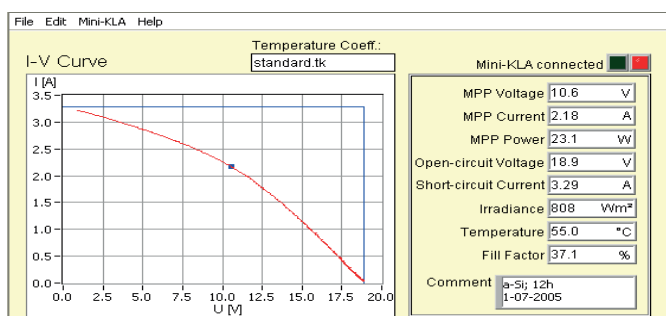


Slika 9: Zavisnost električne snage od vremena



Slika 10: Zavisnost električne energije od vremena

Strujno-naponska karakteristika hibridnog kolektora sa solarnim ćelijama od amornog silicijuma prikazana je na slici 11.



Slika 11: Strujno-naponska karakteristika hibridnog kolektora sa solarnim ćelijama od amornog Si

Od 8 do 15<sup>h</sup> pomoću *Multical 401* kalorimetra izmereno je da je bojler primio 3056,11 Wh toplotne energije. Pomoću *Mini KLA* uređaja izmereno je da je hibridni kolektor dao 114,6 Wh električne energije. Pomoću piranometra je izmereno da je u isto vreme do kolektora stiglo 4270,27 Wh energije sunčevog zračenja. Na osnovu ovih podataka vidi se da je toplotna efikasnost hibridnog kolektora 37%, a električna 1,47%.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznetog može se zaključiti da na PMF-u u Nišu postoji savremena Laboratorija za solarnu energetiku. U laboratoriji se nalaze solarni moduli sa monokristalnim solarnim ćelijama, hibridni kolektori sa solarnim ćelijama od amornog i monokristalnog silicijuma, termalni kolektori sa spektralno-selektivnim ap-

sorberima itd. Ispitivanje solarnih modula i kolektora vrši se pomoću savremenih uređaja za merenje intenziteta sunčevog zračenja, temperature, protoka tečnosti, kalorimetra, instrumenta za automatsko snimanje I-U karakteristika solarnih ćelija itd. U laboratoriji se radi na nabavci novih uređaja i ispitivanju postojećih kolektora i solarnih ćelija.

#### **4. LITERATURA**

- [1] T. M. Pavlović, Razvoj solarne energetike u Srbiji, *Primenjena fizika u Srbiji*, SANU knj. CIV, Odeljenje za matematiku, fiziku i geo-nauke, knj. 2/2, 2003, 233-241.
- [2] T. M. Pavlović, *Solarna energetika u Srbiji*, Monografija "Uloga i značaj Profesora Živojina Čuluma u popularizaciji nauke", Fakultet matematičkih nauka, Novi Sad 2004, 103-112.
- [3] T. M. Pavlović, Optičke i mikrostrukturne osobine spektralno selektivnih površina na anodno oksidovanom aluminijumu, *Doktorska disertacija*, Elektrotehnički fakultet, Beograd 1986,
- [4] T. Pavlović, B. Čabrić, *Fizika i tehnika solarne energetike*, Građevinska knjiga, Beograd 1999,
- [5] B. Lalović et al., *Proceedings of the International Photovoltaic Solar Energy Conference*, Florence 1988, 280.
- [6] B. Lalović et al., *Solar Cells*, 26, 1989, 263.
- [7] Z. Kocić, et al., *The device or optimal usage of small power photovoltaic solar systems*, ISES 1999. *Solar World Congress*, Jerusalem 168.
- [8] T. Pavlovic et al., *Current – voltage characteristics of the hybrid collector with monocrystal silicium solar cells*, *proceedings of International Scientific Conference FMNS-2005*, Blagoevgrad 2005,
- [9] T. Pavlovic et al., *Eko fizika i solarna energetika*, *Zbornik radova sa nacionalne konferencije EKO FIZIKA 2005*, Kruševac 2005, 71-81.
- [10] D. Đorić, T. Pavlović, *Merenje intenziteta sunčevog zračenja u Srbiji - istorijski pregled*, *Zbornik radova sa nacionalne konferencije EKO FIZIKA 2005*, Kruševac 2005, 254-257.
- [11] D. Đorić, T. Pavlović, *Merenje intenziteta sunčevog zračenja u laboratoriji za solarnu energetiku PMF-a u Nišu I*, *Zbornik radova sa nacionalne konferencije EKO FIZIKA 2005*, Kruševac 2005, 258-261.
- [12] D. Đorić, T. Pavlović, *Merenje intenziteta sunčevog zračenja u laboratoriji za solarnu energetiku PMF-a u Nišu II*, *Zbornik radova sa nacionalne konferencije EKO FIZIKA 2005*, Kruševac 2005, 262-265.
- [13] J. Radosavljević, T. Pavlović, M. Lambić, *Solarna energetika i održivi razvoj*, Građevinska knjiga, Beograd 2004,
- [14] Standard EU, EN 12975-1: 2000 E.

## **SOLAR ENERGY LABORATORY AT THE FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS IN NIS**

### **ABSTRACT:**

**This paper contains a description of the Solar Energy Laboratory at the Faculty of Science and Mathematics in Nis and the results of measurements of the solar radiation intensity, solar energy, voltage, current, electric power and energy dependence on time, as well as current-voltage characteristics of a hybrid collector with solar cells of amorphous silicium on glass. In the end the paper gives thermal and electric efficiency of a hybrid collector.**

**Key words:** *solar energy, hybrid collector, data acquisition*

