

stihovima velikog pesnika Vladimira Nazora, da nauče da sviraju na toj nebeskoj harfi ne bi li svoj život usaglasili sa njenom muzikom. Neki, pak, poput mog kolege dr Vladimira Paara, koga čemo jednog dana, verujem, nazivati velikim naučnikom, udaraju besomučno po njenim žicama ne bi li ih pokidali za sva vremena. Očigledno je da profesor Paar problem Sunčeve energije posmatra očima tehnicički nastrojenog čoveka. Korišćenje energije Sunca, međutim, ima mnogo širi impakt nego što je to samo zahvatanje energije. Stav prema suncu, u stvari, odražava i stav prema životu, prirodi i svetu uopšte. Moramo, dakle, da se opredelim „kojim čistim očima sunce da ugledamo“, kako se lepo izrazio smederevski besednik iz 15. stoljeća. — Ali, ostaviću po strani poetska i filozofska razmatranja, jer sam dužan da stavovima profesora Paara suprotstavim naučne argumente i činjenice.

NIJE BAŠ TAKO ŠKRTO

Koliko je Sunčeva energija rasplinuta? Mnogi ne veruju u mogućnost efikasnog korišćenja Sunčeve energije zbog toga što je gustina snage Sunčevog zračenja relativno mala, oko 1 kW/m^2 na površini Zemlje, i oko 40 odsto veća izvan atmosfere. Za profesora Paara „ta je energija izvanredno raspršena“. Čudim se kvalifikaciji „izvanredno“. Izneću mu drugu tačku gledišta, koja pokazuje da sunce nije baš tako škrto. Na stambenu kuću, sa osnovom $12 \times 8 \text{ m}$, na sprat, u području Beograda dospeva u toku januara Sunčeva energija od oko 10.000 kWh . To je dvaput veća energija od one koja je neophodna za zagrevanje te zgrade u januaru, ukoliko ona ima prosečnu topotnu izolaciju. Sa moga stanovišta, ova činjenica je daleko od toga da bude obeshrabrujuća. Naprotiv, na mene je ona delovala kao podstrek i izazov da se prihvatom problema kako da na jeftin i prihvatljiv način zahvatimo pola Sunčeve energije koja pada na naš dom. Iskustvo profesije eksperimentalnog fizičara naučilo me je da se klonim samo prepreka koje proizlaze iz fundamentalnih zakona. Tako sam poslednjih nekoliko godina mnoge časove proveo na

ovom problemu. Verujem da sam našao neka pogodna rešenja, i sada imam priliku da ih praktično primenim, jer u Beogradu uskoro počinje izgradnja nekoliko solarnih kuća projektovanih na osnovu tih saznanja. (Ove kuće projektovane su u saradnji sa RO za projektovanje „Naš stan“ iz Beograda i biće podrobno opisane u „Galaksijinom“ specijalnom izdanju „Solarne kuće“, koje će se uskoro pojaviti.)

Navešću i drugi primer. Efekat zajaženja Dunava radi izgradnje hidroelektrane „Đerdap“ (snaga $1\,000 \text{ MW}$) oseća se uzvodno oko 100 km . Angažovana dodatna površina zemljišta iznosi oko 30 km^2 , pri čemu su neki gradovi i putevi morali da budu potopljeni i premešteni. S druge strane, solarna elektrana vršne snage od $1\,000 \text{ MW}$, koja radi sa stepenom iskorišćenosti od 15 posto, zauzela bi površinu zemljišta od oko 10 km^2 . Dakle, radi se o poređljivim snagama sa poređljivih površina. Uostalom, što se tiče naše zemlje, nije u pitanju nedostatak jeftinog zemljišta koje inače ni za šta ne služi. Problem koji profesor Paar ima u vidu je, zapravo, cena uređaja koji bi prekrio površinu od 10 km^2 . Ali o tome čemo kasnije.

Na duhovitu Paarovu usporedbu rasplinutosti Sunčeve energije sa rasplinutošću čorbe na tanjiru kojom je lisica poslužila rodu, odgovorio bih primedbom da se čovek ipak odlikuje od rode većom inteligencijom i preduzimljivošću. Da se roda dosetila i potrudila, mogla je da koji put klucne u zemlju i iskopa rupu, prospe u nju tanjur supe te tako ovu koncentriše i pokusa. — Da dodam i to da se danas već proizvode jeftina ravna frenelova sočiva, koja koncentrišu Sunčevu svetlost i za više stotina puta.

MALI VELIKI ZALOGAJ

Dr Paar o zagrevanju vode govori kaо o manjem zalogaju. U američkim uslovima možda je to manji zalogaj, ali u našim i nije. Procenjuje se da na području Beograda instalisana snaga svih električnih grejača za vodu („bojlera“) iznosi oko 500 MW , dakle koliko pola „Đerdapa“.

Ono što zabrinjava jeste činjenica da se veliki deo tih grejača uključuje sinhronizovano (ujutro i na povratku sa posla), što predstavlja veliko opterećenje električne mreže. I ukupna potrošnja energije za ove potrebe je značajna. U nas nema tačnih procena koliko ona iznosi, ali se možemo poslužiti jednostavnim računom da to doznamo. Računa se da se po stanovniku dnevno troši ili treba da troši, na srednjem životnom standardu, oko 50 litara vode zagrejane do 50°C (zagrevanje od 15 do 50°C). Pošto nam je potrebno 4 185 J da bismo 1 litar vode zagrejali za 1°C, to je za održavanje higijene 22 miliona Jugoslovena potrebno godišnje oko 16 milijardi kilovat-časova. A to je oko 20 odsto naše sadašnje godišnje potrošnje električne energije. Zar je to mali zalogaj?

Dr Paar se buni što solarni grejači predstavljaju starovremse naprave, kakve su koristili još Rimljani. Moja tačka gledišta se i ovde znatno razlikuje od njegove. Nemam osećanje da činim čast civilizaciji idući u tako visoku tehnologiju kakvu traži nuklearna elektrana da bih, na kraju, učinio nešto tako jednostavno za šta je u stanju bio još pećinski čovek, tj. da bih zagrejao vodu kojom će oprati ruke. Naprotiv.

Što se tiče cene solarnih grejača, dr Paar ne spori da je ona već prihvatljiva. Meni su poznata neka rešenja koja će je učiniti još prihvatljivijom od onih što ima u vidu dr Paar.

Kada čovek dobro razmisli, onda uviđa da bi masovno uvođenje solarnih grejača u nas predstavljalo u ovom trenutku najjeftiniji i najprihvatljiviji način da dođemo do novih stotina megavata toplotne, odnosno (efektivno) električne snage.

Nije čudno, stoga, što su elektroprivredna preduzeća u Italiji i nekim drugim zemljama počela da o svom trošku uvode u kuće solarne grejače vode.

ARHAIZAM ILI AVANGARDA

Zabrinjava me što profesor Paar smatra da je otkriće samogrejnih solarnih kuća (pasivnog načina grejanja) od

malog značaja i da predstavlja manji zalogaj. Po njemu, takvo grejanje spada u arhaične metode. Arhaična je to metoda, zaista, utoliko što je još Sokrat dao izvanredna osnovna uputstva kako treba graditi solarnu kuću, uputstva koja smo u modernim vremenima, na žalost, napustili.

Zapitao bih dr Paara, inače teorijskog fizičara, da li je čuo za teoriju toplotnog ponašanja kuće. — Ne verujem da je čuo, jer tako nešto još ne postoji. I nije li čudno da imamo teoriju za gotovo svaku stvar koja nam padne na pamet — imamo, na primer, teoriju atoma, teoriju čvrstog stanja, teoriju bilo koje toplotne mašine, teoriju nastanka života, teoriju kosmosa, itd. — a nemamo teoriju doma u kome živimo?

Kuća je, u izvesnom smislu, toplotna mašina, i to vrlo složena. U njoj se energija proizvodi, transformiše, prerađuje, čuva, troši i šta sve još ne! Ona je, u stvari, tako složen termodinamički objekt da je za sada tretiramo samo pomoću modela. Nedavno smo dobili jedan ambiciozan kompjuterski program za obračun ponašanja kuće. Ispostavilo se da je za taj program neophodan najveći američki kompjuter.

Ne treba da govorim dr Paaru o potrebi da se formuliše teorija svega što gradimo ili što izučavamo. Jer, kao što je rekao Boltzman, nema ničeg praktičnijeg od teorije. Verujem da bi dr Paar, kada bi se bavio ovim problemom, morao da upotrebi sve svoje sposobnosti i dosta znanja da bi ga rešio. Za veće objekte zadatak nije ništa lakši od razvijanja modela atomskog jezgra.

No konkretnije o samom problemu solarnog grejanja zgrada.

PASIVNA SOLARNA ARHITEKTURA

Ja sam pristalica koncepta samogrejne solarne kuće, tj. kuće koja potrebnu grejnu energiju sama, bez posebnih uređaja, zahvata od sunca i skladišti. Na kuću, kao što sam već naveo, zimi pada dovoljno Sunčeve energije, samo je

pitanje kako da se ona zahvati. Pokazuje se da je to mogućno učiniti inteligentnom konstrukcijom kuće. Pri tome je u pitanju mnogo više ulaganje znanja nego posebnih uređaja, koje dr Paar, s pravom, ne voli. Tačno je da solaristi traže da se kuća najpre termički izoluje do racionalnih granica, ali i tada ostaje za sunce dosta mesta. Tipična dobro izolovana kuća projektovana na ovom principu zahteva za grejanje u toku zimske sezone oko 15.000 kWh, a sunce može da podmiri 90 posto ove energije. U svetu su ovakve kuće već demonstrirane. [Evo jedne pouzdane reference u kojoj se opisuju rezultati postignuti sa takvom kućom (Balkomova kuća): J. D. Balcomb, J. D. Hedstrom and S. W. Moore, Performance data evaluation of the Balcomb solar home, *Proc. Second Annual Solar Heating Conference*, Colorado Springs, Colorado, Report No. LA-UR-79-2659, University of California, Los Alamos Sci. Lab., P.O.Box 1663, Los Alamos, New Mexico 87545.]

Ja sam pristalica pasivnog zahvata Sunčeve energije iz tri osnovna razloga. Prvo, na bazi fundamentalnog razmatranja može se zaključiti da je u principu bolje zahvatati sunce direktno u kuću nego posredstvom uređaja (za detaljnije argumente videti moju knjigu *Nasušno sunce*, koja će ove godine izaći u izdanju Nolita). Drugo, pasivna arhitektura daje mnogo veću slobodu arhitektama, a može da doprinese poboljšanju kvaliteta života, jer po pravilu predviđa staklenu baštu u kući. Treći razlog sam već pomenuo — u ovom slučaju se primenjuje prvenstveno znanje, a ne skupi i glomazni uređaji.

Razvoj koncepta samogrejnih solarnih kuća predstavlja, po mom mišljenju, jedno od najznačajnijih naučnih i tehničkih postignuća našeg vremena. To postignuće ima veliki praktični značaj na polju energetike, nasuprot mišljenju dr Paara. Dokumentovaćemo to na primeru pomenute Balkomove kuće. Merenja nezavisnih stručnjaka, u toku dve zimske sezone, pokazala su da je, zahvaljujući zahvatujujuću Sunčeve energije, ostvarivana ušteda od 14.149 kWh po sezoni (računajući samo period od novembra do aprila, u kome su vršena merenja, a ako se uključe i meseci

septembar, oktobar i maj, u toku kojih se zahteva grejanje ove kuće, locirane na visini od 2.200 m, ušteda je veća za 15 posto). Korišćenjem ove energije u jednoj sezoni ostalo je, kako kaže Balkom, neiskopano 8,9 tona uglja. — Slični rezultati postignuti su u jednoj kući u Aptonu (Upton, New York), koju je projektovala grupa istraživača Brukhovenske nacionalne laboratorije.

KAO MILIJARDA TONA UGLJA

U našoj zemlji godišnje se gradi oko 100.000 kuća i stanova, koji prosečno za grejanje troše oko 5 tona uglja godišnje (ili ekvivalentnu količinu drugog goriva). Znači, od sada pa do početka narednog stoljeća izgradiće se u Jugoslaviji oko 2 miliona kuća i stanova. Ako bismo ih gradili na bazi naučnih saznanja o kojima sam govorio, te kuće bi za grejanje zahtevale, umesto po pet, svega po jednu tonu uglja. Pošto se vek kuća u nas procenjuje na najmanje 100 godina, proizlazi da bi građenje samogrejnih solarnih kuća predstavljalo uštedu od $2,000.000 \times 4 \times 100 = 800$ miliona tona uglja. Drugim rečima, građenje ovakve kuće pokazalo bi se, što se energetskog bilansa tiče, jednak vrednim kao kad bismo za ulazak u 21. stoljeće iskopali i pripremili rezervu od 800 miliona tona uglja. Zajedno sa mogućom uštedom uglja pomoću solarnih grejača vode, to čini preko milijardu tona uglja. Uglja koji ne dimi, koji ne zagađuje okolinu, koji se ne mora transportovati niti ubacivati u peći. Zar ovo nije dovoljan podstrek da se prihvativimo tako ambicioznog zadatka kakav je prelazak na gradnju kuća po novim naučnim saznanjima?

Principi pasivne solarne arhitekture važe kako za individualne porodične kuće, tako i za veće zgrade, za hotele, solitere, bolnice, kasarne, poslovne zgrade, fabričke hale. Predstoji nam, u stvari, zadatak da konstrukciju i gradnju svakog objekta postavimo u termodinamičkom smislu na zdrave naučne noge. Mene je lično zaprepastilo kada sam konstatovao, udubivši se u toplotno ponašanje zgrade, da nauka o toploti sve do sada nije gotovo uopšte

ulazila u arhitekturu i građevinarstvo. Fabričke hale se, na primer, grade tako kao da se želi prkositi zakonima racionalnog topotnog ponašanja. A to važi i za većinu drugih vrsta zgrada.

Za razliku od profesora Paara — koji kaže: „U narednih nekoliko desetljeća ta arhaična metoda će se vjerojatno koristiti u ograničenim razmjerama. No u daljoj budućnosti, kada se razviju novi efikasni izvori energije, izrazito negativne osobine sunčanog zagrijavanja, tj. potreba velike količine materijala i radne snage, vjerojatno će je izbaciti iz upotrebe“ — ja sam ubedjen da će koncept samogrejne solarne zgrade ostati kao trajno i veliko postignuće posljednjih decenija stoljeća i da se zgrade više nikad neće graditi kao dosad.

BRŽE NEGO ŠTO SE OČEKIVALO

Što se tiče procena izgleda za korišćenje solarne električne energije, dr Paar je izvan toka događaja. I tu se moje viđenje sadašnjeg stanja i perspektiva razlikuje od njegovog. Pratio sam iz prve ruke šta se događa na polju razvoja solarnih čelija još od njihovog izuma. O tome sam redovno obaveštavao našu širu javnost (jedan moj napis o čelijama u NIN-u datira iz 1955). Prisustvovao sam skoro svim svetskim konferencijama o čelijama održanim poslednjih godina i čitaoci „Galaksije“ mogli su da pročitaju verne izveštaje o razvoju na tom polju. U „Galaksiji“ za decembar 1980. objavljen je moj napis „Solarna struja za svakoga“, u kome se daje prikaz rezultata iznetih na Konferenciji o solarnim čelijama (Kan, oktobar 1980). Ne bih želeo sada da ponavljam sve ono što je rečeno tom prilikom. Samo ću izneti nekoliko činjenica.

Projekcija razvoja solarnih čelija u SAD, načinjena pre četiri godine, ostvaruje se vrlo uspešno, čak bolje nego što je ocrtana. Prema toj projekciji, 1986. postići će se cena solarnih generatora (ne samih čelija) od oko 1 dolar po vatru vršne snage. (Sadašnja cena iznosi 5–10 dolara po vatru i ni u kom slučaju nije „nekoliko desetina puta previsoka“,

kako kaže dr Paar.) Sa ovom cenom (od 1 dolar po vatru) isplatiće se instalirati solarne generatore na individualnim kućama, s tim da ti generatori budu uključeni u opštu električnu mrežu, tako da se višak struje prodaje elektrodistribuciji. Posle 1986. cena čelija će dalje opadati, da bi do 1990. postala konkurentna bilo kojem drugom izvoru energije. Po američkom planu, u SAD bi do 2000. g. bilo instalirano 40.000 MW solarnih elektrana. A to je ravno planiranoj celokupnoj instaliranoj električnoj snazi u Jugoslaviji za 2000. g.

Slične planove ima Japan. Prema rečima prof. Y. Hamakave, proizvodnja solarnih čelija će se od sada pa do 1990. g. povećavati po godišnjoj stopi od 100 odsto, a posle toga po stopi od 20 odsto, tako da će 1990. biti izgrađene solarne elektrane ukupne snage 3.000 MW (koliko 5 nuklearnih elektrana kakva je u Krškom), i to po ceni od 200 do 500 dolara po kilovatu vršne snage.

NAJJEDNOSTAVNIJA NAPRAVA NA SVETU

Na Konferenciji u Kanu uopšte se nije diskutovalo da li je moguće ostvariti ove planove, već ko će i na koji način da ih bolje realizuje i nadmaši. Situaciju na ovom polju sumirao je dr Pol Mejkok (Paul Maycock), rukovodilac američkog programa za usavršavanje solarnih čelija: „Bili smo svedoci strahovitog progresa u celom svetu u pravcu smanjenja cena fotonaponskih čelija; naše industrije su jake, naše vlade su konačno otkrile obnovljivu energiju. Fotonaponske čelije su sada obezbedile ravnopravan položaj među energetskim opcijama u osamdesetim godinama. Oni među nama koji su svoju karijeru posvetili solarnim čelijama mogu da produže rad sigurni da je elektricitet dobijen od sunca sada praktična realnost“.

Solarna čelija predstavlja najdivniju stvar od svih koje je čovek ikad napravio. Jer to je, s jedne strane, najjednostavnija naprava na svetu — doslovce kamena pločica — a s druge, rad joj se odvija po najsuptilnijim zakonima

kvantne mehanike. To je, zapravo, jedina kvantnomehanička mašina koja nam služi u svakodnevnom životu i koju možemo držati na dlanu. Uz to, ona nema pokretnih delova, ne rabati se, ne daje nikakve otpadne materijale, čak ni pri proizvodnji. A direktno povezuje dva fascinirajuća fenomena prirode – svetlost i elektricitet. Nema, odista, elegantnijeg i lepšeg načina, ni u principu, da se dođe do električne energije od onog koji nude solarne ćelije. Ja predviđam da nije daleko vreme kada će svako imati torbicu, ne težu od kilograma, koja će, kad se rasklopi na suncu, davati električnu snagu od par stotina vati.

Na kraju da dodam da će, prema proceni poznate američke konsultantske firme Monegon za analizu energetskih sistema, do kraja ovog stoljeća industrija fotonaponskih ćelija postići godišnji obrt od 100 milijardi dolara! Biće, dakle, poredljiva sa automobilskom industrijom.

POSAO I ZA AJNSTAJNA

Što se tiče duhovite opaske dr Paara da je za rad na solarnoj energiji potreban genije koji je izmislio rajsferšlus, a ne Ajnstajn, navešću mu neke probleme sa kojima se suočavamo na ovom polju, pa neka sam odluči kakav se genije tu traži.

Najpre, problem površine, koji se postavlja za svaki solarni uređaj, bio to grejač vode, solarna ćelija ili nešto drugo. Od njenih osobina u velikoj meri zavisi njihov učinak. Površina materijala, međutim, predstavlja veliku nepoznanicu, naročito za teoriju. U stvari, površina i ne postoji za teorijskog fizičara; ona mu smeta, ona ga remeti. Samo oni koji neposredno dolaze u dodir sa materijom znaju da stvari imaju površinu. Dr Paar je dobro poznato koliku glavobolju nuklearnim fizičarima zadaje eksperimentalna činjenica da atomska jezgra imaju površinu. Ništa manje nije složena ni površina solarne ćelije. I krajnje je vreme da se nađe genije koji bi postavio osnovnu teoriju površine.

Evo i drugog problema. Amorfni silicijum nudi možda najprivlačniji način da se dođe do jeftine solarne ćelije, ne skuplje ni deblje od aluminijumske folije za domaćinstvo. Ali šta je to amorfno stanje materije? Opet, samo eksperimentalni fizičari znaju nešto o tome. I sa velikim naporom, korak po korak, gotovo naslepo, usavršavaju amorfnu solarnu ćeliju. Došli smo do stepena iskorišćenosti od 7 posto. Još 3 postotka, i na konju smo. Ali ne znamo kada će se postići 10 posto – možda ove godine, možda kroz 20 godina. Teorije koja bi nas vodila i ubrzala napredak nemamo. Za sada je, odista, stvar prepustena jednom pravom geniju rajsferšlusa, Stanfordu Ovinskom, čoveku koji je izmislio amorfni tranzistor.

Najzad, i treći problem. Idealno rešenje problema korišćenja Sunčeve energije, pa i energetskog problema čovečanstva, bilo bi poboljšanje učinka fotosinteze. Biljke, u najboljem slučaju, koriste svega 1 posto Sunčeve energije koja pada na njih. Kada bismo prosečni učinak fotosinteze poboljšali, na primer do 5 posto, svi naši energetski problemi bili bi rešeni, među njima i problem dugoročnog uskladištenja Sunčeve energije, od leta za zimu. Da li se u genetskom inženjerstvu krije takva mogućnost? Nešto skromniji zadatak, stvaranje novih mikroba i bakterija koje bi od biljnog otpada pravile alkohol sa stepenom pretvaranja do 50 posto, već je na dnevnom redu. Možda priroda krije i mogućnost da se pomoću zračenja direktno ili indirektno proizvodi vodonik, metan, ugljen-monoksid ili sl. sa velikom efikasnošću? Ili, pak, nešto sasvim novo, o čemu još i ne razmišljamo? Sve bi to bila epohalna postignuća, ali čeka se i na čoveka solarne epohe, doraslog tim problemima.

IMA LI SUNČEVA ENERGIJA BUDUĆNOST?

Razmatrajući ovo pitanje, dr Paar se poziva na izvesne procene uloge Sunčeve energije u narednim decenijama, i to za SAD. Postoji više takvih procena, i to znatno različitih, u

zavisnosti od toga ko ih pravi. Za mene je, što se tiče SAD, merodavan njihov državni plan, koji se vrlo energično sprovodi. Prema tom planu, učešće solarne energije, u svim njenim vidovima, u energetici SAD treba do 2000. godine da dostigne 14 posto ukupne energetske potrošnje. Uzimajući u obzir američku energetsku skalu, to je, u apsolutnim brojkama, ogromna količina energije. Neki smatraju da je nemoguće ostvariti taj plan za tako kratko vreme. Ali sve je manje ljudi koji negiraju potencijale Sunčeve energije, i dr Paar već deluje kao anahronizam.

Jasno je da će učešće Sunčeve energije u energetici budućnosti zavisiti ne samo od njenih inherentnih mogućnosti već i od našeg zalaganja. Ako bismo mnogobrojne probleme sa kojima se susrećemo unapred proglašili nerešivim, kao što to čini dr Paar, i ako ne bismo napregli umove da ih rešimo, sigurno da od solarne energije ne bi bilo ništa. Budućnost je i naše delo.

U čuvenoj studiji grupe stručnjaka sa Harvardske poslovne škole, objavljenoj pod naslovom *Budućnost energije* (Energy Future, by R. Strobaugh and D. Yergin, Random House, New York, 1979), u glavi 7 (Solarna Amerika) – komentarišući opasku časopisa „World Oil“ da će Sunčeva energija predstavljati „ujed komarca u stražnjicu slona“, koju sa primesom zluradosti citira dr Paar (uzgred rečeno, jugoslovenska energetska stražnjica nije slonovska) – autori kažu: „Verujemo da bi sa umesnim podsticajima solarna energija mogla potkraj ovog stoljeća da zadovoljava između petine i četvrtine nacionalnih (američkih) energetskih potreba“. Napomenimo da su ovu studiju, kao vrlo ambiciozan projekt, radili od 1972. do 1979. energetski i ekonomski eksperți, a ne zagovornici solarne energije. Ovi poslednji tvrde da bi SAD, ako bi se potrudile, mogle da zahvate od sunca i 40 posto potrebne energije do navedenog roka.

No američki i drugi planovi mogu da nam služe samo kao orijentacija; dužni smo da sami sagledamo naše, jugoslovenske prilike i da na objektivan način ocenimo naš solarni potencijal.

NEZADRŽIVI PRODOR

Dok neki, kao dr Paar, omalovažavaju i obeshrabruju one koji pokušavaju da reše zaista teške probleme u korišćenju Sunčeve energije, ona ulazi u život sve nezadrživije, čak i u Jugoslaviju, i pored toga što još nije dobila gotovo nikakvu društvenu podršku. Ove godine će u našoj zemlji domaća preduzeća prodati sunčane opreme, uglavnom prijemnike za zagrevanje vode, u vrednosti između 10 i 20 milijardi dinara (starih). Ta će se privredna delatnost sledećih godina u nas razvijati sa velikom stopom rasta. Zašto ljudi kao što je dr Paar iritira Sunčeva energija kad ona i ne traži neka značajnija sredstva, nego se razvija na bazi interesa potrošača?

Iako stidljivo, dr Paar priznaje „izvesne“ prednosti Sunčeve energije, ali očigledno smatra da su nedovoljno ubedljive da bi se vredelo prihvati gigantskog zadatka zahvatanja potrebne energije od tog obnovljivog – i ne samo čistijeg od ugljena, kako on kaže, nego i najčistijeg od svih – izvora energije.

Kao što sam rekao u početku, rad na osvajanju Sunčeve energije ima širi i dalekosežniji značaj od puke borbe za nasušnu energiju. Drugom prilikom ću se osvrnuti na opšti značaj čovekovog okretanja suncu, a sada bih samo istakao da razmah solarnog pokreta nagoveštava da smo počeli da se otržemo od točkova zahuktale tehničke civilizacije, koja je počela da nas ugrožava.

Na kraju bih uputio dve poruke. Jednu, narodnu, onima koji se iz sebičnih interesa opiru suncu: „Beži mraku, stiže te sunce!“ I drugu, stih Jovana Dučića, svima koji žele da se usaglase sa prirodom: „Pružite spram sunca bezbroj svojih ruka!“

MRVICE SOLARNE TORTE

*Ne vidim oče zemљу našu sunčanu
Vuk je urlikom svojim crnim
Do neba obavija
Strahuje li za sebe vuče
Ili za nju sunčanu*

Vasko Popa

Sunčevog optimizma oduvijek je bilo u izobilju. U izvještaju Komisije predsjednika Trumana iz godine 1952. stručnjaci predviđaju za 1975. godinu – 13 milijuna solarnih kuća u SAD. U Tucsonu, SAD, godine 1954, na Konferenciji Međunarodnog društva za Sunčevu energiju, uvaženi stručnjak iznosi svoju procjenu: „Godine 1970. u SAD će biti nekoliko milijuna solarnih kuća“. Stvarni broj sunčanih kuća 1970. godine bio je – 10. Toliko umjesto uvoda u moj odgovor na polemički napis dr Lalovića „Ko se boji sunčeve energije“ u septembarskom broju „Galerije“.

Nisam pisao sa stanovišta teorijske nuklearne fizike, već s gledišta energetske strategije. Strategija mogućnosti i perspektiva energetskih izvora, i pojedinačnih i svih zajedno, ne trpi lične energetske simpatije ili nesklonosti, ili pak zainteresiranosti za ovaj ili onaj izvor energije, već se treba zasnovati na što objektivnijim i potpunijim analizama. Smatram da sam se u napisu o Sunčevoj energiji koristio danas najkompetentnijim izvorima iz naučnih biblioteka, ali i s lica mjeseta. Sa sunčanim objektima, o kojima dr Lalović superlativno govori, bio sam ovog ljeta u kontaktu „bliske vrste“ na nizu vodećih naučnih institucija u SAD, kao i s tamošnjim energetičarima. A jasno je zašto i dr Lalović i ja citiramo ono što se zbiva u SAD: posljednjih pola desetljeća SAD su na istraživanjima Sunčeve energije utrošile nekoliko milijardi dolara – više nego sve ostale zemlje zajedno.

Mislim da ne bi trebalo olako prišivati etikete da je netko „izvan toka događaja“.

ZAVARAVANJE SUNČEVIM BOGATSTVOM

Dr Lalović mi predbacuje da problem Sunčeve energije posmatram očima tehnicistički nastrojena čovjeka. Međutim, u energetskoj strategiji svaki izvor energije mora se procijeniti kroz naočale energetskog dohotka. U osnovi stava jednostavna je činjenica: da bi se energija iz nekog izvora dobila, treba utrošiti određenu količinu energije. Dobivenu energiju valja usporediti s tom utrošenom. Ignoriranje energetske dohodovnosti vodilo bi ravno u – promašene energetske investicije. Činjenica jest, proizašla iz obimnih istraživanja i praktičnih primjena u svijetu, da energetska dohodovnost predstavlja bitan ograničavajući faktor Sunčeve energije.

Dobro su poznate tvrdnje poput one dr Balkoma: „Korištenjem Sunčeve energije za zagrijavanje kuće tokom jedne sezone u zemlji je ostalo neiskopano toliko i toliko tona uglja“. Dr Balkoma treba, međutim, pitati: „A koliko je tona uglja više trebalo utrošiti na gradnju takve sunčane kuće umjesto obične?“ Tek usporedba ove dvije količine energije ima smisla sa stanovišta energetske dohodovnosti.

„Mnogi ne vjeruju u mogućnost efikasnog korištenja Sunčeve energije zbog toga što je gustoća snage Sunčeva zračenja relativno mala, oko 1 kW/m^2 na površini Zemlje“, kaže dr Lalović. No 1 kW/m^2 je maksimalna snaga Sunčeva zračenja – za vedra ljetnog podneva. Govori li se o praktičnom korištenju Sunčeve energije, u obzir valja uzeti godišnji prosjek. Jer toplinu (osobito) trebamo i zimi, a i noću. Ovaj godišnji prosjek, na primjer, iznosi za Zagreb $0,13 \text{ kW/m}^2$, a za Split $0,17 \text{ kW/m}^2$. Čak ni Split nije bolji od svjetskog prosjeka; nemojmo se zavaravati našim „Sunčevim bogatstvom“, kao što smo se nekad zavarivali bogatstvom drugih izvora energije.

Stvarna situacija je, u stvari, nepovoljnija. Za najmanje sunčano razdoblje (XI, XII i I mjesec), kada su nam toplinske potrebe najveće, prosjek Sunčeva „prihoda“ je tek $0,04 \text{ kW/m}^2$ u Zagrebu, a $0,07 \text{ kW/m}^2$ u Splitu. Ukoliko bi se Sunčeva energija koristila za zagrijavanje, nametnuo bi se očit problem: ima je najmanje kada je najpotrebni. Dakle, za Zagreb prosječni Sunčev prihod zimi nije 1 kW/m^2 , već svega $0,04 \text{ kW/m}^2$! A to je velika razlika. Razlika koja ponajbolje ilustrira razliku u pristupu između sunčanoenergetskog optimista i kritičkog energetičara.

KOJA METODA NAJVIŠE OBEĆAVA?

Postave li se pitanja: Koja sunčanoenergetska metoda najviše obećava? Koja metoda ima ponajbolje znanstveno-tehnološke mogućnosti razvoja? Koja metoda može postati trajno rješenje energetskog problema čovječanstva? — odgovorili bismo bez mnogo dvoumljenja: Solarne ćelije. Ipak, uz jednu ogradu: Ne u ovom stoljeću.

Dr Lalović osporava moje ocjene neekonomičnosti solarnih ćelija koristeći se argumentom vršne snage ćelija. Međutim, usporedbe investicijskih troškova po jedinici maksimalnoga kapaciteta mogu biti vrlo zavaravajuće. Recimo da se uspoređuje trošak gradnje jednog sunčanog postrojenja, vršne električne snage 1 kilovat, s troškovima gradnje elektrane na ugljen, po kilovatu maksimalne snage. Ekonomski zaključak proizašao iz takve usporedbe bio bi besmislen. Ugljena elektrana može davati energiju neprekidno, a sunčani uredaj uglavnom samo za sunčana vremena. S jedne strane, isprekidanost i promjenjivost Sunčeve energije znatno smanjuju njezinu prosječnu snagu. S druge strane, nameću potrebu izgradnje spremnika za energiju, koji bi davao energiju kada nema sunca. Ili, potreban je dodatni klasični energetski izvor koji bi „uskakao“ noću i za oblačna vremena. U oba se slučaja radi o dodatnim investicijskim troškovima, što bi još više poskupljivali Sunčevu energiju u odnosu na klasičnu.

Na zahtjev američke administracije, Američko fizikalno društvo formiralo je 1977. godine studijsku grupu za procjenu perspektive solarnih ćelija kao mogućeg značajnog izvora električne energije, koja bi predložila izbor optimalnog puta budućeg istraživanja i razvoja. Kako bi se došlo do što objektivnijih zaključaka, sa što manje udjela vlastitih predrasuda ili interesa, studijska grupa je osformljena od znanstvenika vrhunskih kvalifikacija na polju poluvodičke fizike i tehnologije, ali koji lično nisu bili znatnije uključeni u projekte solarnih ćelija. Na sličan je način osformljena i posebna Komisija vrhunskih fizičara za procjenu rada i rezultata studijske grupe. Tokom dvogodišnjeg rada studijska grupa je opsežno „saslušavala“ 50 vodećih eksperata koji rade na polju solarnih ćelija te kritički procijenila objavljene i neobjavljene rezultate znanstvenih istraživanja.

Zaključci Komisije: „Da bi sunčeva energija iz solarnih ćelija postala značajnija komponenta u energetici SAD, vjerojatno će biti potrebno vrijeme od 30 godina ili više... Ni za jednu od sadašnjih solarnih ćelija nije sigurno da će se cijena u budućnosti dovoljno sniziti kako bi postala ekonomična“. Stoga se smatra da, umjesto većeg usmjeravanja na direktnu primjenu, treba ići na dugoročna, opsežna i temeljita istraživanja.

SAMO DUGOROČNE MOGUĆNOSTI

Specijalna Komisija CONAES Akademije znanosti SAD slaže se s općom procjenom Američkog fizikalnog društva da vjerojatan udio solarnih ćelija u godini 2000. neće biti veći od 1%, preporučujući dugoročnu istraživačku strategiju umjesto orientacije na masovnu proizvodnju.

Da kažemo nekoliko riječi o izvještaju CONAES (Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems). To je dosad zaciјelo najobimnija energetska analiza. U četvorogodišnjem radu sudjelovalo je oko 300 najkompetentnijih američkih stručnjaka, od inženjera, fizičara i kemičara do biologa i ekonomista. Komisiju je formirao Nacionalni istraživački savjet Akademije znanosti SAD, na

zahtjev Ministarstva za energiju. O kvalificiranosti te analize najbolje svjedoči činjenica da njene rezultate koriste i energetičari u SSSR.

Prema CONAES-u: „Zbog nezrelosti tehnologije, mogućnosti Sunčeve energije su u prvom redu dugoročne, i do 2010. godine može se očekivati samo vrlo skroman doprinos u odnosu na tradicionalne energetske izvore“. CONAES zaključuje da Sunčeva energija može znatnije doprinijeti energetskom sistemu do 2010. godine samo ako dođe do snažne državne intervencije na energetskom tržištu u korist skuplje Sunčeve energije, a na račun drugih, jeftinijih izvora (ekstremni sunčani scenarij). Prema CONAES-u, normalni tržišni prođor Sunčeve energije u SAD, bez državne intervencije, bio bi skroman, iznosio bi svega nekoliko postotaka ukupne energetske potrošnje SAD godine 2010.

Doprinos Sunčeve energije u SAD 2010. godine, izražen u postocima ukupne godišnje potrošnje energije (CONAES):

	Normalni sunčani scenarij	Ekstremni sunčani scenarij
Solarno grijanje i hlađenje	0,3%	11 %
Solarna električna energija manje od Gorivo dobiveno pomoću solarne energije	0,1%	12,4%
Ukupno	0,3%	5,4%
	0,6%	28,8%

Ukupna cijena uvođenja ekstremnog sunčanog programa bila bi oko 3 puta veća od troškova dobivanja ekvivalentne energije iz konvencionalnih izvora. Potrebna državna subvencija iznosila bi fantastičnih 2 000 milijardi dolara!

Na nizu se mjesta danas proučavaju mogući tokovi razvoja energetike, kako nacionalne, tako i svjetske. Većina ovih znanstvenih projekcija navodi na slične zaključke.

ENERGETSKI SCENARIJ MEĐUNARODNOG INSTITUTA

Nedavno su objavljeni rezultati opsežnih istraživanja u Međunarodnom institutu za primjenjenu sistematsku analizu (MIPSA) u Austriji. MIPSA predviđa prilično teško energetsko razdoblje sljedećih desetljeća, osobito za zemlje u razvoju, koje će zahtijevati značajnije prilagodbe cjelokupnog svjetskog energetskog sistema te ulaganje sve većeg dijela nacionalnog dohotka u energetiku, nauštrb drugih sektora potrošnje.

Pa da vidimo udio različitih energetskih izvora u projekciji MIPSA brzog energetskog rasta.

ENERGETSKA PROJEKCIJA MIPSA (u postocima ukupne energetske potrošnje)

	1975.	2030.
Nafta	44%	19,4%
Zemni plin	18%	17,1%
Ugljen	27%	32,5%
Nuklearna energija	1%	23,1%
Hidroenergija	6%	4,3%
Sunčeva energija	—	1,4%
Ostalo	3%	2,3%

Niti u godini 2030. direktna primena Sunčeve energije ne bi dosegla 2% ukupne svjetske energetske potrošnje!

Prema scenariju MIPSA, zemlje u razvoju trebalo bi da neprekidno povećavaju realna ulaganja u energetiku; u godini 2000. čak tri puta veći dio nacionalnog dohotka nego što ulažu danas! A to bi bilo dovoljno da se tek zadrži dosadašnji privredni jaz između visokorazvijenih i zemalja u razvoju.

Da ponovim procjenu sovjetskih energetičara: „Obnovljivi izvori energije primjenjivat će se u određenim područjima koja su pogodna za njihovo ekonomično korištenje, no u vrlo ograničenim razmjerima... Do kraja 20. stoljeća ne očekuje se učešće Sunčeve energije u iole

značajnijim razmjerima u pokriću rastućih energetskih potreba čovječanstva“.

Komisija britanske vlade za znanost i tehnologiju, nakon opsežnih analiza, nedavno zaključuje kako bi korištenje obnovljivih izvora energije, uz sadašnji stupanj tehnologije, bilo 2–4 puta skuplje od konvencionalne energije.

Nakon svega toga, pa i nakon mjera i intencija sadašnje američke administracije, ekstremno optimistički solarni plan iz prvih dana američke administracije predsjednika Kartera djeluje sasvim anakronično. Nipošto se ne bih složio da je danas mjerodavan.

BANALNI ISHOD SKUPIH ISTRAŽIVANJA

U ovom kratkom napisu nije bilo moguće rasvjetliti sve aspekte sunčanoenergetske problematike. U mojoj popularno pisanoj knjizi *Energetska kriza: gdje (ni)je izlaz?*, koja će se uskoro pojaviti, pokušao sam sustavnije odgovoriti na probleme budućeg energetskog razvoja i naše zemlje i svijeta, pa, u tom sklopu, i na problem Sunčeve energije.

Poput dr Lalovića, i ja mislim da su od svih sunčanih uređaja primjeni najbliže u narednom periodu oni za grijanje potrošnje vode i pasivno sunčano grijanje, što može pružiti delimično zadovoljavanje tih energetskih potreba. Uostalom, ovaj „arhaični“ rezultat proizašao je kao dosta banalan ishod istraživanja u SAD „teškog“ nekoliko milijardi dolara.

Ako se u gradu Majamiju, u Floridi, godine 1950. koristilo 50.000 sunčanih grijaća na vodu, a u Japanu se koristi sada nekoliko milijuna, ne vidim razloga da se i kod nas ne koriste, osobito u sunčanijim predjelima, na primjer na morskoj obali. Naravno, to će povećati investicijske troškove, jer će i dalje biti potrebni i konvencionalni uređaji za grijanje vode, dakle i podjednako snažan konvenciona-

lan energetski sistem – za oblačna vremena svi će potrošači prijeći na njega. Ipak, na duži rok to se može isplatiti.

Nije mi cilj da obeshrabrujem istraživanja i uvođenje Sunčeve energije. Naprotiv! Smatram da pionirima Sunčeve energije kod nas, kakav je dr Lalović, valja odati priznanje i dati podršku. I za svaki, pa i relativno manji energetski „zalogaj“ treba se boriti! No smatram da mogućnosti Sunčeve energije, kao i svakog drugog izvora, valja staviti u realne okvire.

Kao što rekoh u zaklučku prvog članka: „One ograničene mogućnosti korištenja u kojima Sunčeva energija može biti ekonomična valja iskoristavati, ali na osnovu kompletnih ekonomskih računica, s osobitom pažnjom na faktor uvoza“. No ne smijemo smetnuti s uma da izlaz iz energetske krize leži u ubrzanom i snažnom znanstveno-tehnološkom razvoju. Uz ozbiljno upozorenje: svaka ozbiljnija analiza pokazuje da jeftinih i jednostavnih rješenja energetskog problema – nema.

Branko Lalović

SOLARNA GOZBA

*Molim ti se, o Gospode, osnaži tvoje sunce, mog jedinog druga,
da crvčci sa mnom zajedno ispjevaju iskonski očaj ovog stijena,
ne daj da sitnoga mrava satre slamka teška i duga
na tvrdo stazi ljubavi i uznesenja.*

Ante Cettineo

Na protivsolarne argumente prof. Vladimira Paara pokušaću opet da odgovorim tačku po tačku, što on nije učinio s mojim navodima, već je zaobišao one za koje nije imao odgovarajući protivargument.

Podatak o tome da su nečije prognoze o razvoju solarne energije ostale neispunjene ne smatram nikakvim ozbiljnim argumentom, jer mogle bi se, jednako, navesti i

prognoze da se nešto neće nikad ostvariti koje je stvarnost demantovala prekonoć. Klasičan primer je tvrdnja Ernesta Raderferda, objavljena 1937. godine, da su slabi izgledi za korišćenje nuklearne energije.

SOLARNI „BRIDER“

Bojazan prof. Paara da će stvarna energetska dohodovnost solarnih uređaja biti mala već su danas bez osnova. Što se tiče uređaja za dobijanje topote, to nikada nije ni bio problem, jer kvadratni metar solarnog grejača vode može godišnje da zahvati u našim krajevima oko 700 kWh energije, što je daleko više od energije potrebne za njegovu proizvodnju. (Nuklearna elektrana energiju utrošenu za njenu proizvodnju povrati tek za oko 3 godine.) Čak i solarne čelije isplate svoju energiju u roku manjem od 3 godine, a njihov vek je sigurno duži od 30 godina. Dž. Lindmajer (Lindemayer), predsednik kompanije Solarex, objavio je još pre tri godine rad pod naslovom „Solarni brider“, u kome pokazuje da fabrika solarnih čelija vrlo brzo može da povrati energiju utrošenu u njenu izgradnju i da prve proizvedene čelije mogu same sebe da reprodukuju („oplodjavaju“), proizvodeći nove čelije.

Što se tiče Balkomove kuće, koja pripada pasivnom tipu solarne arhitekture, nema ni govora da je u njenu gradnju utrošeno znatno više energije nego u građenje obične kuće te veličine. Jer, kao što sam istakao, u samogrejne solarne kuće prvenstveno se ulaže naučno znanje, kojim tek sad raspolažemo, a ne materijali i uređaji.

PROSEK SUNČEVE ENERGIJE

Kad govorimo o Sunčevoj energiji, onda možemo da se služimo podatkom o proseku snage, uključujući i period kada nema sunca (noć), ili, kao što je kod solarista uobičajeno, o ukupnoj energiji koja u toku godine (sezone ili meseca) dospe na Zemlju. Ako znamo karakteristike

solarnog uređaja, drugi podatak nam odmah kazuje koliko ukupno energije možemo da iskoristimo u toku određenog perioda. Podatak o prosečnoj snazi se svodi na isto, samo što prosek moramo da množimo brojem sekundi u razmatranom periodu da bismo dobili energiju. Ovo, međutim, nema svrhe, jer se izvorni meteorološki podaci odnose na primljenu energiju, pa se uvođenjem prosečne snage samo čini nepotreban krug, koji nas vräča na istu tačku. Protivnici solarne energije operišu prosečnom snagom da bi brojke o raspoloživosti sunca izgledale što nepovoljnije.

Prof. Paar navodi dobro poznatu činjenicu da dotok Sunčeve energije na Zemlju nije usklađen sa potrebama u grejanju. Ja sam mu u prošlom odgovoru ukazao na to da situacija nije tako loša ako se problemu priđe sa naučne strane, i naveo primere solarnih kuća koje i od zimskog sunca, takvog kakvo je, uspevaju da zahvate gotovo svu energiju potrebnu za grejanje. Dr Paar, očigledno, ne veruje u to, pa meni ostaje jedino da se prihvativam mistrije i viska i sagradim takvu kuću, što će uskoro i učiniti.

U drugim primenama Sunčeva energija i nije tako neusklađena, npr. za grejanje vode za potrebe naše primorske turističke privrede, jer tu se maksimum sunca poklapa sa maksimumom broja gostiju. U proizvodnji električne energije, takođe, postoji dobra usaglašenost, naročito kod nas. Poznato je da se u potražnji električne energije javlja dnevni vrh; sem toga, za nas je kritičan letnji period, kada nemamo dovoljno padavina i hidroenergije. Solarne čelije bi, stoga, mogle da sačuvaju vodu velikih hidroakumulacija za jesen. (Mi smo, izgleda, u tom pogledu jedinstvena zemlja, zapravo idealna za spregu solarnih čelija i hidroenergije.)

LABAVOST FUTURISTIKE

U prošlom odgovoru naveo sam da o budućnosti solarne energije postoje razne procene jednakovrednih autoriteta. Iako prof. Paar navodi procene koje su već

zastarele, one idu u prilog pobornika solarne energije, posebno kada govorimo o našoj zemlji.

Dr Paar, naime, ističe da, ako se nešto može očekivati od solarne energije, onda će to biti na duži rok. Upravo me to i brine. Jer, po mome mišljenju, u nas nije problem kako obezbediti neophodnu energiju u sledeće dve decenije: zasukaćemo rukave i iskopati više uglja. Po našim planovima, to ćemo i činiti do početka idućeg stoljeća. Tada ćemo, kako kažu naši energetičari, dostići „tehnološki maksimum“ u kopanju uglja. Sa ulaskom u sledeće stoljeće (uzgred rečeno, za generacije koje sad dolaze na scenu, 21. stoljeće je njihovo stoljeće i ne predstavlja dalju već jedinu i neposrednu budućnost) očekuje nas nekoliko puta veća potrošnja energije sa nekoliko puta smanjenim zalihama konvencionalnih goriva. U pitanju je, dakle, upravo energetska strategija na koju se dr Paar poziva. I pre nego što se on opredeli za nuklearnu fuziju kao našu energetsku strategiju, neka poseti Princeton i osmotri kakvu tehnologiju zahtevaju fuzione mašine. Posle toga neka pripita kolege eksperimentalce da li postoji ikakva realna šansa da ta tehnologija u sledećih sto godina postane nama dostupna na sveukupno prihvatljiv način. I tek tada neka odredi našu energetsku strategiju. A u vremenu kraćem od dve – tri decenije naučni radnik malo šta može da učini u oblasti energetike.

Ipak, za sve one koji su spremni da se potrude, Sunčeva energija može da dâ veliki doprinos i u ovom stoljeću, i to odmah u što će se svako uveriti čim načini i najjednostavniji grejač vode.

Mislim da je prošlo vreme kada je trebalo raspravljati o budućnosti solarne energije, jer je ona već nepovratno ušla u život. Dažbog, staroslovenski bog Sunca, ponovo je ustoličen, samo neki još odbijaju da prihvate njegovu vladavinu. Ono što su za prof. Paara samo mrvice, za podanike Dažboga će biti – prava gozba.

KNJIGE O SOLARNOJ ENERGIJI

Na srpskohrvatskom jeziku

Branko Lalović – SOLARNE KUĆE, BIGZ-Galaksija, Beograd, 1982.

Živojin Ćulum – ČOVEK SE VRAĆA SUNCU, NIŠRO „Dnevnik“, Novi Sad, 1982.

Miroslav Lambić – VREDI DA SE ŠTEDI, NIŠRO „Dnevnik“, Novi Sad, 1982.

Na engleskom jeziku

Aden B. Meinel and Marjorie P. Meinel – Applied Solar Energy, An Introduction, Addison-Wesley Publishing Co, Reading, Massachusetts, 1977.

J. C. McWeigh – Sun Power, Pergamon Press, Oxford, 1977.
Bruce Anderson – Solar Energy: Fundamentals in Building Design, Mc Graw Hill Book Co, New York, 1977.

Eduard Mazria – The Passive Solar Energy Book, Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.

J. A. Duffie and N. A. Beckman – Solar Energy Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 1974. (Ova knjiga je prevedena na ruski i nemacki.)

Passive Solar Design Handbook, U. S. Department of Energy, Washington, 1980.

David L. Pulfrey – Photovoltaic Power Generation, Van Nostrand Reinhold Co, New York, 1978.

Richard C. Neville – Solar Energy Conversion, The Solar Cell, Elsevier Publishing Co, Amsterdam 1978.

Harold J. Hovel – Solar Cells, Academic Press, New York, 1975.

O KNJIZI I AUTORU

Primena sunčane energije sve je šira i potrebnija. Uporedo s njom raste i potreba za pouzdanim obaveštenjima o njenim rezultatima, za literaturom u kojoj će se naći uputstva za iskorišćavanje tog zanemarenog prirodnog blaga.

Nasušno sunce, prvo celovito domaće delo o primeni sunčane energije, obuhvata sve važnije načine njenog korišćenja. Autor se poduhvatio zadatka da iz obimnog svetskog iskustva odabere ono što je položilo ispit praktičnosti, efikasnosti i ekonomičnosti – i, posebno, ono što je prilagodljivo našim uslovima.

Pored prikaza karakteristika i raspoloživosti sunčane energije, knjiga sadrži podroban opis njene primene radi dobijanja tople vode, grejanja zgrada, proizvodnje električne energije, itd., a daje i uputstva za samogradnju solarnih uređaja.

Posebna pažnja je posvećena principima gradnje kuća koje same zahvataju sunčanu energiju (tj. pasivnoj solarnoj arhitekturi). Autor je uspeo da složene proračune solarnih kuća svede na jednostavna pravila, pomoću kojih svaki arhitekta, pa i nestručnjak, može pravilno da postavi njihovu osnovnu koncepciju. Detaljno su obrađene solarne fotonaopnske ćelije, pomoću kojih se Sunčevo zraćenje direktno pretvara u električnu energiju. Dati su primeri primene tih elektrana budućnosti i opis energetski samodovoljne kuće, u

kojoj se sva potrebna energija, i toplotna i električna, podmiruje suncem.

Nasušno sunce se nadovezuje na autorovu knjigu *Solarne kuće* (specijalno izdanje „Galaksije“), i s njom čini zaokruženu celinu.

* * *

Dr Branko Lalović, profesor nuklearne fizike i solarne tehnike, koji se već dugo bavi problemima korišćenja sunčane energije, dao je značajan doprinos njenoj primeni u našoj zemlji. Pored ostalog, konstruisao je nekoliko originalnih sunčanih prijemnika, razradio koncepciju porodičnih solarnih kuća, solarnih hotela, bazena, velikih stambenih zgrada i drugih objekata. Sada nastoji da solarna električna energija dobije širu primenu kod nas, jer je uveren da je vreme za to sazrelo. Zalaže se za smeliji pristup korišćenju energije sunca i za donošenje nacionalnog plana akcije na tom polju.

U knjizi *Nasušno sunce*, brižljivo pripremanoj nekoliko godina, dolazi do punog izražaja bogato iskustvo prof. Lalovića u popularnom izlaganju stručnog štiva i njegova veština da pri tome ne odstupi od naučne strogosti.

SADRŽAJ

<i>Predgovor</i>	7
I ZRACI NADE	15
II SUNCE KAO IZVOR ENERGIJE	23
Poreklo sunčeve energije	24
Sunčeva budućnost	34
III SUNČEVO ZRAČENJE NA ZEMLJI	38
IV PRIJEMNICI SUNČEVE ENERGIJE	49
Ravni prijemnici	50
Foksurajući prijemnici	73
V TOPLITNA PRIMENA SUNČEVE ENERGIJE	92
Zagrevanje vode	93
Solarno grejanje zgrada	99
Skladištenje toplote	113
VI SAMOGRADNJA SOLARNIH UREĐAJA	117
Samogradnja sistema za grejanje vode	124
VII KUĆA – PRIJEMNIK SUNČANE ENERGIJE	127
Samogrejna solarna kuća	128
Kako funkcioniše pasivni sistem?	132
Direktni zahvat	136
Trombov zid	150
Solarna kuća sa staklenikom	156
VIII PRIMERI USPELIH SOLARNIH KUĆA	169
Primena sunčane energije u velikim zgradama	181
IX SOLARNA ELEKTRIČNA ENERGIJA	187
Biokonverzija	188
Solarne termoelektrane	190
Poluprovodnička solarna ćelija	194
Princip rada solarnih ćelija	195

Tehnologija solarnih čelija	208
Osnovne jednačine rada solarne čelije	218
Primena solarnih čelija	224
X BUDUĆNOST SUNČANE ENERGIJE	
Vladimir Paar: Sunčeva energija – uzdanica bez pokrića	230
Branko Lalović: Ko se boji sunčeve energije	231
Vladimir Paar: Mrvice solarne torte.	241
Branko Lalović: Solarna gozba	254
<i>Knjige o solarnoj energiji</i>	261
<i>O knjizi i autoru</i>	265
	266

PROF. DR BRANKO LALOVIĆ: NASUŠNO SUNCE • UREDNIK: MIRJANA
STEFANOVIĆ • RECENZENT: DR VLADIMIR AJDAČIĆ • TEHNIČKI UREDNIK:
LJUBICA ZOGOVIĆ • KOREKTOR: VERA SPASOJEVIĆ • IZDAVAČ: *NOLIT*
BEOGRAD, TERAZIJE 27 • GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK: MILOŠ STAMBOLIĆ
• ŠTAMPA: *BIROGRAFIKA*, SUBOTICA • ŠTAMPANO U 10.000 PRIMERAKA,
1982. GODINE