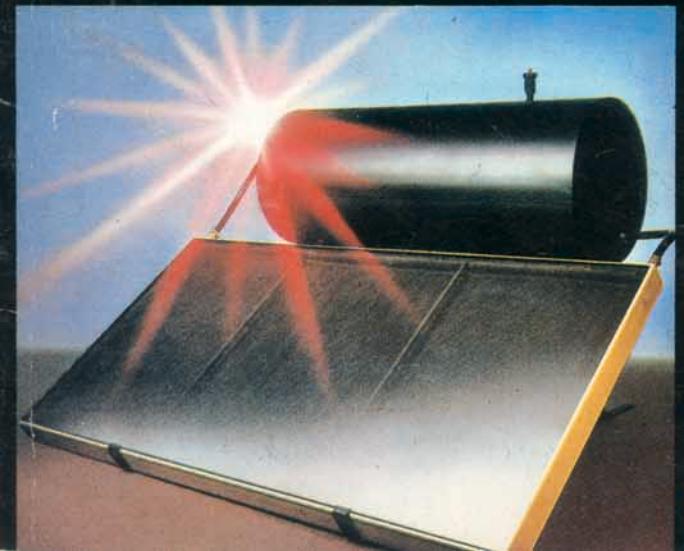
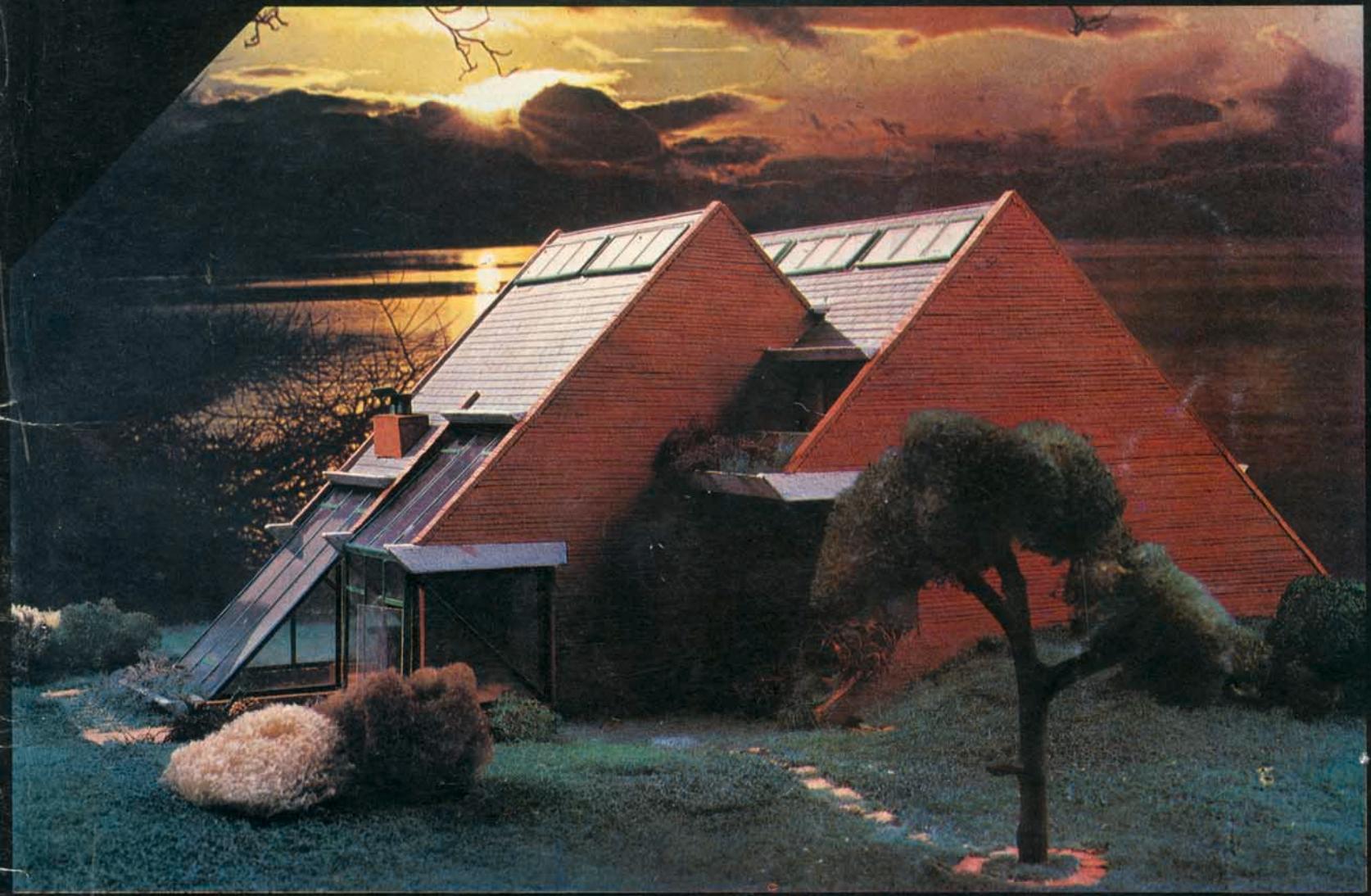


Prof. dr
Branko Lalović
Izdaje
BIGZ
Januar
1982.
Cena
150
D

Specijalno izdanje · Galaksije ·
u saradnji
sa RO
· Naš
stan ·

SOLARNE KUĆE

sunce u vašem domu
projekti solarnih kuća
kako nabaviti
solarnu opremu



Specijalno izdanje časopisa „Galaksija“
u saradnji sa RO „Naš stan“
Januar 1982.
Cena 150 D

Izdaje

Beogradski izdavačko-grafički zavod
OOUR Novinska delatnost „Duga“
11000 Beograd
Bulevar vojvode Mišića 17

Telefoni

650-161 (redakcija)
650-528 (prodaja)
651-793 (propaganda)

Generalni direktor BIGZ-a

Gojko Zečar

Direktor OOUR „Duga“

Zoran Milošević

Glavni i odgovorni urednik

Gavrilo Vučković

Urednik izdanja

Jova Regasek

Likovno i grafičko oblikovanje

Dobrilo Nikolić

Tehnički urednik,

Dušan Mijatović

Izdanje pripremili

Dragoljub Blanuša
dr ing. Zdenko Dizdar

Ivan Ivanov

prof. dr Branko Lalović
Arh. Vladimir Lovrić
Vladimir Popović
Boris Stanić
Arh. Miladin Vasiljević
Velimir Vesović
Arh. Milisav Vojinović

Redakcija

Tanasiće Gavranović, urednik
Esad Jakupović, urednik
Dušan Mijatović, tehnički urednik
Aleksandar Milinković, novinar
Jova Regasek, novinar
Zorka Simović, sekretar redakcije
Gavrilo Vučković, glavni i odgovorni urednik

Izdavački savet „Galaksije“

dr Tomislav Bogavac (predsednik)
Radomir Durutović
Vlada Falatov
Bogdan Gavrilović
Mateja Ignjatović
Milivoj Jugin, dipl. ing.
Mihajlo Juhas
Dragan Kosanović
Dušan Mihajlović
dr Nikola Potkonjak
dr ing. Petar Radičević
Danilo Tošković
Petar Živadinović

Štampa

Beogradski izdavačko-grafički zavod
11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17

Žiro račun kod SDK
60802-603-17132 BIGZ

Za inostranstvo cena dvostruka

Na osnovu mišljenja Republičkog sekretarijata za
kulturnu broj 413-77/72-03 i „Službenog glasnika“ broj
26/72 ovo izdanje oslobođeno je poreza na promet

sadržaj

- | | |
|---|----------------------|
| 1 | uvodnik |
| 2 | prvorazredno pitanje |
| 4 | zraci nade |
| 6 | energija sunca |
| 8 | sunce na sto načina |

sunce u kući 11—45

- | | |
|----|--------------------------|
| 11 | solarni kolektori |
| 14 | solarni bojleri |
| 16 | skladišta toplove |
| 17 | toplotna pumpa |
| 19 | solarni radijatori |
| 23 | samogrejuća solarna kuća |
| 27 | pasivni sistem |
| 29 | trombov zid |
| 30 | kuća sa staklenikom |
| 32 | kuća budućnosti |
| 35 | domaća solarna oprema |
| 38 | solarna kuća u stripu |
| 44 | redosled poteza |

domaća solarna arhitektura 46—75

- | | |
|----|---------------------------|
| 46 | tehnologija solarnih kuća |
| 49 | solarna kuća „Galaksija“ |
| 55 | solarna kuća „Andromeda“ |
| 61 | solarna kuća „Kentaur“ |
| 67 | solarna kuća „Vega“ |
| 70 | solarna kuća „Lira“ |
| 73 | solarna kuća „Orion“ |

solarna arhitektura u svetu 76—91

- | | |
|----|-------------------------------|
| 76 | balkombova kuća |
| 78 | kuća u Nici |
| 80 | najštedljivije kuće Evrope |
| 85 | naselje u Milton Kejsnu |
| 88 | solarna kuća u Japanu |
| 89 | francuska solarna arhitektura |
| 92 | stara energija na novi način |

drugi izvori 92—96

- | | |
|----|------------------------------|
| 96 | stara energija na novi način |
|----|------------------------------|

Posle petnaest meseci intenzivnih priprema, prvo tematsko izdanje „Galaksije“ nalazi se, najzad, pred svojim čitaocima. Posvetili smo ga jednom veoma ozbiljnom problemu i jednom veoma ozbiljnom izazovu ne samo za savremenu nauku nego i za sve nas — nestašici energije i jednom od puteva njenog prevazilaženja — i pripremili ga u saradnji sa Institutom „Boris Kidrič“ u Vinči i RO „Naš stan“ iz Beograda.

Opredelivši se samo za jedan segment, za primenu sunčeve energije u kući, trudili smo se da obuhvatimo sve što je u ovoj temi vredno reći: od ideja i praktičnih rešenja za uvođenje sunčeve energije u svaki dom, preko šest elaboriranih projekata potpunih solarnih kuća, do najzanimljivijih praktičnih solarnih iskustava iz sveta.

„Solarne kuće“ predstavljaju prvu celovitu informaciju na srpskohrvatskom jeziku o mogućnostima primene suščeve energije. Naš solarni gambit možete prihvati samo ako i sami postanete pionir korišćenja sunčeve energije — odlukom da solarizujete postojeću ili sagradite novu solarnu kuću. Prihvatajući jednu novinu, postaćete učesnik u značajnom društvenom i naučnom poduhvatu.

Zauzvrat, bićete nagrađeni ne samo toplim domom nego i blagorodnim osećanjem da ste, rešavajući svoj sopstveni problem, doprineli i rešavanju problema energije uopšte i očuvanju životne sredine.

Redakcija

Prvorazredno pitanje

Energija je postala prvorazredno ekonomsko, političko i društveno pitanje svake zemlje. Klasični energetski prirodni izvori, pre svega nafta, ograničeni su, a njihovo neracionalno raubersko i profitersko korišćenje stvorilo je stanje hroničnih poremećaja u ovoj oblasti. S druge strane, stalno rastuće potrebe za energijom postavile su na dnevni red pitanje organizovane društvene akcije za korenitim promenama koje će voditi racionalnijem korišćenju postojećih klasičnih izvora energije, ali i otkrivanju i primeni novih, takozvanih alternativnih izvora energije. Efikasnost u rešavanju ovih imperativa današnjice i sutrašnjice postaje sve više i merilo vitalnosti društvenih i privrednih sistema, jer je energija nesumnjivo ključno pitanje ne samo razvoja i budućnosti, već i tekućeg normalnog privređivanja i društvene reprodukcije uopšte, a, samim tim, sve značajniji i presudniji faktor i nezavisnosti pojedinih zemalja, velikih i malih, razvijenih i manje razvijenih.

Naš sistem socijalističkog samoupravljanja, bez sumnje, pruža široke mogućnosti za rešavanje ovih problema jer je okrenut zadovoljavanju ljudskih potreba i humanizaciji prirode i jer široko otvara prostore inicijativama privrednih subjekata, proizvođača i građana u njihovom udruživanju radi racionalnog korišćenja energetskih i drugih prirodnih izvora. No, da bi se ta mogućnost brže pretvarala u stvarnost, neophodno je imati dugoročan program razvoja energetike u čijem bi ostvarivanju odlučujuću ulogu morao da ima udruženi rad, ali čija bi prepostavka morala biti najšira društvena akcija zasnovana na svesnom odnosu prema ovom problemu. Razume se, da bismo to postigli, neophodno je brže se oslobođati zablude da smo zemlja koja je bogata energetskim izvorima koju smo u jednom ranijem periodu doduše u drugaćijim energetskim prilikama u svetu, iz nepoznavanja, ali i iz potreba da jačamo sopstveno samopouzdanje i sami negovali. U stvari, naša zemlja spada u red energetskim izvorima najsiromašnijih evropskih zemalja, pri čemu je sama Evropa, kao što je poznato, jedan od energetski najsiromašnijih i najzavisnijih regiona u svetu. Stoga, u današnje vreme, upravo da bismo u izmenjenim uslovima jačali sopstveno samopouzdanje, moramo razvijati svest o suštini ovog problema i o potrebi najšire organizovane društvene akcije na štednji, racionalizaciji korišćenja energije, na otkrivanju i primeni alternativnih izvora energije.

Lazar Koliševski

Na žalost, zaostajemo u razvijanju ove svesti i pokretanju inicijativa u ovom pravcu. Dok zemlje koje su daleko razvijenije i bogatije od nas imaju razrađene programe i već značajna praktična iskustva u ovoj oblasti, svedoci smo ponašanja u našoj zemlji koja su i sa društvenog stanovišta krajnje rasipnička i štetna. Dok, na primer, SAD, koje koriste 1/3 ukupne svetske energije, imaju program koji predviđa da se do 2000. godine 20% njihove potrošnje zasniva na takozvanim alternativnim izvorima kao što su sunčeva, geotermalna energija, korišćenje snage vetra, biomase i slično, u našoj zemlji, u periodu od 1973, od takozvanog prvog energetskog šoka do danas izgrađeni su kapaciteti u energetici i industriji koji treba da udvostruče korišćenje veoma skupe uvozne nafte. Zato je s pravom jedan naš naučnik mogao da kaže na simpozijumu o sunčevoj energiji održanom u našoj zemlji pre nekoliko godina da se mi ponašamo kao da su svi izvori svetske nafte u Jugoslaviji.

Zaostajemo i u razradi i primeni i drugih neophodnih mera na popularizaciji racionalnog ponašanja i njegovoj stimulaciji ekonomskim sredstvima. Mnoge zemlje su, na primer, već uvele veoma bitne poreske olakšice za vlasnike stanova koji koriste sunčevu energiju za zagrevanje stanova i vode, ili su, pak, ova pitanja uvrstili u obavezni obrazovni program u redovnim školama.

Utoliko je značajnija i društveno korisnija inicijativa redakcije „Galaksije“ da ovaj specijalni broj posveti korišćenju sunčeve energije za zagrevanje stambenih ili drugih prostorija, za zagrevanje vode za higijenske, a i privredne potrebe.

Geografski položaj naše zemlje i stepen razvoja naše industrije i nauke nesumnjivo pružaju uslove da u ovoj oblasti u kratkom roku učinimo značajnije korake i ovom relativno jeftinom i obnovljivom izvoru energije obezbedimo ono mesto u našem energetskom bilansu koje mu nesumnjivo pripada.



prof. dr
Branko
Lalović

zraci

U naše vreme čovečanstvo doživljava neslučeni razvoj i postiže naučne i tehničke uspehe koji su do nedavno mogli da se uvrste jedino u domen fantastike. Čovek je kročio na Mesec i dosegao najudaljenije planete, otkrio genetski kod i počeo da se upliće u izgradnju živih bića, postigao da glava čiode za njega pamti i obavlja složene misaone operacije, video nevidljivo i proniknuo u najsuptilnije tajne prirode na nivou mnogo dubljem od atoma, svojim pogledom obuhvatio gotovo ceo kosmos, saznao kako je on nastao, a naslućuje i kako će se ova grandiozna kosmička farsa završiti. Ljudskom saznanju i njegovom tehničkom napretku kao da nema kraja.

Ništa manje impresivan nije ni razvoj materijalnog bogatstva. U najrazvijenijim zemljama životni standard, čak i prosečnog građanina, dospio je zavidne razmere.

*O sunce
Ptico koja greješ
Ti
Prkosna ruža
Jasno vreme
Darobita vatrom
Na zaleđenom nebu
Darivaj granu prolećem*

Branko Miljković

No, i pored svega toga, poslednje decenije fantastičnog 20. stoljeća čovečanstvo ne dočekuje u dobrom raspoloženju. Najveća naučna i tehnička dostignuća, po pravilu, imaju i drugu, faustovsku stranu, onu koja ugrožava ljudsku egzistenciju. Izučavanje atoma, na primer, donelo nam je nuklearna oružja strahovite razorne moći, a let u kosmos izbacio je ta oružja visoko iznad naših glava; genetička postignuća prete izrođavanjem živih bića; čak i naoko nevini kompjuteri najavljuju mogućnost potpune policijske prismotre svakog građanina. I tako se pretnje nižu u nedogled.

S druge strane, i pored velikog tehničkog napretka, u svetu je još mnogo gladnih. Nerešeni politički problemi, socijalni potresi, nacionalne razmirice i ratovi niču na sve strane, a sve zemlje sveta počinju da se suočavaju sa nestaćicom energije i sa sveopštima ugrožavanjem čovekove životne sredine.

Sve je jasnije, zaista, da naučnotehnički progres savremene civilizacije nije praćen, u odgovarajućoj srazmeri, povećanjem ljudske sreće. No, samo površni posmatrač će sva ova zla pripisati razvoju nauke i tehnike. Krivca pre treba tražiti u zaostalosti društvenih odnosa, istorijskom nasleđu, ljudskoj prirodi ili nečem drugom.



nade

U ovoj tamnoj slici pojavljuje se, ipak, jedna nesumnjivo svetla tačka: čovek je najzad počeo da se otrže od točkova zahuktale civilizacije i da poseže za čistom i neiscrpnom energijom — energijom sunca, koja pruža zračak nade da postoji prihvatljiva rešenja nekih veitalnih problema savremenog društva.

Posle više pokušaja korišćenja sunčeve energije u poslednjih 200 godina, koji nisu doveli do njene šire primene, najnoviji razmah solarnog pokreta daje osnova da verujemo da smo ovoga puta stvarno zakoračili u solarnu eru. Mnogobrojne primene sunčeve energije već su uspešno demonstrirane i proverene u praksi: topla voda za svakodnevne potrebe, zagrejana suncem, naveliko se koristi u mnogim zemljama; kuće koje se greju sunčevom energijom niču kao pečurke; pumpe za vodu na sunčev pogon, solarni uređaji za desalinizaciju vode i druge naprave takođe počinju da se proizvode na komercijalnoj osnovi; na pomolu je i jeftina solarna električna energija, a mnoge druge primene su u punom razvoju.

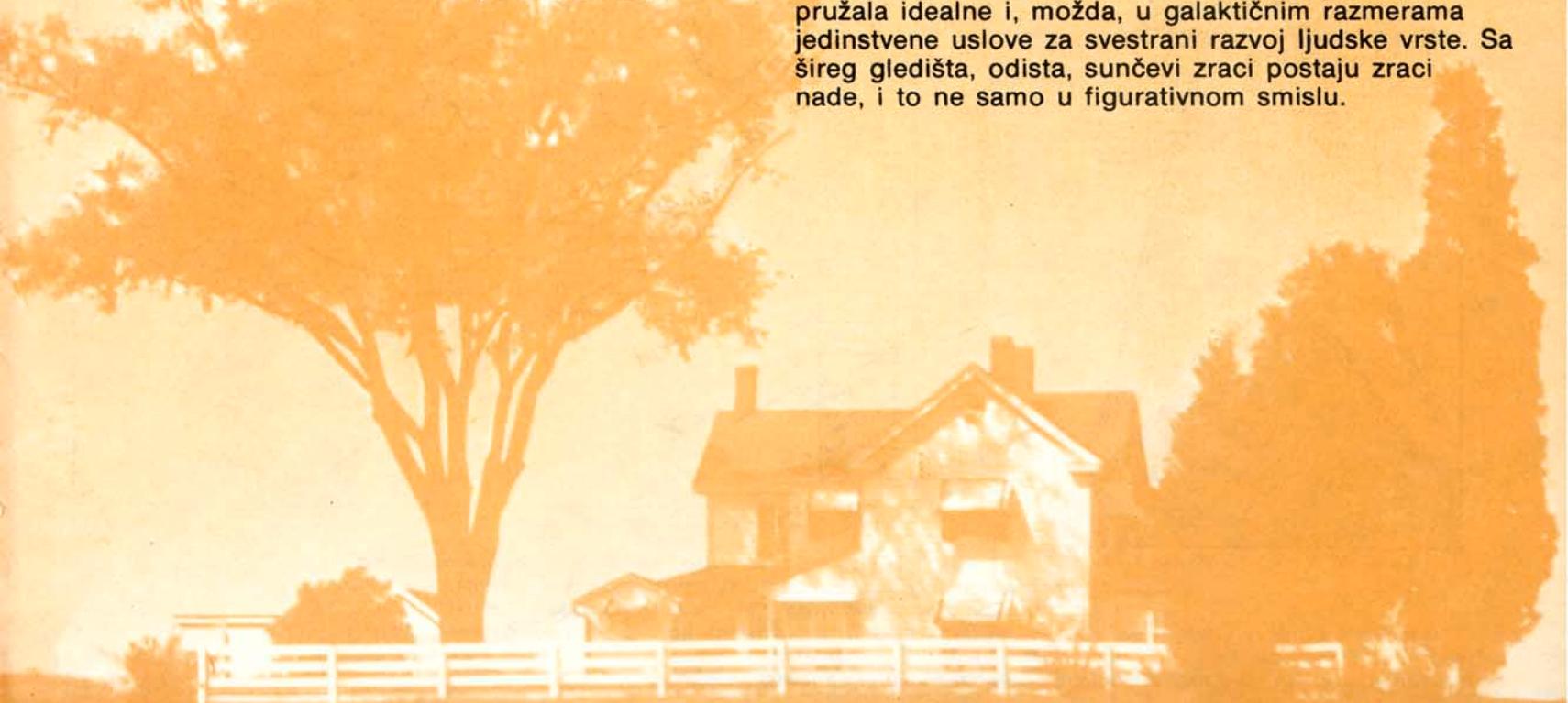
Uz sve ovo, ne treba zaboraviti da je živa supstanca oduvek nalazila čudesne načine da svoje bivstvo uskladi sa suncem, da ga zahvata kada joj je potrebno i da se brani od njega kada joj ugrožava opstanak. Najčudesniji od izuma prirode u korišćenju sunčeve energije, proces fotosinteze, kome dugujemo naš opstanak, još ne razumemo sasvim i predstoji nam zadatak da ga potpuno rasvetlimo i poboljšamo njegov učinak. Još ambiciozniji su pokušaji, na bazi genetičkog inženjerstva, da se stvore i odgoje mikrobi i bakterije koji bi sa velikom efikasnošću pretvarali sunčevu zračenje u korisna energetska goriva.

Sunce je, to je odavno spoznano, izvor života na Zemlji. Ono je isključivi davalac energije za održavanje tog fascinirajućeg ciklusa život-smrt-život, u kome je život do sada uvek odnosio pobedu, prkoseći svemoćnom zakonu povećanja entropije. Instiktivno su ljudi ocenili značaj sunca još od pradavnih vremena, o čemu svedoči isticanje sunca kao vrhovnog božanstva u većine naroda. I naši preci, stari Sloveni, ostavili su nam u nasleđe boga sunca, već zaboravljenog Dažboga.

Moderni čovek, zanesen moćnom tehnikom i izobiljem fosilnih goriva, bio je izgubio iz vida sve blagodeti ovog najprihvatljivijeg izvora energije, koji, zapravo, ne nudi samo jedno alternativno rešenje energetske krize.

Impakt sunčeve energije se, odista, ne iscrpljuje upotrebom solarnih prijemnika i drugih naprava i prikupljanjem pogodnije i jeftinije energije. Okretanje suncu iznelo je u prvi plan i celokupni čovekov odnos prema prirodi, navelo nas na to da saberemo šta sve od nje uzimamo i šta joj vraćamo. Sada sve više razmišljamo o našoj ulozi na ovoj planeti, o sudbonosnom uticaju savremene civilizacije na celokupni ekosistem. Ekološki aspekt svakog našeg koraka, pa i u gradnji i korišćenju „krova nad glavom“, postaje predmet ozbiljnih razmatranja.

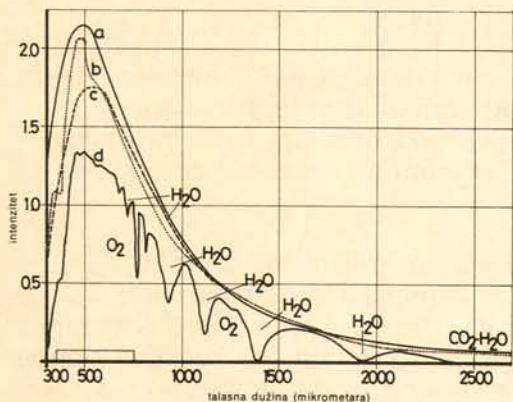
No, sunce nas ne navodi samo na humanitarna i filozofska razmišljanja. Ono nam i pruža šansu da u velikoj meri uskladimo naše potrebe i naše želje sa onim što godi našoj rodnoj planeti Zemlji, koja nam je do sada, kroz milijarde godina, sve dok čovekova intervencija nije postala primetna i odlučujuća, pružala idealne i, možda, u galaktičnim razmerama jedinstvene uslove za svestrani razvoj ljudske vrste. Sa širem gledišta, odista, sunčevi zraci postaju zraci nade, i to ne samo u figurativnom smislu.



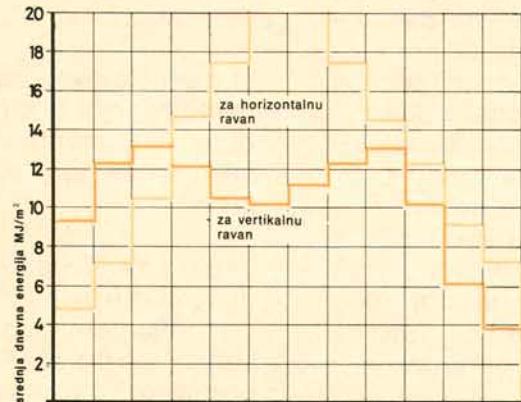
izvor koji nikad ne presušuje

Sunce je za ljudske pojmove neiscrpan izvor energije. Ono sija gotovo istom jačinom već oko pet milijardi godina i sijaće najmanje još toliko. Ta, nama najbliža zvezda, u stvari, predstavlja džinovsku usijanu gasovitu kuglu, prečnika 1792000 kilometara. Temperatura na njenoj površini iznosi oko 5800 K, a u središtu dostiže 15 miliona stepeni. Zahvaljujući ovako visokoj temperaturi, Sunčev jezgro predstavlja termonuklearni reaktor gigantskih razmara, u kome se odigravaju nuklearni procesi fuzije. Svake sekunde

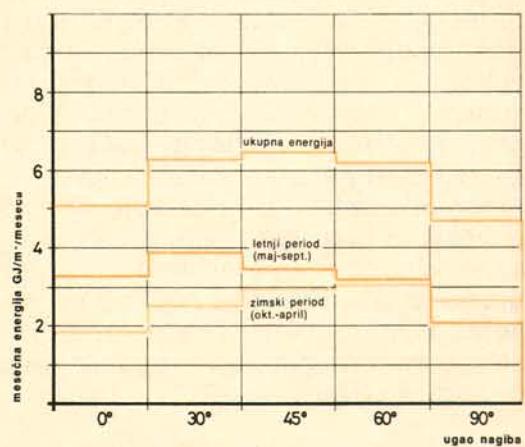
se, na taj način, u jezgru sunca oko 600 miliona tona vodonika pretvara u 596 miliona tona helijuma. Razlika u masi od 4 miliona tona se, po poznatoj Ajnštajnovoj relaciji $E=m.c^2$, pretvara u energiju, što znači da se na Suncu oslobada snaga od 360 milijardi milijardi megavata ($36 \cdot 10^{24} W$). Ova snaga se izračuje u prostor u obliku elektromagnetskih talasa, čiji spektar odgovara zračenju crnog tela zagrejanog na temperaturi od 5800 K (sl. 1).



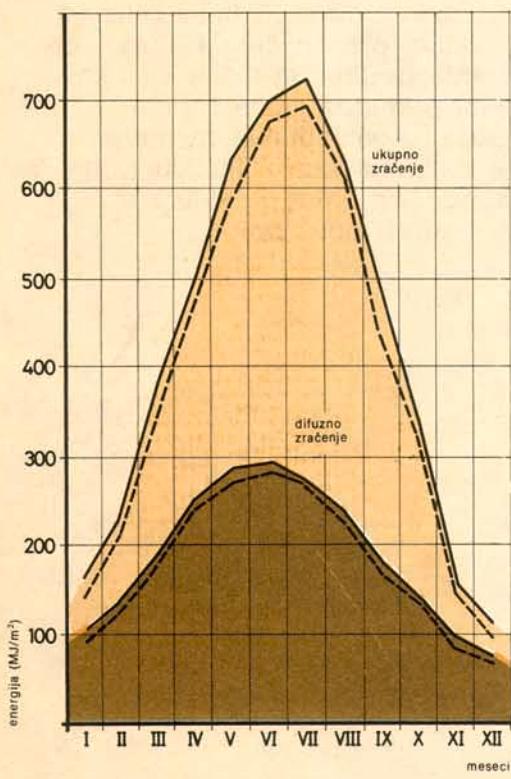
Sl. 1 Spektralni sastav sunčevog zračenja:
a — zračenje crnog tela na $T=6000 K$;
b — zračenje izvan atmosfere;
c — zračenje crnog tela na $T=5630 K$;
d — zračenje posle prolaska kroz atmosferu



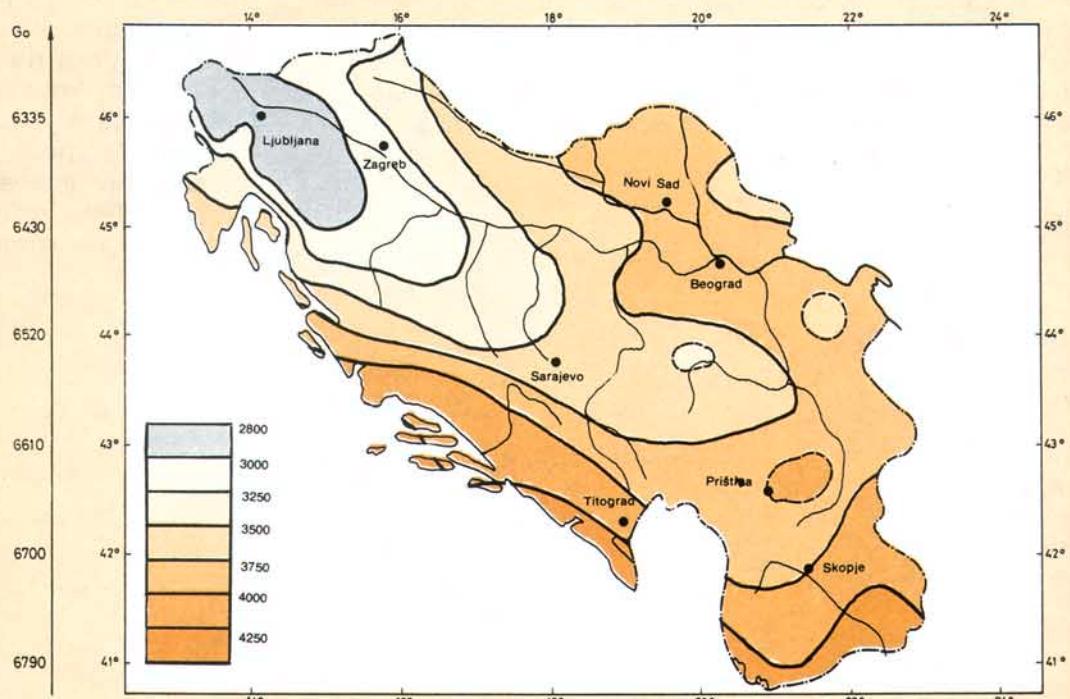
Sl. 3 Raspodela sunčeve energije
u Beogradu po mesecima
za horizontalnu i vertikalnu ravan



Sl. 4 Raspodela sunčeve energije
u Beogradu na ravni pod
nagibom koja je okrenuta ka jugu



Sl. 2 Raspodela sunčeve energije
u Beogradu po mesecima
za horizontalnu ravan (dve merne stanice)



Sl. 6 Bogatstvo na dohvat ruke: Karta srednjih dnevnih sumi globalnog sunčevog zračenja u našoj zemlji u vatčasovima po kvadratnom metru na dan; na karti su date vrednosti za 117 mesta; vrednosti su utvrđene aproksimativno, na osnovu meteoroloških podataka o godišnjem trajanju sijanja sunca, pa ih treba prihvatići sa izvesnim oprezom

energija sunca

Solarna konstanta

Zemlja, zbog udaljenosti od 149 miliona kilometara, prima samo pola milijarditog dela ove energije. No, i ta energija je sa čovečijeg gledišta kolosalna — ona odgovara snazi od 164 milijardi megavata! Ta snaga premaša preko 100000 puta snagu svih elektrana u svetu kada rade u punom pogonu. Snaga koja dospeva na kvadratni metar površine na granici Zemljine atmosfere, upravne na pravac sunčevih zraka, naziva se *solarnom konstantom*. Prema najnovijim merenjima, njena vrednost iznosi 1353 W/m^2 .

Na površinu Zemlje dospeva nešto manja snaga zbog refleksije zraka od atmosfere i apsorbacije u njoj. Vrednost prispele snage zavisi od ugla pod kojim sunčevi zraci prolaze kroz atmosferu i od meteoroloških uslova. Što ugao sunčevih zraka više odstupa od vertikale, to je njihov put kroz atmosferu duži, pa i na Zemlju prispeva manja snaga. Na primer, pod uglom od 60° (30° u odnosu na horizontalu), a to je položaj podnevog sunca sredinom januara u Beogradu, dužina puta kroz atmosferu je dva puta veća nego pri vertikalnom ulasku zraka. Ipak, sunčeva snaga je tada u potpuno vedrom danu umanjena za samo oko 10 odsto. *Zimsko sunce, dakle, sija gotovo istom jačinom kao i letnje, samo je njegova putanja preko neba znatno kraća.*

Leti, po vedrom danu, kada je sunce u zenitu, na kvadratni metar horizontalne površine dospeva snaga približno jednaka 1 kW. Obično se ova okrugla vrednost uzima u opštim razmatranjima. Snaga od 1 kW/m^2 , razume se, znači da u toku jednog časa na površini od kvadratnog metra dospe energija od jednog kilovatčasa (1 kWh). To praktično znači da bi se, ako bismo svu ovu energiju upotrebili za zagrevanje 10 litara vode, u toku jednoga časa temperatura podigla za 86 K (recimo, od 10 do 96°C). Naime, 1 kWh ima 3,6 miliona džula, a za zagrevanje 1 kg vode za 1 K (ili 1°C) potrebno je 4186 J.

Komponente zračenja

Sa gledišta praktičnog korišćenja sunčeve energije, interesuje nas, međutim količina one energije koja dospeva na neku površinu u toku dana. Ta količina zavisi od geografske širine, godišnjeg doba, orientacije površine i meteoroloških uslova. Što se tiče prva tri faktora, koji su, u stvari, geometrijskog karaktera, postoje računski metodi njihovog tačnog određivanja. Kada ne bi bilo promenljivih meteoroloških uslova, unapred bismo tačno znali koliku ćemo energiju dobiti od sunca u nekom periodu na datom mestu. Stvarna energija je, pak, veoma zavisna od meteoroloških uslova, pa se pouzdani podaci mogu dobiti jedino dugogodišnjim merenjima.

U meteorološkim stanicama obično se meri sunčev zračenje koje pada na horizontalnu površinu, ređe na vertikalnu. U praksi se, međutim, solarni uređaji postavljaju pod raznim uglovima prema horizontalnoj ravni, pa je potrebno preračunati energiju za odgovarajući ugao nagiba. To je dosta složen račun koji zahteva specijalizovano znanje.

Treba naglasiti da na Zemljiniu površinu dospevaju dve komponente sunčevog zračenja, jedna, koja dolazi direktno od Sunca (direktno zračenje) i druga, koja nastaje rasejavanjem direktnog zračenja u atmosferi (difuzno zračenje). Ovo poslednje je uvek prisutno, čak i po vedrom danu dostiže nekoliko procenata. Zanimljivo je da u zimskom periodu (zbog veće oblačnosti) veći deo sunčeve energije prispeva na zemlju u obliku difuznog zračenja.

Neki uređaji, kao što su ravni prijemnici, koriste obe komponente zračenja, dok uređaji sa optičkim koncentratorima uglavnom koriste direktno zračenje.

Godišnji hod

Na sl. 2. prikazan je godišnji hod ukupnog i difuznog sunčevog zračenja za Beograd. Vidimo da u Beogradu u januaru na zemlju dospeva oko 4,3 puta manje energije nego u julu. To ukazuje na neusklađenost naših potreba za grejanjem sa onim što nam sunce daje i predstavlja jedan od najvećih problema u grejanju zgrada sunčevom energijom. Međutim, ako posmatramo energiju koja u januaru dospeva na vertikalnu površinu, taj odnos (prema energiji na horizontalnu ravan u julu) znatno je povoljniji i iznosi 1:2,3.

Za korisnike sunčeve energije važni su podaci i o srednjoj dnevnoj sumi energije po mesecima, kao i o prosečnim temperaturama za iste periode. Ti podaci za Beograd dati su na sl. 3.

Takođe je neophodno, kao što smo istakli, znati količinu energije koja dospeva na nagnutu površinu. U ovom slučaju, pored direktnog i difuznog zračenja, na površinu dospeva i sunčev zračenje koje se reflektuje od okoline (takozvani albedo). On može da poveća sumu ukupnog zračenja za oko 20—30 odsto, a u slučaju snežnog pokrivača čak i do 70 odsto.

U izračunavanju zračenja na nagnutu površinu uzimaju se u obzir sve tri komponente zračenja. Na sl. 4. dati su izračunati podaci za Beograd za razne nagibe u letnjem i zimskom periodu. Vidimo da za zimski period optimalni ugao iznosi 60° , ali nema bitne razlike ni ako se odstupi od ovog ugla naniže i do 20° , a naviše i do 30° (tj. između 40° i 90°). To je zbog velikog učešća difuznog zračenja i albeda u tom periodu.

Optimalni ugao

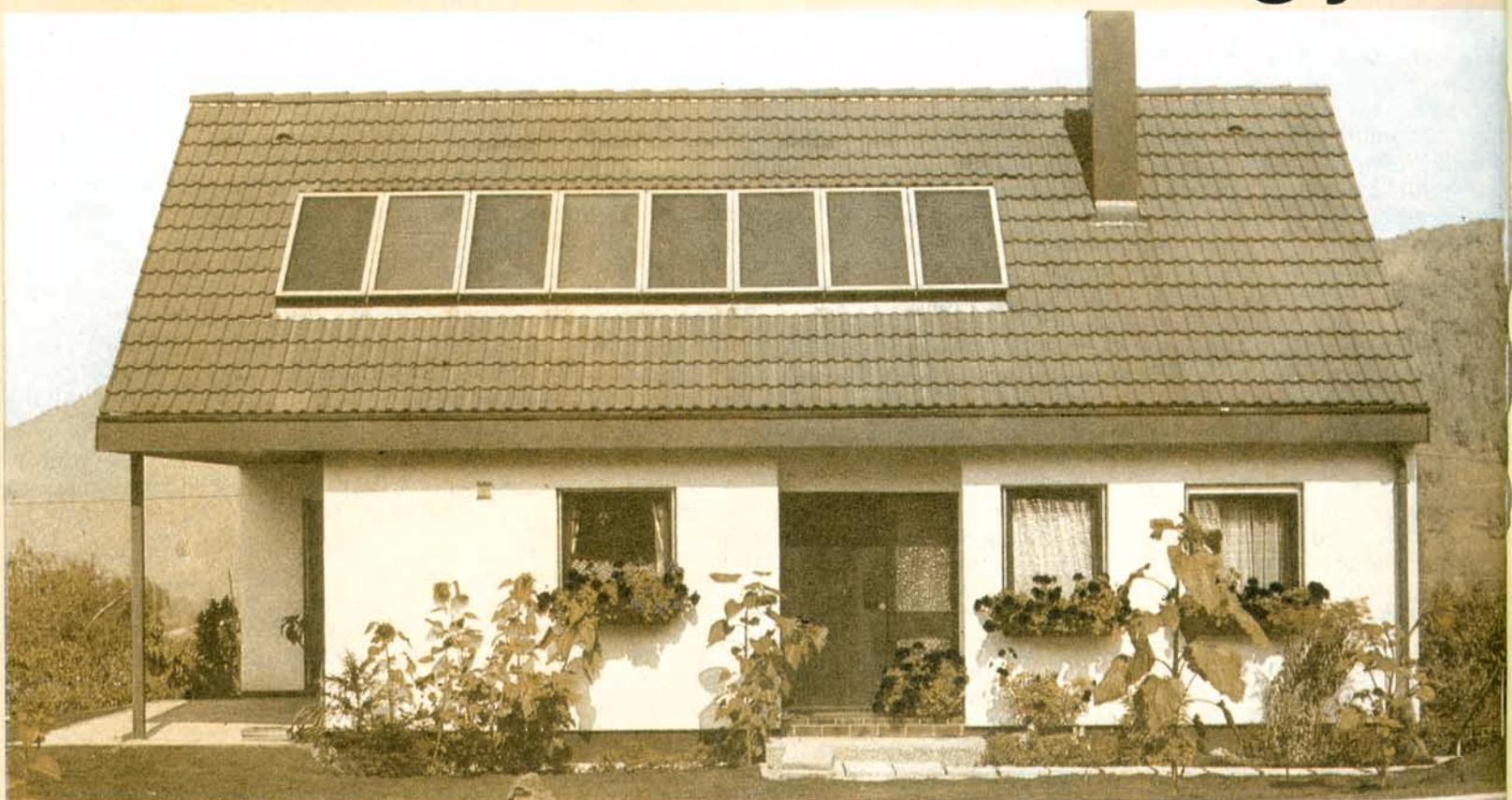
Ako smo zainteresovani za korišćenje energije tokom cele godine, a to je slučaj pri zagrevanju sanitarnе vode, onda optimalni ugao iznosi 45° . Uopšteno govoreći, optimalni ugao za celu godinu jednak je geografskoj širini, a za zimski period tom uglu dodajemo $10—15^\circ$.

Kod većine solarnih uređaja difuzno zračenje samo po sebi nije dovoljno da u zimskom periodu dovede do upotrebljivog porasta temperature. Stoga je za realnu ocenu učinka uređaja, na primer, prijemnika, potrebno znati i prosečan broj sunčanih časova.

Meteorološki podaci za sunčanost i količinu sunčeve energije za područje Jugoslavije veoma su oskudni i tek predstoji zadatak da se ti podaci prikupe za dovoljan broj mernih mesta. Iz iskustva se zna da postoje zнатне lokalne varijacije ovih veličina, čak i za rastojanja od nekoliko kilometara, po dosadašnja merenja za Jugoslaviju, izvođena u 18 stanica, ni izdaleka nisu dovoljna. Čak i oni podaci koji su mereni nisu obrađeni tako da mogu da posluže za solarne proračune, a nisu ni lako dostupni javnosti. Za sada se, na žalost, svaki projektant solarnih uređaja snalazi kako zna i ume. Uz to, isti posao obavlja više ljudi nezavisno jedan od drugog, umesto da se podaci kompetentno obrade i publikuju, kako bi svakome stajali na raspolaganju.

primena sunčeve energije

Prihvatljivo već danas: Solarni kolektori obezbeđuju toplu vodu i nešto toplotne za grejanje za porodičnu kuću



Najisplativije u hotelijerstvu: Solarni kolektori firme „Stiebel Elettron“ na krovu kupatila jednog kampa

sunce na sto načina

Sunčeva energija koja dospeva na površinu Zemlje predstavlja elektromagnetno zračenje, koje, pored vidljivog dela spektra, sadrži i ultraljubičaste i infracrvene radijacije. Ono se može pretvoriti u druge forme energije — toplotnu, hemijsku, mehaničku, električnu i dr. U savremenom društvu neophodna je energija u svim tim raznim vidovima, pa se u laboratorijama širom sveta ulažu veliki napor da se korišćenjem sunčeve energije postigne što potpunije podmirenje energetskih potreba. Front iskorišćavanja solarne energije je, tako, veoma širok. Za sada se najviše uspeha ima u njenom pretvaranju u toplotu, i to na temperaturama do oko 200°C. Stepen iskorišćavanja u toj primeni, uopšte uzev, može da dostigne i 70 odsto, a pri tome je moguće postići i ekonomski prihvatljivu cenu.

Električna energija

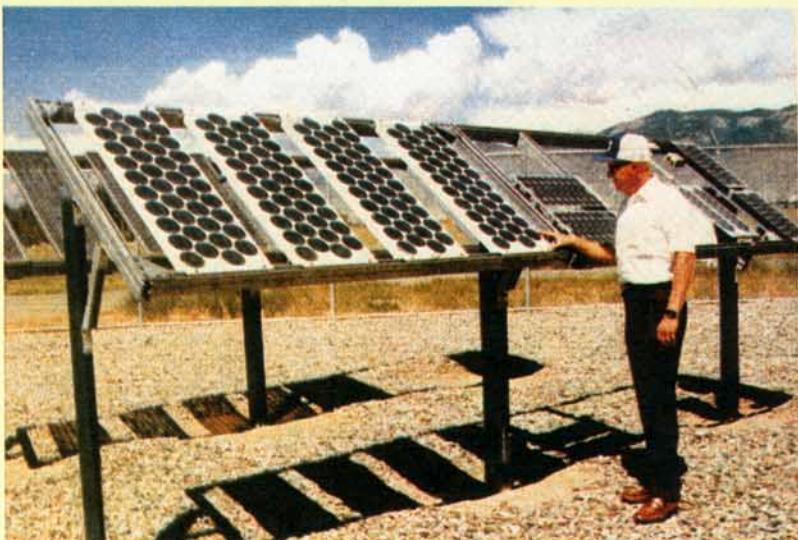
Pretvaranje sunčevog zračenja u električnu energiju je znatno teži problem. Stepen iskorišćenja je izrazito manji, kreće se između 10 i 20 odsto, ali glavni problem predstavlja postizanje dovoljno niske cene uređaja. Za sada je preskupo koristiti solarne električne generatore za snabdevanje kuća električnom energijom, sem kod usamljenih i udaljenih objekata. Ali, važnije od trenutne cene je njen trend, a on je veoma povoljan. Cene solarnih generatora, tzv. solarnih ćelija, stalno opadaju: računa se da će one, od sadašnjih 7 dolara po vatru vršne snage, do 1986. godine opasti na oko 1 dolar po vatru. Tada će biti otvoren put za njihovu široku upotrebu. Računa se da će prvi veći korisnici biti individualna domaćinstva.

Hemijska goriva

Najteži problem je pretvoriti sunčevu energiju u pogodna hemijska goriva, koja bi direktno zamenila naftu, ugalj ili gas. Naučni principi takve konverzije nisu, u stvari, dovoljno istraženi i još se ne raspolaže tehnologijom koja bi obezbedila dobar stepen iskorišćenja i dovoljno nisku cenu. Ovim pitanjima se, međutim, u svetu poklanja velika pažnja i na tom polju treba očekivati stalni progres. Pri tome nisu isključena ni iznenadna i epohalna otkrića, koja bi nas zauvek oslobođila energetskih briga.

Toplotna

Sa gledišta individualnog potrošača, najvažnije je podmirenje potreba za toplotnom energijom, koja se koristi za grejanje kuća i vode. Od ukupne energije od oko 20000 kWh, koliko godišnje troši jedno prosečno domaćinstvo, tri četvrtine otpada na podmirenje tih potreba, a ostatak ide na osvetlenje, električne aparate i dr. Sadašnji glavni izvori energije, iscrpivi i podložni nepredvidljivim skokovima cena, ne ulivaju spokojstvo, a perspektive nisu nimalo ohrabrujuće. Stoga je korišćenje sunčeve energije u ove svrhe došlo u prvi plan.

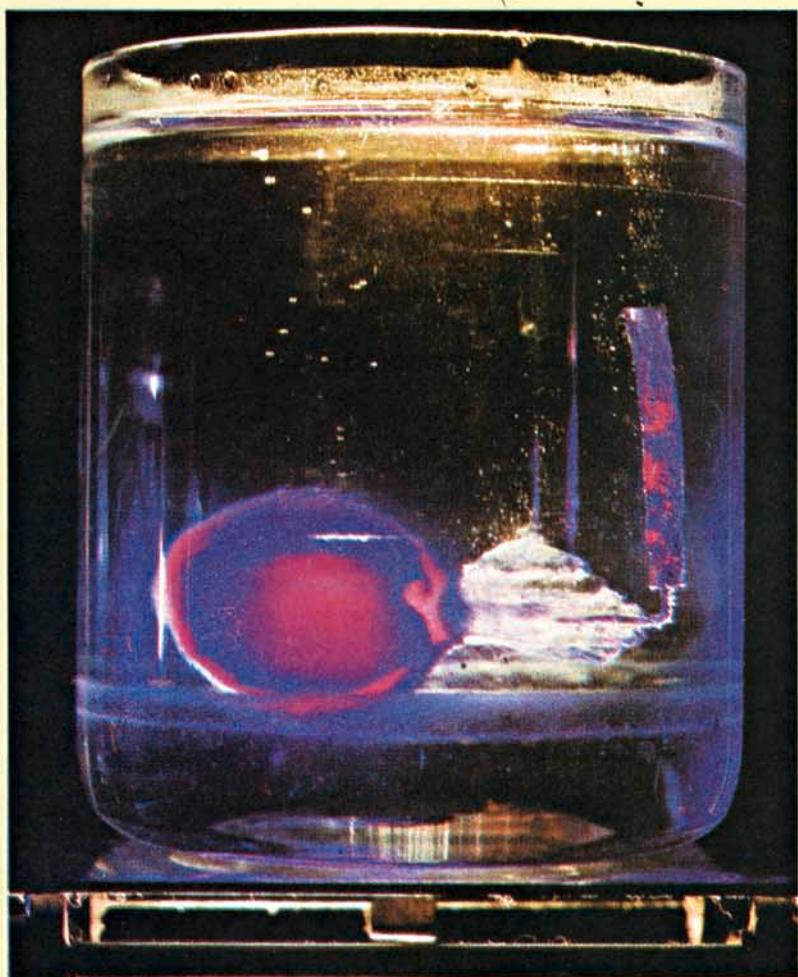


Mimo svih očekivanja: Razvoj solarnih ćelija, koje sunčevu svetlost direktno pretvaraju u elektricitet, napreduje tako munjevito da će one postati ekonomski prihvatljive već sredinom ove decenije (gore)

Solarna centrala sa koncentratorima: Panel sa solarnim ćelijama snage 2,2 kilovata koji je firma „Martin Marietta“ proizvela za Saudijsku Arabiju (dole)

Sunce na sto načina

10



Uštede

Smanjenje potrošnje konvencionalne energije za grejanje zgrada i sanitарne vode i njena zamena su od velikog značaja ne samo za pojedinca nego i sa šireg društvenog stanovišta. Pokazaćemo to konkretnim razmatranjem.

Procenjuje se da će u Jugoslaviji do kraja ovog stoteča biti izgrađeno oko dva miliona individualnih kuća i stanova. Pretpostavimo da se te kuće grade na dosadašnji način i da njihov vek upotrebe iznosi 100 godina. Prosečna kuća kod nas troši godišnje za grejanje oko 5 tona mrkog uglja (ili ekvivalent tome), što za period od 100 godina iznosi 500 tona. Ako bismo, pak, primenili naučna saznanja i ove kuće izgradili na novim, solarnim principima, mogli bismo da smanjimo tu potrošnju na jednu tonu uglja godišnje po kući. Tada bi ušteda po jednoj kući u toku 100 godina iznosila 400 tona. Po sadašnjim cenama to bi iznosilo oko 800000 dinara. Dva miliona kuća izgrađenih na ovaj način omogućilo bi, dakle, uštedu od 800 miliona tona uglja. A graditi solarne kuće je, zacelo, mnogo lakši i prihvatljiviji posao nego kopati ugalj. Sem toga, atmosfera nad našim nebom bi tokom sledećeg stoteča bila čistija za odgovarajuće količine produkata sagorevanja uglja.

Prema tome, kada bismo postavili ambiciozan zadatak da u kraćem roku ovladamo potrebnim znanjem i pređemo na gradnju kuća na novim, solarnim principima, to bi bilo jednako vredno kao kada bismo u 21. vek ušli sa iskopanom rezervom od 800 miliona tona uglja! Uglja — koji „sagoreva“ bez dima i pepela.

Elektricitet iz sunca: U Albukerku (SAD) „Sandia Lab“ privodi krajу gradnju solarne elektrane toplotne snage 5 MW; sunčevu energiju prikupljaju ogromna ogledala (heliostati) i usmeravaju je prema kotlu na vrhu tornja (gore)

Najtvrdi orah: Pokušaji sa direktnim pretvaranjem sunčeve energije u pogonska goriva još uvek su u samom povoju; na slici: fotoliza vode pomoću poluprovodničke elektrode (u obliku šljive)

Prijemnici sunčeve energije

solarni kolektori

Jednostavna primena: Voden kolač za toplu vodu i grejanje; A — aluminijumsko kućište; B — staklena pokrivka; C — apsorber; D — izolacija od staklene vune

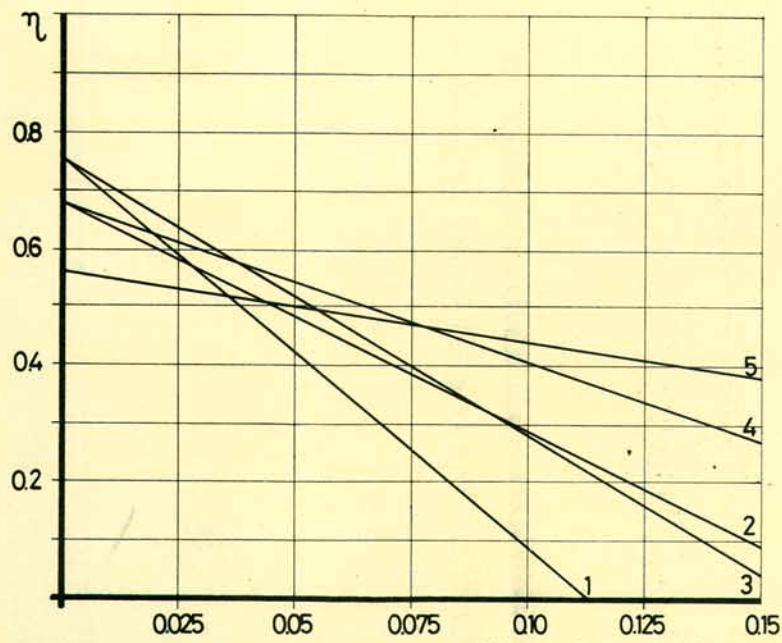
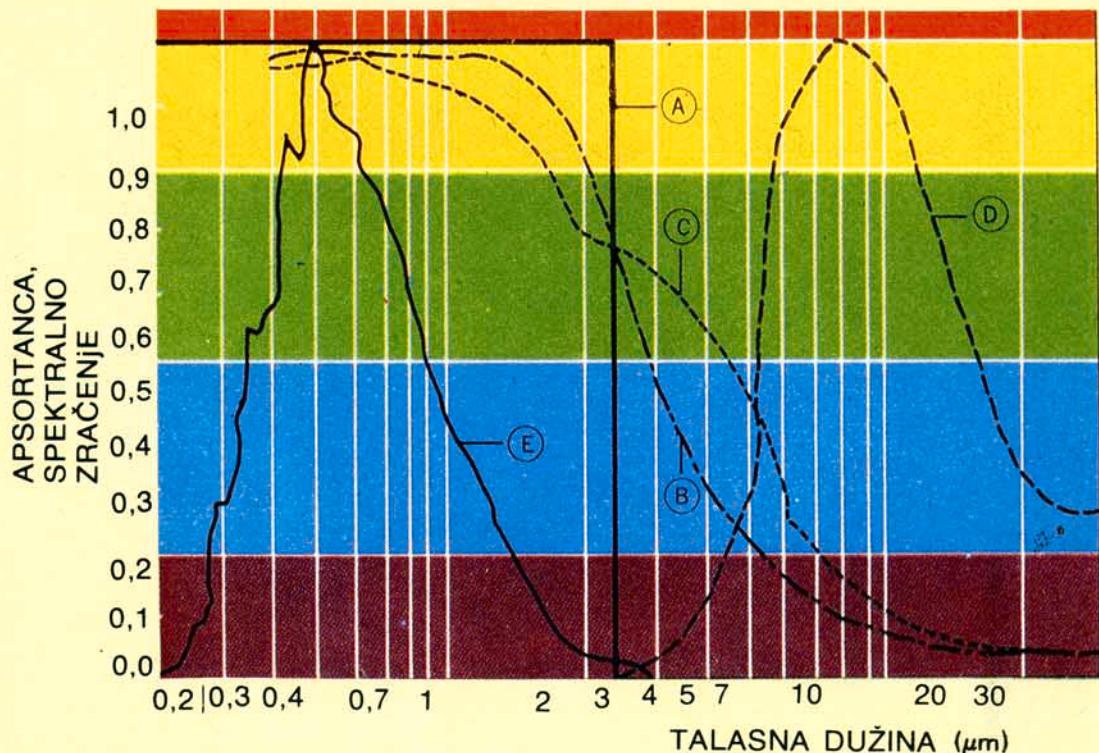


Sunčev zračenje se lako apsorbuje u raznim materijalima i pri tome se njegova energija najvećim delom pretvara u toplotu. Uredaj u kome se to ostvaruje naziva se prijemnik (kolektor) sunčeve energije. Prema konstrukciji i načinu rada, razlikujemo dve osnovne vrste prijemnika: ravne i fokusirajuće. Prvi postiže temperaturu do 100°C, a drugi, zahvaljujući koncentrisanju sunčevog zračenja pomoću optičkih sistema, čak do 3500 K. Međutim, ti prijemnici zahtevaju stalno usmeravanje prema suncu.

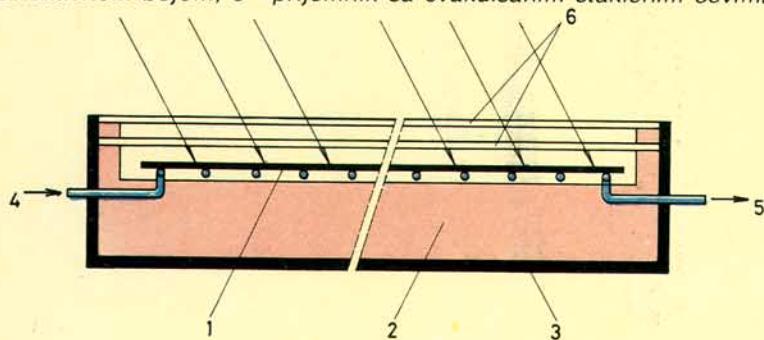
Za primenu u stambenim objektima, međutim, gotovo isključivo se koriste ravni prijemnici. Postoji više desetina raznih konstruktivnih rešenja ovog tipa prijemnika, ali sva ona počivaju na istim principima. Sunčev zračenje se u njima apsorbuje pomoću ravne ploče, obojene tamnom bojom. Osnovni delovi ravnih prijemnika prikazani su shematski na sl. 1.

Princip selektivne apsorbacije: A — spektralna apsorbtivnost idealne selektivne površine, B — spektralna apsorbtivnost crnog hroma, C — spektralna apsorbtivnost bakarnog oksida, D — spektrar zračenja crnog tela temperature 100°C, E — spektrar sunčeve svetlosti

solarni



Sl. 2 Karakteristike vodenih prijemnika: $T_1 = T_{\text{sa}} - T_{\text{običnog boja}}$ °C m^{-2}
stakлом i običnom bojom; 2 — sa dva stakla i običnom bojom;
3 — sa jednim staklom i selektivnom bojom; 4 — sa dva stakla i
selektivnom bojom; 5 — prijemnik sa evakuisanim staklenim cevima



Prijemne ploče

Glavni deo prijemnika je prijemna ploča (apsorber). To je crno telo koje upija veliki deo zračenja u oblasti sunčevog spektra. Apsorber je, u isto vreme, i izmenjivač topline, jer primljenu energiju predaje u obliku topline radnom fluidu, koji je odvodi do potrošača ili, najčešće, u toplotno skladište, za njenu kasniju upotrebu. Kao radni fluid upotrebljava se tečnost, najčešće voda, čista ili pomešana sa sredstvom protiv zamrzavanja (antifrizom), ili vazduh. U vezi sa ovim razlikujemo vodene i vazdušne prijemnike. Pojedini tipovi prijemnika razlikuju se među sobom najviše po konstrukciji apsorbera.

Apsorberi se prave od bakra, mesinga, gvožđa, aluminijuma, nekih plastika, a, takođe, i od raznih kombinacija ovih materijala. Apsorber treba da ima dobru toplotnu provodnost i da je u dobrom kontaktu sa fluidom, kako bi se primljena toplota efikasno prenела. On, takođe, mora da bude otporan na koroziju i mehaničko naprezanje, vremenski postojan, pogodan za automatizovanu proizvodnju i relativno jeftin. Na žalost, ni u jednom od tipova koji se sada nalaze u prodaji u svetu nisu u potpunosti zadovoljeni svi ovi zahtevi, i još se traga za najboljim rešenjem. Ipak, ima više apsorbera koji u praksi daju zadovoljavajuće rezultate.

Za razliku od apsorbera vodenih prijemnika, apsorber vazdušnih prijemnika ne predstavlja teži problem. To može da bude svaka ravna ili razuđena i profilisana površina iz bilo kog materijala otpornog na temperaturu do 160°C (do te temperature se apsorber može zagrejati kad se izloži suncu, a da se pri tome ne odvodi toplota). Obično se upotrebljavaju tanki rebrasti aluminijumski limovi raznih profila.

Sl. 1 — Shematski prikaz prijemnika sunčeve energije;
1 — apsorber, 2 — topotni izolator, 3 — kutija, 4 — dovod vode, 5 — odvod vode, 6 — prednji pokrivači

kolektori

Prednja površina apsorbera, na koju pada zračenje, pokriva se crnom bojom koja ima visok stepen apsorpcije sunčevog zračenja (iznad 90 odsto). Ova boja treba da ima i dobru višegodišnju postojanost i otpornost na temperature do 200°C. Ponekad se upotrebljava specijalna boja, ili, bolje, površina koja je sama vrlo slab emiter infracrvenog (topltnog) zračenja, iako je dobar apsorber sunčevog vidljivog spektra (tzv. selektivna površina). Prijemnik sa selektivnom površinom ima male topotne gubitke koji nastaju sopstvenim zračenjem, pa je njegov stepen iskorišćenja veći nego u običnih prijemnika. Ali, selektivne površine su skupe i još nisu dovoljno ispitane u pogledu postojanosti. Ipak, izgleda da su u poslednje vreme nađena prihvatljiva rešenja.

Prijemnik se sa zadnje i sa bočnih strana izoluje tako da topotni gubici na tim stranama budu bar deset puta manji nego kroz prednju, providnu stranu, na koju ulazi zračenje. Za izolaciju se najčešće koriste poliuretan, mineralna vuna, staklena vlakna i slično.

Prednji pokrivač

Posle apsorbera, najvažniji deo prijemnika predstavlja prednji pokrivač, koji treba da propusti najveći deo zračenja solarnog spektra i, u isto vreme, spreči neposredni dodir atmosferskog vazduha sa površinom apsorbera, kako bi se smanjili topotni gubici. Uz ove osnovne zadatke pokrivač treba da zaštitи prijemnik od atmosferskih padavina i vlage, te, prema tome, on mora da ima potrebnu mehaničku, topotnu i hemijsku otpornost. I, razume se, treba da bude jeftin. Ali, kao i u slučaju apsorbera, do sada još nije pronađen pokrivač koji ispunjava sve ove zahteve. Ipak, neki materijali se pokazuju prihvatljivim. To je, u prvom redu, staklo, a zatim neki specijalni plastični materijali (na primer, staklena vlakna pomešana s nekim vrstama polietilena).

Pri konstrukciji prijemnika treba odrediti broj pokrivača, njihove debljine, kao i potrebna rastojanja. Sve te veličine utiču na stepen iskorišćenja prijemnika. Broj pokrivača bira se u zavisnosti od uslova pod kojima prijemnik treba da radi, pri čemu je glavni parametar temperaturska razlika između apsorbera i okoline. Veći broj pokrivača smanjuje topotne gubitke i dozvoljava da prijemnik radi na visokoj temperaturi i u zimskim uslovima. Ali, u isto vreme, smanjuje se njihova ukupna propustljivost za upadno zračenje, a, sem toga, povećavaju se težina i cena prijemnika. Zato se nikad ne upotrebljavaju više od tri pokrivača, a najčešće se koriste jedan i dva.

Stepen iskorišćenja

Korisnika najviše interesuje koliko energije može da prikupi na datoj lokaciji sa određenim prijemnikom u određenoj nameni. To je, pre svega, vezano sa stepenom iskorišćenja prijemnika i sa lokalnim meteorološkim uslovima.

Stepen iskorišćenja prijemnika zavisi od njegove konstrukcije i kvaliteta, kao i od uslova i režima rada. On se definiše kao odnos sunčeve energije koju radni fluid odnosi potrošaču i energije koja pada na prijemnik. Posmatrajući sve u jedinici vremena, govorimo o snazi, pa je, na primer, u slučaju kad na prijemnik dospeva sunčeva

zračenje snage 800 W, a fluid odnosi snagu 560 W, stepen iskorišćenja $\eta = \frac{560}{800} = 0,70$ ili, množeći ovaj rezultat sa 100, kažemo da prijemnik ima stepen iskorišćenja od 70 odsto.

Ovo bi bio veoma visok stepen iskorišćenja i on bi mogao da se postigne sa najboljim prijemnicima u letnjim uslovima, kad je temperatura okoline visoka a radna temperatura prijemnika relativno niska. Ako bismo, pak, želeli da zagrevamo vodu iznad 60°C pri spoljašnjoj temperaturi ispod nule, teško da bismo mogli da postignemo ovako visok stepen iskorišćenja. I kod najboljih prijemnika on bi tada bio ispod 60 odsto.

Iz ovih razloga ne može se govoriti o stepenu iskorišćenja prijemnika kao o jednoj nepromenljivoj veličini, već se obično daje kriva stepena iskorišćenja u zavisnosti od razlike temperature prijemnika i okoline, ($T_p - T_o$) u stepenima K ili C. Pri tome se uzima u obzir i intenzitet sunčevog zračenja, H, koji se daje u vatima. Tako se η izražava u zavisnosti od veličine $(T_p - T_o)/H$. U mnogim zemljama propisi zahtevaju da proizvođač u okviru atesta o prijemniku priloži takvu krivu, a postoje i međunarodna saglasnost o postupku merenja i ispitivanja prijemnika za dobijanje podataka na osnovu kojih se ona crta. Na sl. 2 dati su stepeni iskorišćenja za neke tipove prijemnika.

Prijemnici u primeni

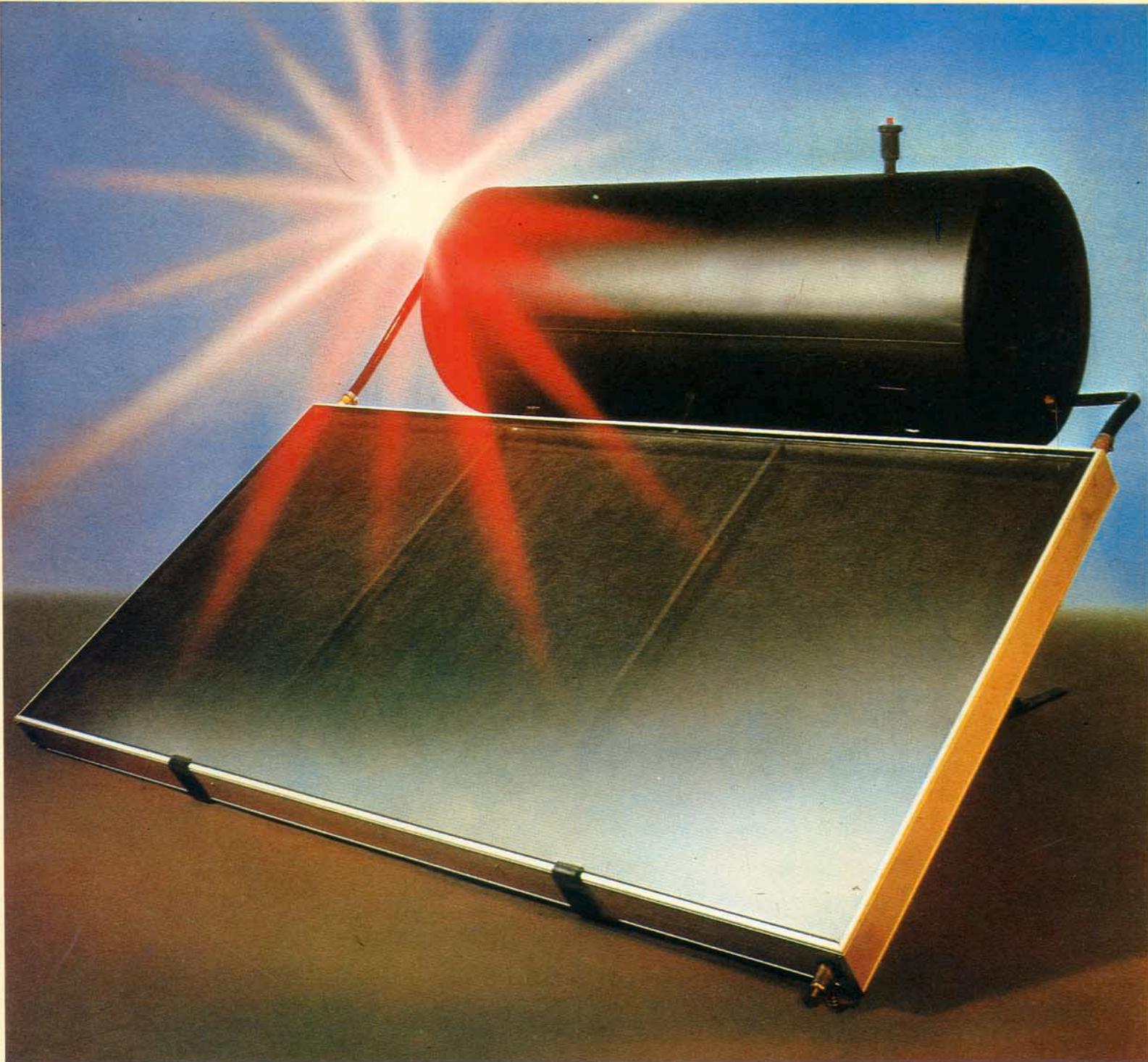
Korisniku koji nije stručnjak nije lako da na osnovu ove krive zaključi šta može da očekuje od prijemnika. To je, u stvari, posao specijaliste za solarnu energiju — solarnog inženjera, koji do potrebnih veličina dolazi pomažući se i kompjuterom. Ovde ćemo dati samo opštije napomene o vrednosti pojedinih prijemnika u raznim primenama.

Ako, na primer, želimo da samo leti zagrevamo vodu za svakodnevnu upotrebu (do 50°C), onda će gotovo svaki prijemnik sa jednim pokrivačem biti zadovoljavajući. Za zagrevanje plivačkih bazena u sezoni od maja do oktobra može se upotrebiti i plastični prijemnik bez pokrivača, jer se zahteva temperatura vode do 25°C. Stepen iskorišćenja u ovim slučajevima može da bude visok (oko 60 odsto). Za zimske uslove u kontinentalnom delu naše zemlje (npr. za $T_p = 60^\circ\text{C}$, $T_o = 0^\circ\text{C}$), neophodno je na prijemnicima imati dva pokrivača, jer se i tada dobija stepen iskorišćenja tek od oko 38 odsto (može se upotrebiti i prijemnik sa jednim pokrivačem, ali sa selektivnom površinom). U tim uslovima, međutim, znatno bolje rezultate bismo postigli sa dva stakla i selektivnom površinom ($\eta = 47$ odsto).

Kao opštu orientaciju u tome šta možemo da očekujemo od prijemnika za zagrevanje zgrada navešćemo da je na dosadašnjim praktičnim sistemima u svetu merenjima ustanovljeno da u zimskom periodu u zoni umereno kontinentalne klime u najboljem slučaju možemo da iskoristimo u proseku oko pola energije koja pada na prijemnik. Kod većine komercijalnih prijemnika taj deo je manji. Iskorišćenje jedne trećine može se smatrati uspehom.

topla voda za svaku kuću

Solarni bojler: Prenosni kolektor sa rezervoarom za toplu vodu zapremine 245 litara firme „Spencer Solarise“; zahvaljujući termosifonskom principu cirkulacije vode, sistem nema pokretnih delova, ali mu je efikasnost, po pravilu, nešto niža nego kod odgovarajućih sistema sa prinudnom cirkulacijom



Najmanje što čovek može učiniti da u svoj dom uvede sunčevu energiju jeste da se snabde uređajem za grejanje vode za svakodnevnu upotrebu. Takav solarni bojler radi preko cele godine. Dosadašnja iskustva pokazala su da se njegovo korišćenje i ekonomski brzo isplati, gotovo pod svim uslovima.

Optimalna veličina

Lako se može proceniti koja je optimalna veličina solarnog bojlera za jedno domaćinstvo. Polazimo od podatka da se oni relativno visokom životnom standardu po članu domaćinstva dnevno troši

od 50 do 100 litara vode zagrejane do 60°C. Prepostavimo da imamo domaćinstvo od 4 člana sa potrebama na nižoj skali standarda, tj. sa dnevnom potrošnjom od 200 litara vode zagrejane na 60°C. Neophodna energija da se voda iz vodovoda (temperatura 15°C) zagreje za dnevne potrebe ovog domaćinstva iznosi:

$$200 \cdot 45K \cdot 4186 \text{ J/kgK} = 37674000 \text{ J} = 10,465 \text{ kWh.}$$

Pošto solarni grejač radi preko cele godine, njegovu veličinu biramo tako da on u toku leta (tj. od aprila do oktobra) podmiruje, u proseku, 90 odsto potreba u energiji.