

Универзитет у Београду

Милан Д. Гојак
Неџад Р. Рудоња

СОЛАРНИ ТЕРМИЧКИ СИСТЕМИ

Машински факултет
Београд, 2020.

СОЛАРНИ ТЕРМИЧКИ СИСТЕМИ

Милан Д. Гојак
Неџад Р. Рудоња

Београд, 2020.

Милан Д. Гојак, Неџад Р. Рудоња

СОЛАРНИ ТЕРМИЧКИ СИСТЕМИ

I издање

Рецензенти:

Проф. др Ђорђе Козић

Проф. др Франц Коси

Издавач:

Машински факултет

Универзитета у Београду

Краљице Марије 16, 11120 Београд

тел. (+381-11) 3370-760, факс (+381-11) 3370-364

За издавача:

Декан, др Радивоје Митровић, ред. проф.

Уредник:

Др Милан Лечић, ред. проф.

Председник комисије за издавачку делатност

Машинског факултета у Београду

Одобрено за штампу:

Одлуком Декана Машинског факултета бр. 08/2020 од 09.06.2020.

Штампа и повез:

”Planeta Print”, Рузвелтова бр. 10, 11120 Београд

Тираж:

200 примерака

Београд, 2020. године

ISBN 978-86-6060-041-9

© Забрањено прештампавање и фотокопирање. Сва права задржава издавач и аутори.

Предговор

Питања коришћења енергије и заштите животне средине постала су нарочито актуелна последњих деценија 20. века. Одрживи развој и промишљање будућности човечанстава у жижи су интересовања и у првим деценијама 21. stoleћа. Сунчево, соларно, зрачење, осим тога што је услов одржања живота, и што је примарни извор свих других облика енергије на Земљи, неисцрпни је извор енергије, чијим непосредним коришћењем се не ремети равнотежа токова материје и енергије у природи.

Из потребе укључивања наше земље у савремене токове у области коришћења енергије из обновљивих извора, од пре неколико година на Машинском факултету у Београду изучавају се нови наставни предмети, Основе соларних система (на трећој години Основних академских студија) и Соларна енергија (на другој години Мастер академских студија). Идеја аутора била је да овом књигом попуне релативну празнину када је реч о литератури на српском језику из области коришћења соларне енергије. Књига је првенствено намењена студентима Машинског факултета, као уџбеник, али намењена је и студентима других техничких факултета, као и стручњацима у пракси, и свима онима који се баве или које интересује област коришћења соларне енергије.

Намера аутора била је да се у овој књизи прикаже систематичан увид у проблематику коришћења соларне термичке енергије. У уводним поглављима разматране су карактеристике, потенцијал и расположива енергија

ја соларног зрачења. Затим су приказане основе преношења топлоте у елементима соларних система, на нивоу неопходном за разумевање функционисања елемената соларних термичких система. Приказане су физичке основе функционисања, термодинамички модели и конструкција основних елемената система: соларних колектора, акумулатора енергије, размењивача топлоте и др. Разматране су особености, карактеристике, димензионисање и моделирање соларних термичких система различитих намена. Текст књиге праћен је бројним илустрацијама, дијаграмима, табелама, фотографијама, а све са намером да се да бољи увид и олакша разумевање проблематике изложене у књизи.

Аутори ће бити захвални сваком читаоцу на сугестијама за побољшање и унапређење садржаја књиге.

У Београду, мај 2020.

Аутори

Садржај

Увод	1
1 СУНЦЕ КАО ИЗВОР ЕНЕРГИЈЕ	5
1.1 Сунце	5
1.2 Екстратерестријско зрачење, соларна константа	7
1.3 Геометријски односи Земље и Сунца	8
1.4 Привидно кретање Сунца	11
1.4.1 Положај Сунца на небу	11
1.4.2 Дијаграми путање Сунца	17
1.4.3 Време изласка и заласка Сунца и дужина обданице	20
1.5 Соларно зрачење на нагнуту површ – геометрија	21
1.6 Екстратерестријско зрачење на хоризонталну површ	22
2 СОЛАРНО ЗРАЧЕЊЕ ПРИ ПОВРШИ ЗЕМЉЕ	25
2.1 Слабљење зрачења кроз атмосферу	25
2.2 Меродавни подаци о соларном зрачењу	29
2.3 Мерење соларног зрачења	32
2.3.1 Укупно (глобално) зрачење	32
2.3.2 Директно зрачење	33
2.3.3 Дифузно зрачење	34
2.3.4 Рефлектовано зрачење	34
2.3.5 Трајање сијања сунца	36
2.4 Соларно зрачење на нагнуту површ	37
2.5 Утицај оријентације пријемне површи	40
3 ОСНОВЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У СОЛАРНИМ СИСТЕ- МИМА	43
3.1 Преношење топлоте зрачењем	43
3.1.1 Закони зрачења црног тела	45
3.1.2 Радијационе карактеристике материјала	52

3.1.3 Преношење енергије зрачењем између сивих површи . . .	65
3.2 Провођење топлоте – кондукција	69
3.3 Прелажење топлоте – конвекција	75
3.4 Комбиновано преношење топлоте	80
4 СОЛАРНИ ТЕРМИЧКИ КОЛЕКТОРИ	85
4.1 Равни соларни колектори	86
4.1.1 Конструкција и принцип рада	86
4.1.2 Термичка анализа равних соларних колектора	93
4.1.3 Корисна енергија, степен корисности колектора	101
4.1.4 Температура стагнације	108
4.2 Равни соларни колектори за загревање ваздуха	109
4.3 Соларни колектори са вакуумским цевима	110
4.3.1 Колектори са цевима директно спојеним на соларни круг	113
4.3.2 Колектори са топлотним цевима	114
4.4 Колектори са концентрацијом соларног зрачења	117
4.4.1 Параболични линеарни колектори	122
4.4.2 Линеарни Фреснелови рефлектори	125
4.4.3 Тањирасти колектори	127
4.4.4 Соларни торњеви (централни пријемници)	128
5 СОЛАРНИ СИСТЕМИ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ ВОДЕ	131
5.1 Активни соларни системи	134
5.1.1 Директни системи	134
5.1.2 Индиректни системи	135
5.2 Пасивни соларни системи	138
5.2.1 Термосифонски системи	138
5.2.2 Колектори са интегрисаном акумулацијом	139
5.3 Акумулатори термичке енергије	140
5.3.1 Акумулација енергије водом	143
5.3.2 Акумулација енергије чврстим материјалом	149
5.4 Размењивачи топлоте	151

5.5	Елементи система за преношење енергије	156
5.6	Остали елементи система	162
5.7	Повезивање соларних колектора	165
5.8	Управљање радом соларног система	168
5.9	Захтеви за топлом водом	172
5.10	Термички модел система	175
6	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ СОЛАРНИХ ГРЕЈ- НИХ СИСТЕМА	183
6.1	Проблематика димензионисања активних соларних система	183
6.2	Метода <i>f-chart</i>	188
6.3	Симулације рада соларних система	198
7	СОЛАРНЕ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ	207
7.1	Системи са параболичним колекторима	210
7.2	Системи са линеарним Фреснеловим рефлекторима	213
7.3	Системи са соларним торњем	215
7.4	Системи са тањирастим колекторима	218
7.5	Соларни узгонски торањ	220
	Литература	224

Увод

Енергија се сматра главним чиниоцем економског развоја и добробити људског друштва. Значај енергије у економском развоју опште је познат, а историјски подаци потврђују да постоји строга веза између доступности енергије и економске активности. Квалитет живота, па чак и његово одржавање, зависе од доступности енергије. Због тога је важно добро разумевање различитих аспеката коришћења енергије, претварања енергије из једног облика у други, као и последица тих процеса. Енергија се испољава у различитим облицима, као што су механичка, термичка, хемијска, електрична, нуклеарна и др. При коришћењу енергије, у енергијским процесима, она се може трансформисати из једног облика у други. Трансформација енергије из једног облика у други често утиче на животну средину на више начина (слика 1), а самим тим и проучавање енергије и њеног коришћења није комплетно без узимања у обзир утицаја на животну средину. Фосилна горива попут угља, нафте и природног гаса покрећу индустријски развој и доприносе погодностима модерног живота, али то није прошло без нежељених нуспојава. Штетне материје емитоване током сагоревања фосилних горива одговорне су за загађивање земљишта које обрађујемо, воде коју пијемо, ваздуха који удишемо. Смог у градовима, киселе кише, климатске промене, последице су недовољно промишљеног коришћења енергије у досадашњем развоју човечанства. Осим тога, резерве фосилних горива су ограничене.



Слика 1 Трансформација енергије – термоелектрана [1]

Поред унапређења ефикасности процеса трансформација и коришћења енергије, и унапређења технологија за заштиту животне средине, неопходно је све више користити „чисту“ енергију из обновљивих извора енергије.

Карактеристика обновљивих извора енергије је да се током коришћења залихе енергије не смањују, обнављају се, енергије има у огромним количинама и, што је веома важно, коришћење такве енергије не загађује животну средину. Енергија пореклом од Сунца, **соларна** (сунчева) **енергија**, је енергија коју примећујемо у виду светла и топлоте којим нас Сунце свакодневно обасипа. Сем непосредног зрачења које греје Земљину површ и утиче на климатске услове, ово зрачење одговорно је и за стално обнављање енергије ветра, морских струја, таласа, водних токова и температурног градијента у земљишту и океанима. У основи, сви облици енергије на Земљи по пореклу су оригинално соларни. Нафта, угљ, природни гас, биомаса, изворно су настали фотосинтезом, а онда су током дугог временског периода, сложеним хемијским и геолошким процесима, заробљени испод површи Земље. Соларна енергија у ужем смислу подра-

зумева енергију која се преноси соларним зрачењем. Енергија соларног зрачења практично је неограничени обновљиви извор енергије и њеним коришћењем не ремети се равнотежа токова материје и енергије у природи.

Соларну енергију могуће је трансформисати у термичку енергију, која се затим може користити за грејање воде, станова, за сушење, за индустријске процесе, па и за хлађење. Применом соларних система са концентрацијом зрачења, у соларним термоелектранама, могуће је генерисати електричну енергију. Применом соларних фотонапонских система, соларну енергију могуће је и директно трансформисати у електричну енергију.

Главне предности коришћења соларне енергије су:

- за људске појмове то је практично неисцрпан извор енергије,
- за њено коришћење нису потребна геолошка истраживања и транспорт,
- не загађује животну средину,
- када се инсталација за њено коришћење изгради, коришћење енергије практично је бесплатно,
- системи за њено коришћење најчешће су релативно једноставни,
- генерисање корисне енергије могуће је на месту коришћења, итд.

Главне мане коришћења соларне енергије су:

- није на располагању у континуитету,
- мала снага по јединици површине,
- осцилација снаге соларног зрачења, како у току дана, тако и у току године.

1 СУНЦЕ КАО ИЗВОР ЕНЕРГИЈЕ

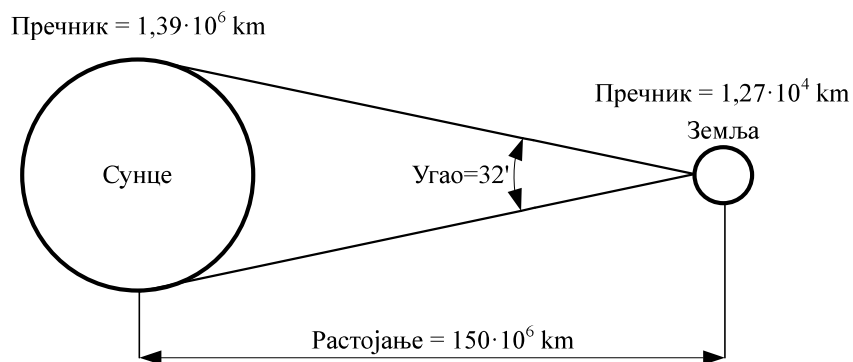
Сунце је средишња звезда нашег планетарног система, која поседује 99,87% [2] масе тог система, око које круже планете и њихови сателити. Земља је једна од планета Сунчевог система, која се креће око Сунца по елиптичној путањи са врло малим ексцентрицитетом, тако да се удаљеност Земље и Сунца мења врло мало током године.

Структура и карактеристике Сунца, као и процеси на њему, одређују природу енергије коју Сунце зрачи у простор. Зато ће у овом поглављу прво бити разматране карактеристике те енергије изван Земљине атмосфере. Затим ће бити разматрани геометријски односи Земље и Сунца, дефинисање положаја и привидног кретања Сунца по небеској сфери, а онда и карактеристике соларног зрачења на горњој граници Земљине атмосфере.

1.1 Сунце

Сунце је велика ужарена гасовита лопта, пречника $1,39 \cdot 10^6$ km, на средњој удаљености од Земље од око $150 \cdot 10^6$ km. Соларном зрачењу, које се простире брзином од око 300000 km/s, потребно је око 8 минута и 20 секунди да стигне до наше планете. Посматрано са површи Земље, Сунчев

диск формира угао од око $32'$ (слика 1.1). Сунце се већим делом састоји од водоника ($\approx 73\%$) и хелијума ($\approx 25\%$), као и мале количине осталих хемијских елемената (O_2 , C, Fe, S, N, Mg, Si...). У средишту Сунца (језгру) у термонуклеарним реакцијама (нуклеарна фузија) од водоника се формира хелијум. Такве термонуклеарне реакције су егзотермне, при чему се, на рачун дефекта масе (смањење масе на рачун енергије која се емитује), ослобађа огромна количина енергија. Услед оваквих реакција температура у језгру Сунца премашује $15 \cdot 10^6$ K, а притисак достиже вредности око 10^{16} Pa. Због екстремно високих температура које се јављају у слојевима Сунца, материја се налази у стању плазме. Последица тога је да Сунце не ротира као чврсто тело. Сунце има такозвану диференцијалну ротацију, тј. ротира слојевито, односно период ротације није исти на хелиографском екватору, износи 25 дана, и половима, где износи 29 дана.



Слика 1.1 Шематски приказ геометријског односа Сунце – Земља [3]

Површ Сунца има ефективну температуру црног тела око 5777 K [4], што значи да зрачење Сунца одговара зрачењу црног тела наведене температуре. Снага зрачења износи око $63 \text{ MW}/(\text{m}^2)$ Сунчеве површине). Ова енергија емитује се у свим правцима. На Земљу доспева врло мали њен део, али та енергија која доспева у току 84 минута била би довољна да задовољи светске потребе за енергијом за једну годину [3].

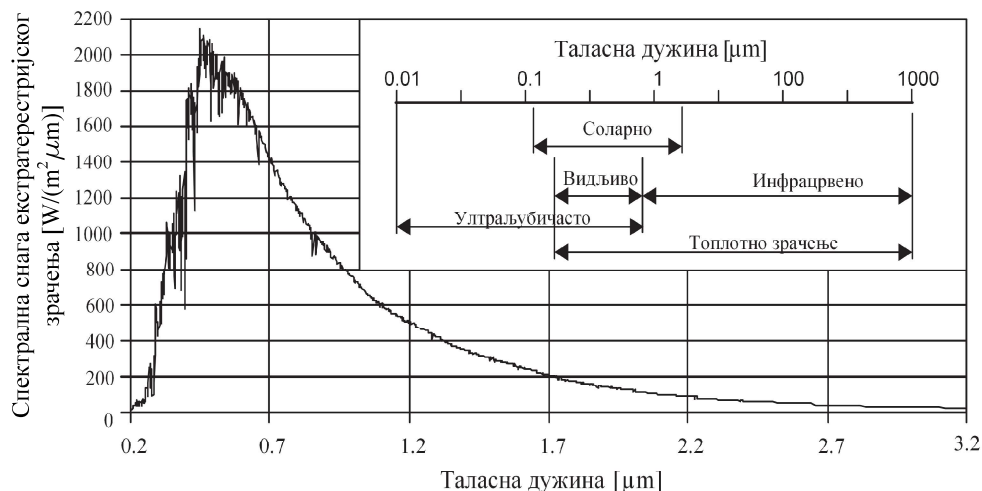
1.2 Екстратерестријско зрачење, соларна константа

Соларно зрачење на улазу у Земљину атмосферу назива се **екстратерестријским зрачењем**. Вредност дозрачене енергије у јединици времена, снаге, која доспева на 1 m^2 површине на спољашњој граници атмосфере, управне на сунчеве зраке, при средњој удаљености Земље од Сунца, назива се **соларном константом**. Светска метеоролошка организација (WMO) је за соларну константу усвојила вредност од $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$.

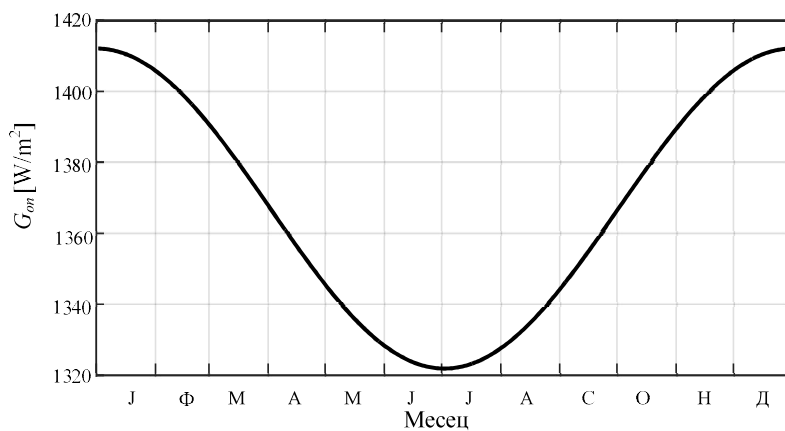
Осим укупне снаге зрачења у целом соларном спектру, тј. соларне константе, корисно је познавати и спектралну расподелу екстратерестријског зрачења. Расподела спектралне снаге екстратерестријског зрачења, соларне спектралне ирадијансе, при средњем растојању Земље и Сунца, као и област соларног зрачења у целом електромагнетном спектру зрачења, приказани су на слици 1.2. Спектрална снага екстратерестријског зрачења ($G_{sc,\lambda}[\text{W}/(\text{m}^2\mu\text{m})]$) представља снагу зрачења на 1 m^2 површине управне на сунчеве зраке, по јединичном интервалу таласне дужине зрачења, од једног μm , и при средњој удаљености Земље од Сунца. Соларно зрачење изван атмосфере обухвата део ултраљубичастог зрачења, видљиву област и део инфрацрвеног зрачења. Екстратерестријско зрачење мења се услед променљивости растојања Земље и Сунца, као и услед променљиве активности Сунца. Зависност екстратерестријског зрачења, на раван управну на зрачење ($G_{on}[\text{W}/\text{m}^2]$), од редног броја дана у години (n), са довољном тачношћу дата је изразом [4]

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (1.1)$$

Облик те промене је приказан на слици 1.3.



Слика 1.2 Спектрална снага екстратерестријског зрачења и област соларног зрачења у електромагнетном спектру [3]

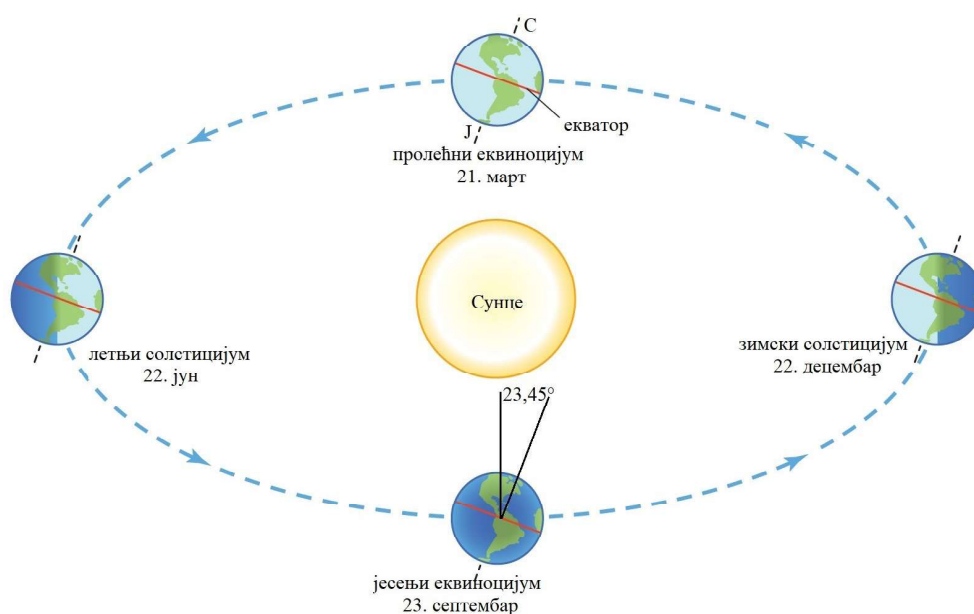


Слика 1.3 Промена екстратерестријског соларног зрачења током године

1.3 Геометријски односи Земље и Сунца

Познавање привидне путање Сунца по небеској сфери, правилна оријентација соларних колектора у односу на стране света и постављање колектора у односу на околне објекте, неопходни су за одређивање потенцијала коришћења соларне енергије на датој локацији.

Земља се у Сунчевом систему креће двојако, истовремено врши револуцију (кретање око Сунца) и ротацију (кретање око сопствене осе). Земља се креће око Сунца по елиптичној путањи, еклиптици, са малим ексцентрицитетом ($e = 0,0167$) тако да се растојање Земље и Сунца мења релативно мало током године. Угао између земљине екваторијалне равни и равни еклиптике износи $23,45^\circ$, односно, Земљина оса ротације са равни еклиптике затвара угао од $66,55^\circ$ (слика 1.4).



Слика 1.4 Кретање Земље око Сунца [5]

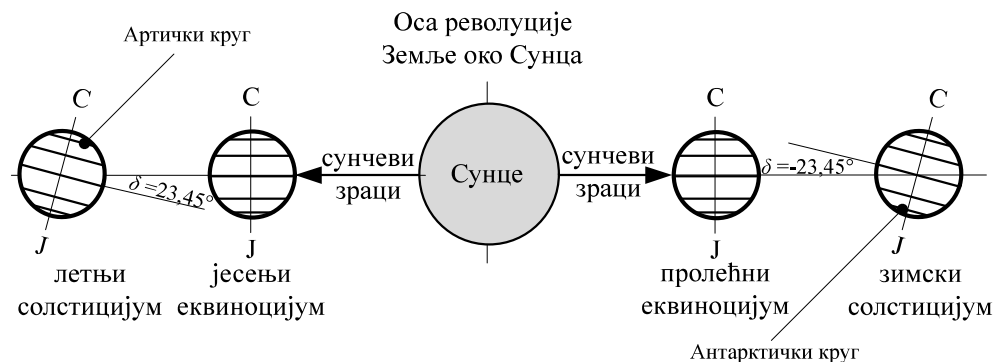
Због тог нагиба Земљине осе, северна Земљина полулопта током лета нагнута је према Сунцу, а током зиме од Сунца, тако да постоји различита изложеност соларном зрачењу. Последице кретања Земље око Сунца (револуција) и око своје осе (ротација) и нагнутости осе обртања Земље су:

- променљиве дужине обданице и ноћи у току године,
- постојање топлотних (климатских) појасева,
- смена годишњих доба,
- неједнаке дужине годишњих доба.

На полулопти која је више осветљена обданица је дужа, а ноћ краћа, док је на супротној полулопти обданица краћа, а ноћ дужа. Када би Земљина оса ротације била под правим углом у односу на раван еклиптике, обданица и ноћ увек би трајали по 12 часова. Линија која дели осветљени део Земље од њеног неосветљеног дела увек би пролазила кроз полове.

Упоредници (паралеле) су замишљене кружнице које повезују тачке на површи Земље које имају исту географску ширину. Највећи упоредник је екватор. За време летњег солстицијума, летње дугодневице, 21. или 22. јуна, Сунце на свом привидном небеском путу досегне северни, а за време зимског солстицијума, зимске краткодневице, 21. или 22. децембра, јужни повратник (слика 1.5). На северном повратнику Сунце је у зениту 21. или 22. јуна у подне, а на јужном 21. или 22. децембра у подне. Повратници се налазе на $23,45^\circ$ северне и јужне географске ширине, а простор између њих је познат као тропско подручје. Упоредници који су од екватора удаљени према северу и југу за $66,5^\circ$ представљају северни (Арктички) и јужни (Антарктички) поларни круг.

Меридијан (подневак) је лук који спаја Северни и Јужни пол, простирући се у правцу север-југ. Меридијани су сви једнаки, а договором је као нулти изабран меридијан који пролази кроз Гринич (има географску дужину 0°). Остали меридијани имају источну или западну географску дужину. Меридијан насупрот гриничком (180°) је датумска граница.



Слика 1.5 Карактеристични положаји Земља – Сунце [3]

2 СОЛАРНО ЗРАЧЕЊЕ ПРИ ПОВРШИ ЗЕМЉЕ

2.1 Слабљење зрачења кроз атмосферу

При пролажењу кроз атмосферу соларно зрачење слаби, па на површ Земље доспева мање енергије и нешто другачији спектар зрачења него на спољашњој граници атмосфере. Соларно зрачење које доспева до површи Земље променљиво је услед променљивости екстратерестријског зрачења на датој локацији, као и додатних појава у атмосфери – атмосферског рефлектовања, распршивања и апсорпције зрачења.

Рефлектовање и распршивање зрачења последица је интеракције зрачења са молекулама гасова и водене паре, честицама аеросола, као и прашине и дима у ваздуху. Степен рефлектовања и распршивања зрачења зависи од дужине пута соларних зрака кроз атмосферу и релативне величине честица у односу на таласне дужине зрачења. Апсорпција соларног зрачења врши се гасовима и воденом паром, при чему несиметрични молекули гасова (троатомни и вишеатомни молекули, O_3 , H_2O , CO_2) имају већу способност апсорпције од симетричних (двоатомних и вишеатомних молекула, O_2 , N_2). Атмосферски гасови апсорбују зрачење у ограниченом подручју спектра па се оваква апсорпција назива селективном апсорпцијом.

3 ОСНОВЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У СОЛАРНИМ СИСТЕМИМА

Трансформација (претварање) енергије соларног зрачења у термичку енергију и њено даље преношење до крајњег корисника укључује све основне начине преношења топлоте: зрачење, кондукцију и конвекцију, као и њихове комбинације. Ово поглавље има за циљ да прикаже основе преношења топлоте у мери неопходној за разумевање принципа функционисања термичких соларних система. Преношење топлоте зрачењем дато је нешто детаљније, док је преношење топлоте кондукцијом и конвекцијом приказано у мањем обиму, подразумевајући да читалац већ има одговарајуће предзнање из ове области. На крају поглавља дати су изрази за пролажење топлоте кроз раван и цилиндричан зид.

3.1 Преношење топлоте зрачењем

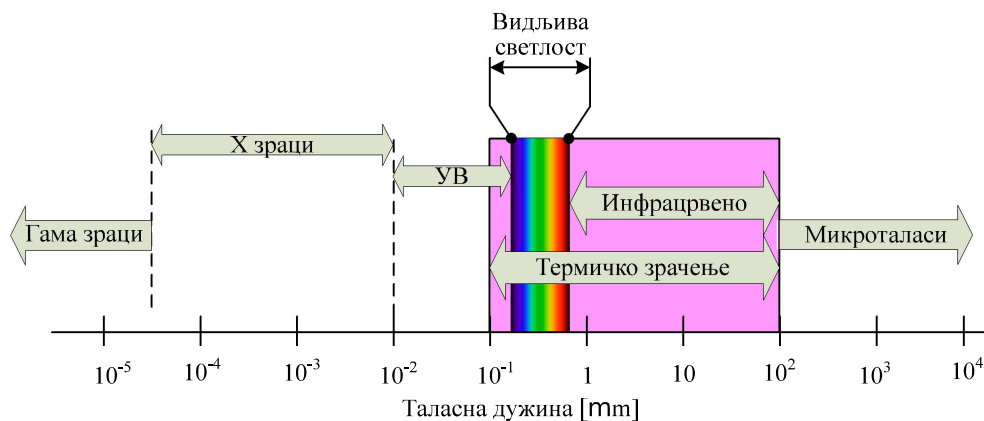
Зрачењем енергија се емитује у форми електромагнетних таласа (или фотона), као резултат промена у електронској конфигурацији атома или молекула, и кроз простор преноси брзином светлости. За разлику од преношења топлоте кондукцијом и конвекцијом, при преношењу енергије зра-

чењем није неопходно присуство материје кроз коју се енергија преноси (могуће је преношење и кроз вакуум). Осим тога, зрачењем енергија се може преносити и кроз средине са вишом, једнаком или нижом, температуром него што су температуре тела између којих се енергија преноси (нпр. зрачење Сунца на Земљу кроз хладан простор).

Електромагнетно зрачење може бити различитих таласних дужина (λ) и фреквенција (ν), при чему важи

$$c = \lambda \nu \quad (3.1)$$

где је c – брзина светлости. Електромагнетни спектар зрачења обухвата различита подручја таласних дужина, почевши од гама зрака па све до микроталаса (слика 3.1). Тип електромагнетног зрачења које је релевантно за преношење топлоте је термичко зрачење. Било која материја температуре изнад апсолутне нуле емитује термичко зрачење. Тако, све око нас што нас окружује (намештај, зидови, земљиште,...) емитује и апсорбује термичко зрачење. Термичко зрачење обухвата део електромагнетног спектра таласних дужина између 0,1 и 100 μm и укључује део ултраљубичастог (УВ) зрачења, цело видљиво и цело инфрацрвено (ИЦ) зрачење (слика 3.1).



Слика 3.1 Спектар електромагнетног зрачења

4 СОЛАРНИ ТЕРМИЧКИ КОЛЕКТОРИ

Главна компонента било ког соларног система је соларни колектор. Соларни термички колектори су посебна врста размењивача топлоте који имају задатак да енергију сунчевог зрачења трансформишу у топлоту, односно термичку енергију радног флуида који струји кроз колектор.

Соларне колекторе могуће је класификовати на различите начине. У основи постоје два типа соларних термичких колектора: без концентрације зрачења (стационарни) и са концентрацијом зрачења (са праћењем положаја Сунца). Колектори без концентрације зрачења имају исту површ на коју доспева и која апсорбује соларно зрачење, док колектори са концентрацијом зрачења, уобичајено, имају конкавну рефлектујућу површ на коју доспева и која онда фокусира директно соларно зрачење на мању пријемну површину. Соларне колекторе могуће је разликовати и према другим критеријумима: према области радних температура (ниско, средње и високо-температурни); према врсти преносног флуида (вода, не-смрзавајућа течност, ваздух, уље, растопљена со); са прекривком или без прекривке; према праћењу положаја Сунца (једно и дво-осни) итд. У табели 4.1 и на слици 4.1 приказана је могућа класификација соларних термичких колектора.

5 СОЛАРНИ СИСТЕМИ ЗА ЗАГРЕВАЊЕ ВОДЕ

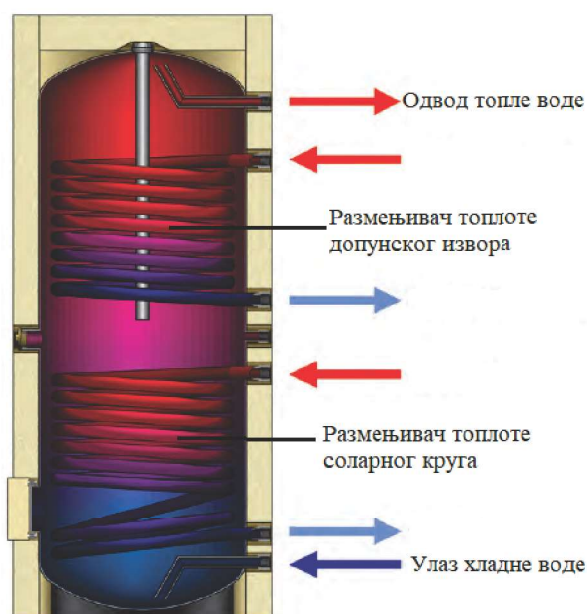
Најпопуларнија примена соларне термичке енергије је загревање воде. Та популарност заснована је на чињеници да су соларни системи те намене релативно једноставни, ефикасни и одрживи. Ова врста система спада у нискотемпературне примене соларне енергије. Најчешће се примењују за загревање потрошне топле воде у стамбеним и комерцијалним објектима и за загревање базена.

Соларни систем за загревање воде састављени су од соларних колектора, система за преношење и акумулацију енергије и опреме за управљање радом система. У основне елементе соларних термичких система спадају:

- соларни колектори,
- акумулатори енергије,
- размењивачи топлоте,
- цевни развод,
- циркулационе пумпе,
- сигурносна, регулациона и остала опрема.

Главни део система су соларни колектори, који апсорбују соларну енергију, и у виду топлоте предају је преносном флуиду који струји кроз ко-

- моновалентне, код којих су соларни колектори једини извор топлоте;
- бивалентне, код којих, уз соларне колекторе, постоји додатни извор топлоте, тј. код којих је у акумулатор, осим размењивача топлоте соларног круга, уграђен и електрични грејач или размењивач топлоте спојен на неки додатни извор топлоте (електрични котао, котао на течна, чврста или гасовита горива, топлотну пумпу).



Слика 5.8 Бивалентни акумулатор топлоте [33]

Температурна слојевитост

Температурна слојевитост (стратификација) воде у акумулатору топлоте настаје због разлика у густини топле и хладне воде, при чему се слојеви воде више температуре налазе при врху, а вода ниже температуре при дну акумулатора. То омогућава узимање воде из акумулатора са одређене висине, на одговарајућој температури. Када температурне слојевитости не би било, тј. када би се вода у акумулатору стално мешала, температура воде која се одводи била би нижа, јер би се радило о средњој

6 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ И МОДЕЛИРАЊЕ СОЛАРНИХ ГРЕЈНИХ СИСТЕМА

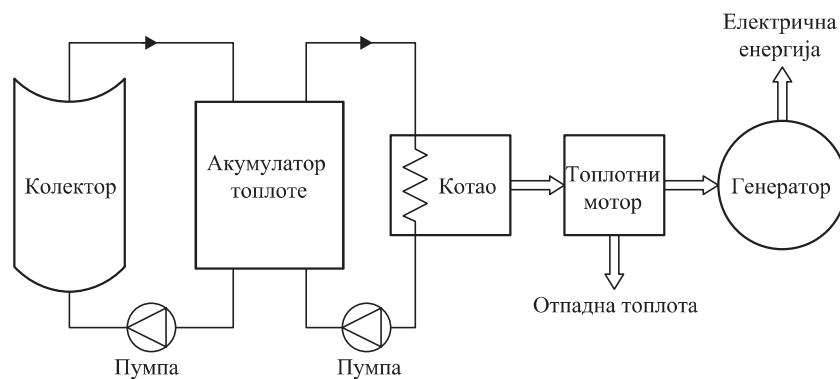
6.1 Проблематика димензионисања активних соларних система

Димензионисање компонената соларног система комплексан је задатак који укључује како предвидљиве елементе (на пример, карактеристике колектора и других компонената), тако и непредвидљиве елементе (на пример, временске прилике и динамику коришћења енергије).

Димензионисање соларног система примарно укључује одређивање величине (запремине) акумулационог резервоара и површине колектора који су економски оправдани. Површина потребних соларних колектора одређује се у зависности од планираног соларног удела, очекиваног коришћења соларне енергије, локације за постављање колектора, нагиба колектора. Због годишњих варијација расположиве, дозрачене, соларне енергије, економски није оправдано димензионисати соларни систем тако да он у потпуности покрива укупне годишње захтеве за енергијом.

7 СОЛАРНЕ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ

Мада се термички процеси за претварање соларне енергије у механичку енергију, а онда и у електричну енергију, уобичајено одвијају на високим температурама, они су фундаментално слични осталим термичким процесима. Највећи део овог поглавља посвећен је претварању соларне енергије у маханички рад, и следствено електричну енергију, применом топлотних мотора погоњених термичком енергијом из соларних система са концентрацијом зрачења. Основна шема претварања соларне термичке енергије у електричну енергију приказана је на слици 7.1.



Слика 7.1 Шема система за претварање соларне термичке енергије у електричну енергију [3]