

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Грејање, климатизација и соларна енергија

Број индекса: 123/2009

Марија С. Подовац

Соларни колектори са примером загревања санитарне воде

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. _____
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да опише соларне колекторе, врсте соларних колектора као и њихову конструкцију и принцип рада. У овом раду такође треба дати конкретан пример како се помоћу колектора врши загревање санитарне воде.

Препоручена литература:

[1] Бојић М., СОЛАРНА ТЕХНИКА, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008

[2] Зрнић С., Ћулум Ж., ГРЕЈАЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА СА ПРИМЕНОМ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ, Машински факултет у Београду, Београд, 1988., ISBN 86-23-43015-8.

[3] Лукић Н., Бабић М., СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008., ISBN 86-86663-20-7

Крагујевац, датум

ментор:

Име, презиме и звање ментора

РЕЗИМЕ

У овом раду је приказан начин прикупљања сунчевих зрака преко равних соларних колектора. Описана је врста равних соларних колектора, конструкција, делови и материјали ових колектора. Такође је описан и принцип рада и дат је пример прорачуна броја потребних колектора за загревање санитарне воде.

Кључне речи: равни соларни колектор, прорачун, примери

ABSTRACT

This paper presents a method of collecting the sun's rays through the plane solar collectors. It have described the types of plane solar collectors, construction, components and materials of the collector. It alsohave described the working principle and provides an example calculation of the required numbers collectors forheating domestic water.

Key words: solar collector plane, calculation, examples

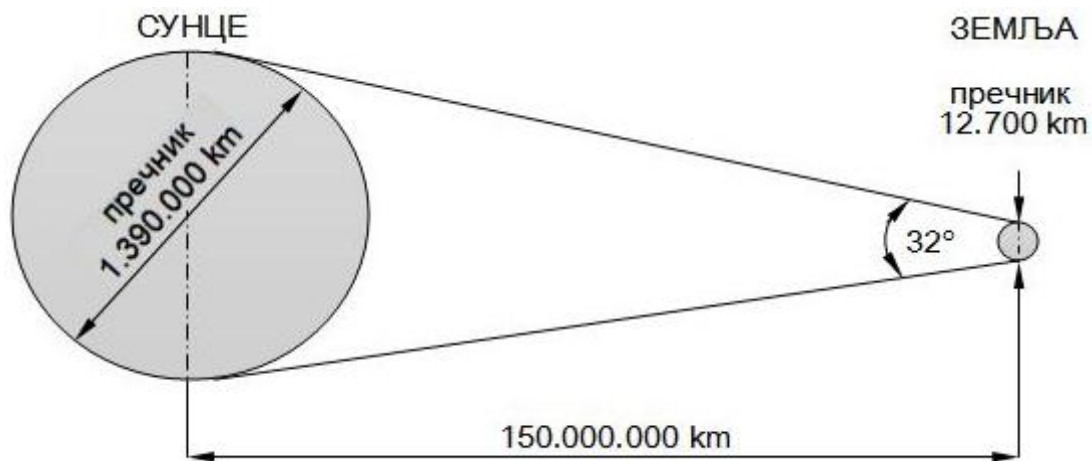
Садржај

1.0	УВОД	1
1.1.	Сунце	1
1.2.	Изванземаљско соларно зрачење и компоненте соларног зрачења	3
1.3.	Расподела енергије у Сунчевом спектру	3
1.4.	Ефекат стаклене баште	5
2.0	УРЕЂАЈИ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ДИРЕКТНЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ	6
2.1.	Равни (плочасти) соларни колектори	7
2.2.	Покривне плоче равних соларних колектора	10
2.3.	Једноглазирајући и вишеглазирајући материјали	12
2.4.	Апсорбери равних соларних колектора	12
2.5.	Изолација и заптивање соларних колектора	15
2.6.	Материјали кутије равних соларних колектора	17
2.7.	Оптимални нагибни угао соларног колектора	17
2.8.	Ефикасност соларног колектора или степен искоришћења равног соларног колектора	18
2.9.	Ефикасност соларног колектора у зависност од интензитета Сунчевог зрачења	21
3.0	Пример прорачуна броја потребних соларних колектора за загревање топле хигијенске воде у току године	23
3.1.	Везивање соларних колектора у систем	26
3.2.	Цене соларних колектора и домаћи произвођачи	27
4.0	ЗАКЉУЧАК	29
5.0	ЛИТЕРАТУРА	30

1.0 УВОД

1.1 Сунце

Сунце представља велику сферу веома врућих гасова пречника од $1,39 \cdot 10^6$ km и масе од $2 \cdot 10^{30}$ kg која је удаљена $150 \cdot 10^6$ km од планете земље. Ради поређења, пречник земље је 12700 km и маса $5,97 \cdot 10^{24}$ kg (слика 1). Сунце је састављено од 74% водоника (H_2), 25% хелијума (He) док је осталих 1% мешавина више од 100 хемијских елемената. Оно ротира око своје осе од запада ка истоку. Период ротације зависи од географске ширине. Гледајући са земље, део Сунца близу екватора обави пуну ротацију за око 27 дана, док део Сунца ближе половима то уради за око 32 дана [1].



Слика 1. Геометрија Сунце – Земља[1]

Поставља се питање како разматрати изванземаљско соларно зрачење при решавању проблема примене соларне енергије. Може се показати да за инжењерске проблеме код примене соларне енергије, изванземаљско соларно зрачење може да се разматра готово исто као зрачење црног тела на температури од 5760 K. Процентуална расподела изванземаљског соларног зрачења и зрачења црног тела на 5760 K, у ултравиолетној, видљивој и инфрацрвеној области приказана је у табели 1. Из ове табеле јасно се види одступање између спектралне расподеле изванземаљског соларног зрачења и зрачења црног тела мања од 3%.

Табела 1.Процентуална расподела изванземаљског соларног зрачења и зрачења црног тела[1]

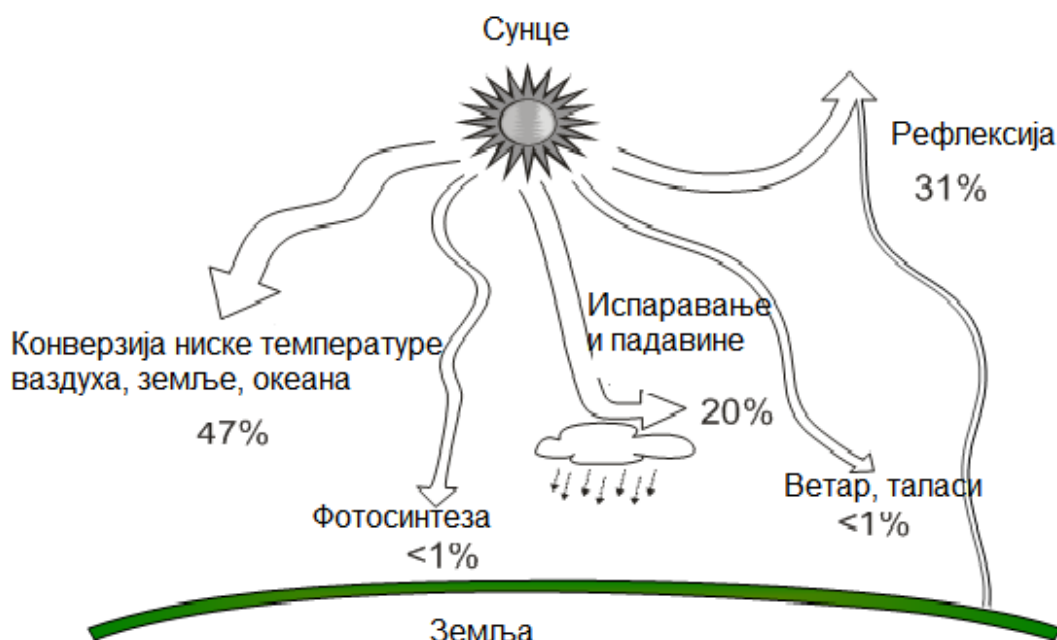
Спектарна област	Изванземаљско зрачење, %	Зрачење црног тела, %
Ултравиолетна $\lambda < 0,38$	7	9,9
Видљива $0,38 < \lambda < 0,78$	47,3	46,4
Инфрацрвена $0,78 < \lambda < 15$	45,1	43,6

Енергија коју сунце емитује у јединици времена (P),може се добити из Стефан – Болтзман-ове једначине, предпостављајући да су пречник сунца $d=1,39 \cdot 10^6$ km и његова ефективна температура је $T= 5760$ K

$$P=\pi \cdot d^2 \cdot \sigma \cdot T^4 = 3,8 \cdot 10^{23} \text{ kW} \quad 1$$

где је σ Стефан-Болтзманова константа која има вредност $\sigma = 5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

Од ове количине енергије, земљина површина прима само око $174,3 \cdot 10^9 \text{ MW}$. Ово значи да се за мање од једног сата на земљу доводи довољно енергије да задовољи читаву потребу за енергијом људске популације преко целе године. Главна расподела ове огромне количине соларне енергије је следећа:



Слика 2. Просечна расподела соларног зрачења на Земљи[1]

1.2 Изванземаљско соларно зрачење и компоненте соларног зрачења

Соларно зрачење које прима земљина атмосфера на својој горњој граници се назива се изванземаљским соларним зрачењем. Спектарна расподела изванземаљског соларног зрачења је скоро иста као расподела зрачења црног тела на температури од 5760 K, док је интензитет соларног зрачења по целом спектру на нивоу мора увек мањи што је изазвано деловањем земљине атмосфере.

Зрачење које је расуто досеже до земљине површине са свих удаљених делова неба директно од сунца се назива дифузно зрачење. То би требало разликовати од термалне атмосферске радијације која, такође је дифузиона у природи, али има много дужу таласну дужину.

Вредност дифузног зрачења зависи од висине сунца, вредности и типа аеросола (разасуте честице чврстих супстанци) и облака. На то зрачење такође утицало на део соларног зрачења које се одбија од земље, пошто се то одбијено зрачење са земљине површине поново до извесне мере расипа атмосфером.

Дифузна компонента соларног зрачења је значајан део укупног соларног зрачења које досеже до земљине површине, и ова дифузиона радијација је анизотропски дистрибуирана дуж преко неба. За време облачног дана, скоро сва соларна радијација на земљи је дифузиона, и за време ведрога дана, око 15 – 20 % соларног зрачења на земљи је дифузиона. Радијација која досеже до земљине површине директно са сунчевог диска се зове директно зрачење. Да би се стекао утисак о односу дифузног и директног Сунчевог зрачења на једном одређеном месту, најчешће су резултати неких мерења [1].

Утврђено је да је сунчаног дана са најчистијом атмосфером на Земљину површину доспело 8,4 kWh директне Сунчеве енергије и 0,75 kWh дифузне Сунчеве енергије.

Када Сунчеви зраци падају у правцу нормале на црно тело од материјала добрих апсорпционих особина (добар апсорбер), на пример, црно обојени лим од бакра или алуминијума, лим се загрева тако да може постићи температуру од 60 до 80°C. То значи да је један део светлосне енергије лим апсорбовао при чему је кинетичка енергија фотона светлости трансформисана у топлотну енергију честица лима.

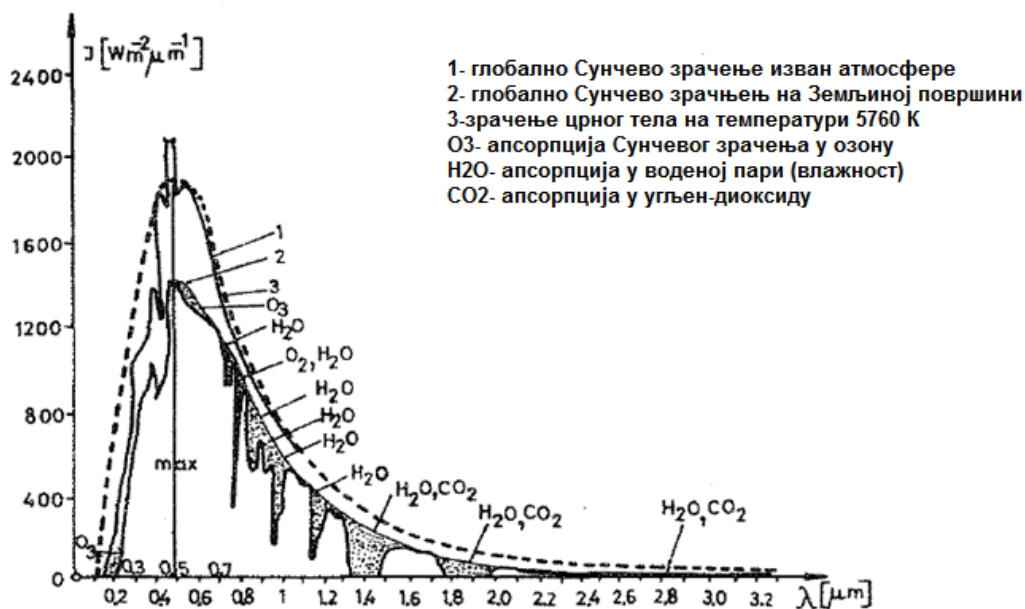
1.3 Расподела енергије у Сунчевом спектру

Сунце емитује на Земљу електромагнетне таласе различитих таласних дужина при чему су једни видљиви, а други невидљиви. Сви ови таласи заједно чине Сунчев спектар који се простира од ултраљубичасте светлости таласне дужине 0,3 μm до инфрацрвене светлости таласне дужине 3 μm . У интервалу од 0,3 μm до 0,7 μm налазе се таласне дужине видљиве светлости са максимумом при таласној дужини од 0,5 μm . Инфрацрвена светлост почиње за таласне дужине изнад 0,7 μm . Око 90% од укупне Сунчеве енергије која доспева на Земљу припада таласним дужинама између 0,3 и 1,5 μm .

Познато је да свако тело загрејано до одређене температуре зрачи невидљиве топлотне зраке. Таласне дужине топлотних зрака тела загрејаног

између 30 и 80° С налазе се између 3 и 70 μm што значи да прпадају подручју невидљиве инфрацрвене светлости.

Пролазом кроз атмосферу, интензитет Сунчевог зрачења и његова расподела према таласним дужинама се мења због расипања и апсорције Сунчеве радијације у атмосфери. Максимални интензитет Сунчеве радијације остаје и даље за таласну дужину од 0,5 μm . Према томе максимална енергија Сунчевог зрачења на Земљи налази се у области таласних дужина које припадају подручју видљиве светлости за коју је човечје око најостељивије. Међутим, за одређене таласне дужине постоје знатна слабљења Сунчевог зрачења на Земљиној површини услед апсорпције у воденој пари, кисеонику, озону и угљен-диоксиду, којих увек има у атмосфери. Стога је на Земљиној површини најефикасније деловање Сунчевог зрачења ограничено на видљиви и инфрацрвени део Сунчевог спектра, односно, у границама таласних дужина од 0,3 до 1,8 μm , док је деловање ултраљубичастих зрака пригушено већ код таласне дужине од 0,3 μm .

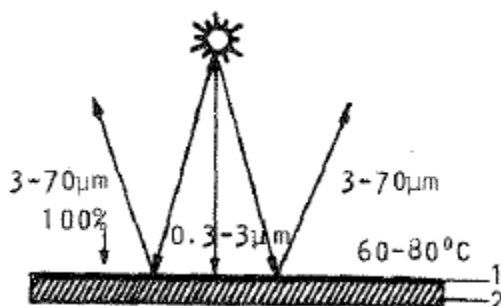


Слика 3. Енергетска расподела у Сунчевом спектру за зрачења Сунце изнад атмосфере и на Земљиној површини [1]

На слици 3 су приказана и апсорпциона подручја за елементе који се налазе у Земљиној атмосфери. На апсисну осу правоуглог координатног система пренесене су таласне дужине λ Сунчевог зрачења у микрометима, а на ординатну осу интензитет и Сунчевог зрачења у ватима по метру квадраном за дужину у μm .

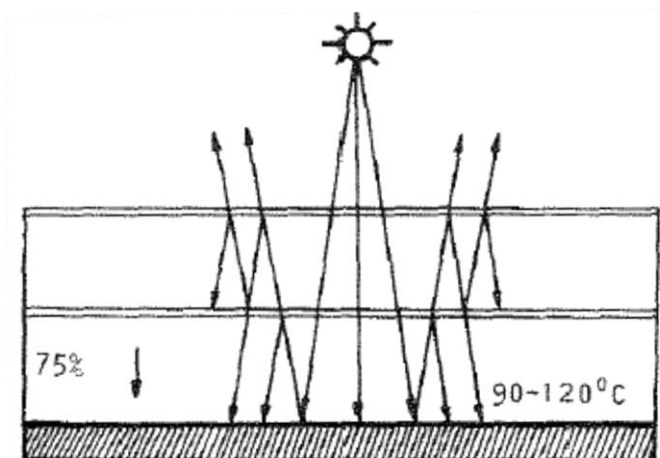
1.4 Ефекат стаклене баште

На термички изолованом дну кутије К постављен је лим обојен тамном бојом што се може видети на слици 4. На горњој страни кутија је покривена прозорским стаклом дебљине 2-3 mm. Од 100% видљивог краткоталасног зрачења које доспева на лимену плочу која није покривена стаклом, кроз стакло пролази око 90% овог зрачења таласних дужина 0,3-3 μm и пада на лимену плочу. Лимена плоча се загрева и почиње да емитује инфрацрвено зрачење таласних дужина изнад 3 μm . Ове зраке прозорско стакло не пропушта већ их апсорбује и тако се загрева. Загрејано прозорско стакло један део топлоте зрачи назад према лименој плочи (апсорберу), а други део у атмосферу. На тај начин се лимена плоча загреје до 90° C. Слој на површини апсорбера понаша се као апсолутно црно тело, пошто прима целокупно Сунчево зрачење. Тако у простору између прозорског стакла и лимене плоче настаје ефекат стаклене баште [2].



Слика 4. Ефекат стаклене баште [2]

Део топлоте коју прозорско стакло зрачи у атмосферу може се задржати и практично искористити постављањем још једног прозорског стакла као што је приказано на слици 5, јер се тиме повећава степен корисног дејства ефекта стаклене баште. Иако је пропуштање светлости, односно коефицијент трансмисије сада мањи и износи за оба прозорска стакла 75%, ипак се због повећаног корисног дејства ефекта стаклене баште, лимена плоча сада загрева од 90-120° C.



Слика 5. Постављање још једног прозорског стакла [2]

2.0 УРЕЂАЈИ ЗА КОРИШЋЕЊЕ ДИРЕКТНЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ

Директна Сунчева енергија може да се користи у пракси њеном трансформацијом у топлотну, електричну и хемијску енергију. Овде ће се размотрити трансформација Сунчеве енергије у топлотну, пошто је то најједноставнији начин за практично коришћење Сунчеве енергије.

Уређај којим се остварује трансформација Сунчеве енергије у топлотну назива се *скупљач Сунчеве енергије* или *колектор соларне енергије*.

Према конструкцији и начину функционисања разликују се две основне врсте соларних колектора: **равни** и **фокусирајући**[2]. Равни колектори скупљају глобално Сунчево зрачење и трансформишу га у топлоту до 100°C , док фокусирајући помоћу оптичких система концентришу Сунчево зрачење чиме се постиже температура и до 3000°C . Концентрисање Сунчеве енергије виши се системом равних огледала, сферним, параболичним и цилиндричним огледалима, као и помоћу сабирних оптичких сочива. Разумљиво је да ови уређаји за концентрисање Сунчеве енергије условљавају стално усмеравање према Сунцу. У погледу радног флуида постоји и **ваздушни** колектор.

За добијање топле хигијенске воде и загревање просторија користи се топлота ниских температура до 100°C . Ово се постиже равним соларним колекторима.



Слика 6. Изглед постављеног колектора[3]

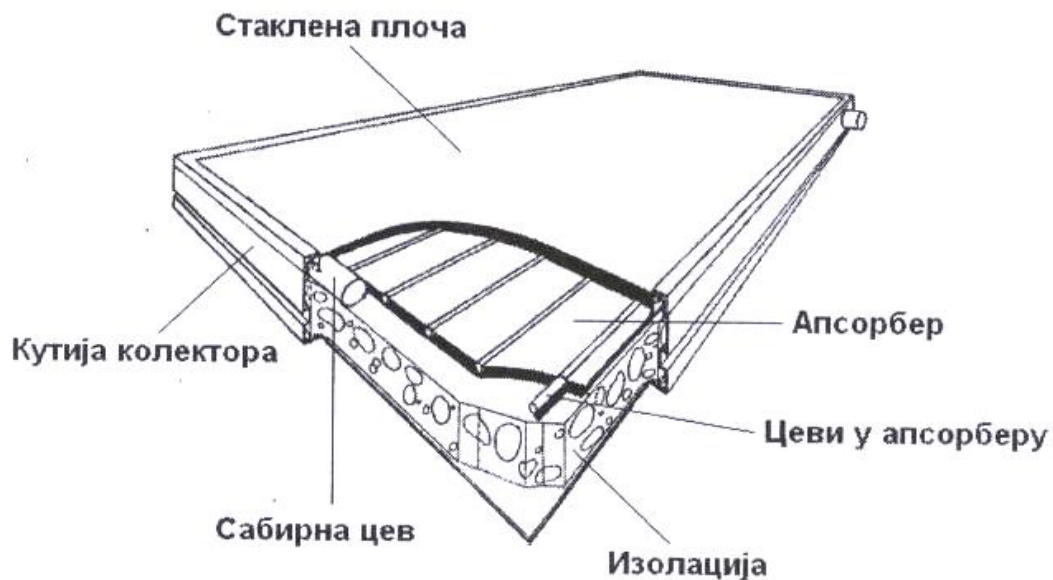
2.1 Равни (плочасти) соларни колектори

Равни соларни колектори су најједноставнији урађаји помоћу којих се глобално Сунчево зрачење може ухватити, апсорбовати и претворити у топлоту. Такав колектор је приказан на слици 7.

Равни соларни колектор се састоји из три основна дела: упијача или апсорбера, топлотне изолације и застакљења. Размак између апсорбера и стакленог покривача је обично 2-5 mm.

Апсорбер је равна плоча од материјала који добро апсорбује Сунчево зрачење, премазана матцрном бојом у којој протиче транспортни медијум и одводи топлоту добијену Сунчевим зрачењем.

Топлотна изолација спречава губљење топлоте из колектора на његовим бочним странама, а нарочито са доње стране. Застакљење може бити једноструко и двоструко, а ретко троструко и има улогу образовања у колектору већ познатог ефекта стаклене баште, као и заштите од спољних метеролошких промена.



Слика 7. Равни соларни колектор[1]

Равни соларни колектори су најкоришћенија врста колектора, које је, такође, најприсутнија на тржишту. Уобичајне радне температуре код ових колектора иду до 100° C. Код напредних и специјалних конструкција радне температуре могу ићи и до 200° C.

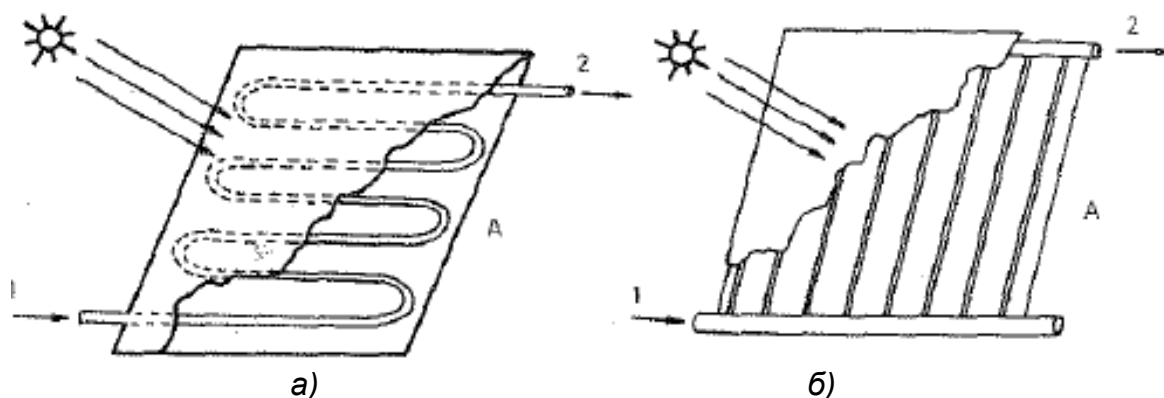
Равни колектори су трајно фиксирани у једном положају и није им омогућено да прате кретање сунца. Да би био искоришћен до максимума, колектор мора да буде усмерен право према екватору и да буде окренут ка југу на севернијој хемисфери а ка северу на јужнијој хемисфери. Оптимални угао нагиба је једнак географској ширини локације са варијацијом угла од $\pm 10^\circ$ до 15° зависно од намене и годишњег доба. Главна предност ове врсте колектора јесте то да су они јефтинији за производњу и то што сакупљају и директне и расуте (дифузне) Сунчеве зраке.

Карактеристике типичних равних колектора (једноставног и напредног) су дате у табели 2.

Табела 2. Карактеристике типичних равних соларних колектора[4]

Карактеристика	Једноставни	Напредни
Спајање цеви и плоче апсорбера	Коришћењем додатног материјала (лемљење)	Ултрасоничним заваривањем
Превлака апсорбера	Црна мат боја	Хромна селективна превлака
Застакљење	Стакло са ниским садржајем Fe	Стакло са ниским садржајем Fe
Специфични масени проток флуида у тест условима (kg/sm^2)	0,015	0,015
Оптичка ефикасност (-)	0,79	0,80
Коефицијент $K_{g1}(\text{W/m}^2\text{K})$	6,67	4,78
Оптимални нагиб колектора	Географска ширина +5 до 10°	Географска ширина +5 до 10°

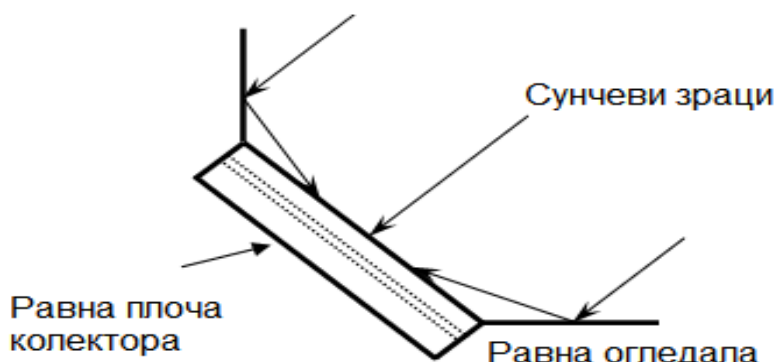
Отвори на апсорберу или у њему шематски приказују попречне пресеке цеви које су у непосредном контакту са апсорбером и служе за одвођење Сунчевим зрачењем загрејаног транспортног медијума до потрошача или акумулатора топлоте. Ове цеви су такође обојене матцрном бојом и тако постављене на флуид кроз њих протиче што дуже и да тако буде што више изложен Сунчевом зрачењу (а).



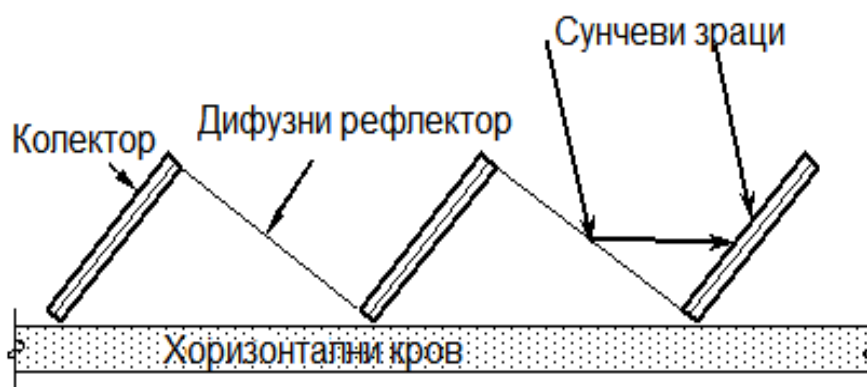
Слика 8. Попречни пресеци цеви у колектору[2]

Шематски су приказане горње површине колектора са најједноставнијим и најчешћим начином постављају на апсорбер. Змијасто савијена метална или пластична цев (а) учвршћена је уз плочу апсорбера А тако да на једном крају (1) улази хладна вода, а на другом (2) излази топла после загревања Сунчевим зрачењем. На слици (б) је приказан случај када су цеви паралелно учвршћене за плочу апсорбера А и налемљене на доводну (1) и одводну цев (2).

Равни колектори могу бити опремљени са равним рефлекторима (огледалима) као што је приказано на слици 9 или рефлектори могу бити постављени у виду зуба тестере као што је приказано на слици 10. У оба случаја обични, равни, дифузни колектори могу приметно да повећају количину директног зрачења које допире до колектора. То је у суштини концентратор зато што је окно веће од апсорбера али је систем фиксиран. Дифузни рефлектор би требало да буде сачињен од материјала који није у виду огледала чиме се избегава формирање слике сунца на апсорберу чиме би се створило неједнако расипање зрака сунца и термичко ширење.



Слика 9. Равни колектор са плочастим рефлекторима[4]



Слика 10. Равни колектор са тестерастим рефлекторима[4]

Када Сунчево зрачење доспе на стаклену плочу колектора под дефинисаним углом i ($^{\circ}$), иако стакло у највећој мери пропушта ово зрачење, то ипак није стопостотно. У табели 3 је дата зависност пропустљивости стакла соларног колектора, типичне дебљине (коефицијен дијаметрије), од нападног угла зрачења i ($^{\circ}$).

Табела 3. Пропустљивост стакла соларног колектора зависно од угла i [4]

i ($^{\circ}$)	0	60	70	80	90
τ (-)	0,9	0,8	0,65	0,35	0

Када зрак прође кроз стакло он неће бити, у општем случају, потпуно апсорбован на плочи апсорбера. Она има свој коефицијент апсорпције α (-) који је дат у табели 4. У истој табели је, дат производ $\gamma = \alpha\tau$, што практично представља оптичку ефикасност соларног колектора.

Табела 4. Коефицијент апсорпције апсорбера и оптичка ефикасност с.к[4]

i (°)	0	60	70	80	90
α (-)	0,92	0,85	0,75	0,60	0
$\alpha\tau$ (-)	0,83	0,68	0,49	0,21	0

2.2 Покривне плоче равних соларних колектора

Класично стакло се масовно користи се при изради равних соларних колектора, јер поседује висок коефицијент дијатермије(високу транспарентност) за краткоталасно Сунчево зрачење. За стакла са малим садржајем гвожђа коефицијент дијатермије износи 0,85-0,90 при упадном углу зрака од 90%. Стакло је практично непропусно за дуготаласна нискотемпературска зрачења таласних дужина 5-50 μm . У дефинисаном таласном опсегу (дуготаласно инфрацрвено зрачење), стакло се практично понаша као апсолутно црно тело.

Стакло има и своје лоше карактеристике, ако покривена површина равних соларних колектора. Стакло има велику густину, што знатно увећава укупну масу колектора. Скупо је и ломљиво, што ствара проблеме при евентуалним ударима у плочу колектора. Апсорбујући дуготаласно зрачење, стакло се загрева и емитује исто делом у околину, што повећава топлотне губитке соларног колектора.

У пракси се користе и пластични материјали за покривене површине равних соларних колектора. Пластични материјали су знатно јефтинији од стакла, ниску крти и ломљиви, веома су лаки (десет пута мање густине од стакла). Међутим, ови материјали имају релативно велику пропустљивост дуготаласног зрачења, непостојани су при дугом излагању ултравиолетном зрачењу и високим температурама.

У новије време се истражује идеја о коришћењу провидних, изолационих материјала, и истовремено, покривна плоча и изолација. Нека истраживања су дошла до прихватљивих коефицијента ефикасности соларног колектора, али је употреба провидних изолационих материјала и оваквих конструкција соларних колектора још у фази испитивања.

Постоје одређени спољашњи утицаји који могу умањити пропустљивост стакла. Мисли се на атмосферску прашину која је у појединим регионима (пешчане олује) или микролокацијама може представљати значајан проблем. Према истраживањима на транспарентност стакла соларног колектора утиче више фактора везаних за таложење прашине, од којих издвајамо количину и густину прашине, али и положај соларног колектора [4].

Најмањи утицај на смањење пропустљивости стакла прашина има у случају хоризонтално постављеног соларног колектора (до 6% умањења), док за углове блиске вертикалном положају поменуто умањење може бити и веће од 20%

Табела 5. Карактеристике материјала за предње плоче соларног кол. [4]

Материјал	Дебљина (mm)	Пропуст-љивост Сунчевог зрачења(-)	Постојаност на дуготал. инфр. зрака	Постоја-ност на дуготал. инфр.зрака	Затезна чврстоћа (МПа)	Сила Проб-ијања (N/mm)
Добро познати пластични материјали						
Полиети-лен ()	0,01 и више	0,86	0,77	Лоша	10-30	20-115
Полипро-пилен		0,92	-	Довољна	30-275	1-230
Поливинил хлорид	0,01-0,25	0,90	0,12	Лоша	10-70	2-380
Полиестер	0,015-0,75	0,88	0,24	Врло добра	140-275	19-115
Поливинил флуорид	0,002-0,35	0,86-0,92	0,33	Врло добра	50-125	45-390
Тефлон	0,01-0,1 0,05-0,2	0,95	0,20	Врло добра	50-55	230-350
Мање познати пластични материјали						
Целуоза ацетат	0,02-0,75	0,93	0,03	Довољна	50-110	1,5-3,9
Целуоза триацетат	0,05-0,5	0,93	0,11	Добра	62-110	1,5-11
Целуоза ацетат битурат	0,28-0,75	0,93		Добра	35-60	1,9-3,9
Ет./винил ац. кополимер	0,02 и више	-	-	Лоша	6-24	20-115
Ет. Хлоротрио фл.ет		-	-	Врло добра	55-70	350-500
Флуорет. пропилен	0,01-2,2	0,93	-	Врло добра	17-20	50
Перфлуоро-алкокси	0,01-0,75	-	-	Врло добра	27-50	15-27
Полихлор-трифл.-ет	0,01-0,75	-	-	Врло добра	34-70	1-15
Поликариб-онат	0,02-0,25	0,87-0,92	-	Добра	55-80	7,5-10
Плекси-глас	0,006-0,5 0,05-0,25	0,87	0,01	Добра	55-60	-
Полисти-рен	0,006-0,5	0,87-0,92	0,35	Довољна	55-80	2
Ванил хлорид/ац. кополимер	0,02-0,75	-	-	Довољна	17-55	4-540
Остали материјали						
Стакло са стаклене баште	3,0	0,90	0,01	Врло добра	-	-
PVC-превучен полиесте-рским ткањем	-	0,10	-	Врло добра	150	-

Најбољи квалитет у односу на цену за уобичајну примену може се добити нормалним стаклом, које је одличан материјал за глазирање. Боја стакла и особине апсорпције су одређене садржајем гвожђе-оксида, стакло са високим садржајем гвожђа 0,05%, има $\alpha=0,025$, док обично стакло има око 0,1 при нормалним упадањем, тако да ова вредност расте са порастом упадног угла.

Пошто је Сунчево зрачење краткоталасно, више зрачења пролази кроз стакло мање дебљине. Од 100% $=1$ упадног зрачења кроз стаклену плочу дебљине 3 mm пролази 85%, односно 0,85%, а кроз стаклену плочу од истог материјала дебљине 6 mm пролази 81%, односно 0,81. Треба имати у виду да двоструко застакљен соларни колектор стакленим плочама од којих свака има дебљину од по 3 mm не пролази 0,81 зрачења каоза плочу од 6 mm, већ $0,85 \cdot 0,85 = 0,72$.

Број покривача зависи и бира се у зависности од микроклиме места у коме треба да се постави соларни колектор при чему је одлучујући фактор температурска разлика између апсорбера и околине.

Пластични материјали као што су на пример плексиглас, су лакши и јефтинији од стакла али показују неке недостатке. Старе услед UV зрачења и морају се мењати током године. Они показују високу транспарентност у области инфрацрвеног зрачења, нема ефекта стаклене баште и губици термалног зрачења су значајни [4].

2.3 Једноглазирајући и вишеглазирајући материјали

Вишеглазирајућа решења су веома честа за топлотну изолацију и оптимизацију преноса енергије. Стаклене плоче (две или три) су одвојене 12-20 mm широким ваздушним простором, који може бити испуњен ниско-проводљивим гасом. Да би се задовољили специфични захтеви, посебне превлаке се примењују на спољној и унутрашњој површини: соларно-рефлексивне превлаке за топлије климатске пределе како би се смањила цена оперативних напонских јединица, или високопрозирни нискоемитујући материјали за хладније пределе да би се омогућило директно соларно грејање унутрашњег простора.

2.4 Апсорбери равних соларних колектора

Најважнији и најосетљивији део соларног колектора је апсорбер јер од њега зависи ефикасност колектора. Треба имати у виду да је апсорбер истовремено и измењивач топлоте јер топлотну енергију примењену од Сунца предаје транспортном флуиду који је одводи до потрошача или у акумулатор топлоте за каснију употребу. Апсорбер соларног колектора треба да има следеће карактеристике: што већи коефицијент апсорпције за краткоталасно зрачење (Сунчево зрачење), што мањи коефицијент емисије за дуготаласно зрачење, одличну топлотну проводљивост, малу масу, трајност, отпорност на корозију и високе температуре и малу цену.

Тешко је задовољити све захтеве у једном материјалу, мада се увек могу пронаћи нека оптимална решења. Апсорберске плоче се најчешће деле у две групе: неселективне и селективне апсорбере.

Неселективни апсорбер има идентичне вредности коефицијента апсорпције краткоталасног и емисије дуготаласног зрачења. Неселективни апсорбери одлично апсорбују Сунчево зрачење, али и интензивно зраче

краткоталасно зрачење што повећава топлотне губитке соларног колектора. Да би се елеминисала ова појава примењују се селективни апсорбери, који су ефикаснији, али имају знатно вишу цену.

Селективни апсорбер састоји се од горњег врло танког слоја, филма (мери се микрометрима) материјала који одлично апсорбује краткоталасно зрачење, а минимално емитује дуготаласно зрачење. Ово зрачење површински филм апсорбера пропушта, до рефлектујуће металне површине апсорбера, која има висок коефицијент рефлексије.

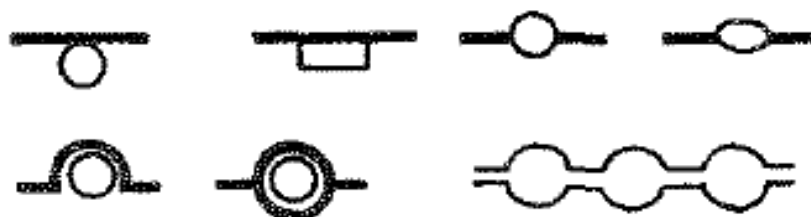
Апсорбери се праве од различитих материјала, бакра, челика, мангана и специјалних врста пластичних материјала. Ови материјали се могу комбиновати (на пример, плоча од бакра са алуминијумским цевима или обрнуто). Веома се добро показао бакарни апсорбер са бакарним цевима. Што се тиче алуминијумских, постоји опасност од корозије нарочито у приморским пределима због присуства соли у ваздуху. Челични апсорбер може да зарђа ако се из њега за неко извесно време одстрани вода. Избор материјала апсорбера зависи дакле и од могућности његовог налажења на тржишту, као и од цене.

Површина апсорбера која је изложена Сунчевом зрачењу премазује се мат-црном бојом, да би се смањио губитак топлоте услед рефлексије и дифузије светлости а повећа апсорпција. Слој боје треба да буде што тањи, пошто је боја топлотни изолатор и лош проводник топлоте, тиме се постиже да апсорбер апсорбује 90% Сунчевог зрачења. Мат-црна боја мора да буде постојана и отпорна на температуре до 160° С. У табели која следи биће приказани врсте и карактеристике превлака за апсорбере [2].

Табела 6. Врсте и карактеристике селективних превлака за апсорбере [4]

Превлака	Основа	Апсорпција Сунчевог зрачења(-)	Емисија дт. зрачења(-)	Макс. радна темп. (°С)	Постојаност
Црни никл	Fe,Cu,Zn/Al	0,85-0,95	0,05-0,15	288	Осредња
Црни хром	Ni/Al,Cu,Fe	0,82-0,96	0,04-0,15	427	Врло добра
Црни бакар	Cu	0,85-0,95	0,10-0,15	316	
Бакарни оксид	Cu,Fe,Al	0,87-0,90	0,08-0,16	-	-
Анодни алуминијум	Al	0,90-0,96	0,10-0,23	-	-
Матал карбид	Cu, стакло	0,82-0,93	0,02-0,05	-	-
PbS боја	Било која	0,9	0,3	-	-
Селективна боја	Већина	0,93	0,3	-	-
Црна боја	Било која	0,95-0,97	0,95-0,97	-	-

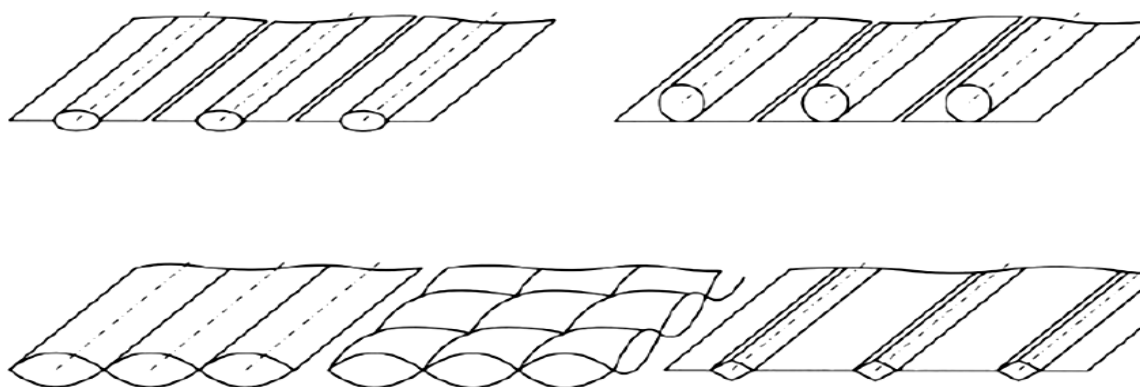
Да би се што ефикасније предала примљена топлота радном флуиду, апсорбер треба да има што бољу проводљивост топлоте и да буде у што непосреднијем контакту са флуидом. На слици 9 су приказани разни профили цеви уграђених у равни плочу апсорбера заваривањем или утврђених у профилисаним лежиштима плоче.



Слика 9. Профили цеви[2]

Као што се види постоји тенденција да додирна површина између цеви које транспортују флуид и плоче апсорбера буде што већа.

На наредној слици 10 су приказани неки профили црних цеви, заварених фолија и профилисаних плоча од пластичног материјала.



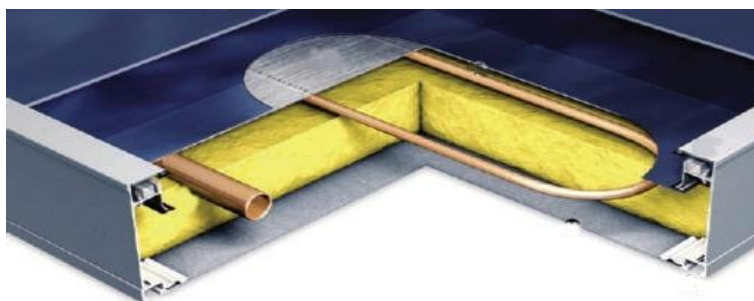
Слика 10. Профил апсорбера[5]

Апсорбер треба да буде што једноставнији за могућности ручне израде као и за серијску производњу. Највећу тешкоћу представља повезивање цеви са плочом апсорбера профилисањем и завривањем.

За прављење соларних колектора појединачно или серијски најподесније и најјефтиније да се као апсорбер искористи пљоснати челични радијатор који се серијски производи у нашој земљи.



Слика 11. Спољашњи изглед соларних колектора[6]



Слика 12. Пресек соларног колектора[7]

2.5 Изолација и заптивање соларних колектора

Кутија или кућиште соларног колектора може да буде од метала или од пластичних материјала. Поред метала који се користе за апсорбер, за кутију се може користити и поцинковани лим. Кутија мора бити таква да у њој буду обебеђена потпуна изолација и заптивање свих делова соларног колектора, а нарочито апсорбера и покривача.

Дно кутије испод апсорбера и бочне стране кутије мора да буду потпуно топлотно изловани. Као топлотно-изолациони материјал користи се најчешће стаклена вуна. Слој стаклене вуне дебљине 5-10 mm довољан је за термичку изолацију дна и бочних страна кутије соларног колектора. Стаклена вуна није скупа што јој даје предност за примену као топлотни изолатор.

Наравно за изолацију могу се користити и неки други материјали који су добри излоатори. Често се користе неки синтетички пенасти материјали као што су стиропор, полуретан и други. Ови материјали су отпорни на влажност, али се топе већ код 100° C. Лако се секу у плоче и доступни су натржишту.

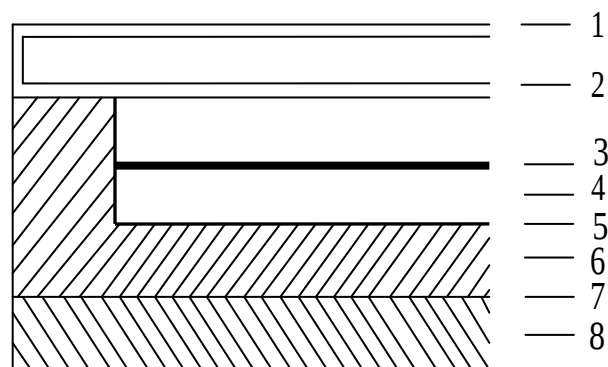


Слика 13. Стаклена вуна[8]



Слика 14. Стиропор[9]

У пракси своје најбоље особине као јако добар изолатор против губитка топлоте и влажности показала се комбинација слоја стаклене вуне и слоја и слоја полиуретена, слој стаклене вуне (6) се ставља изнад слоја полиуретена (8) као што је приказано на слици 15. Слој стаклене вуне тада штити слој полиуретена од топлоте, а онда тако и слој полиуретена има функцију да заштити слој стаклене вуне од влажности. Да би се што више повећао коефицијент корисног дејства соларног колектора, оба заштитна слоја се обавију алуминијумском фолијом (5). Између добијеног изолатора и апсорбера (3) остави се слој ваздуха дебљине око 10 mm (4). Алуминијумска фолија када се загреје зрачи инфрацрвене зраке и враћа их према апсорберу. Топлотни губитак апсорбера може да се ограничи на само 3%.



Слика 15. Слојеви изолација и делова у колектору[2]

Потребно је поред изолације наравно и добро заптивање свих елемената соларног колектора који су уграђени у кутију, а нарочито предњих покривача. То се постиже коришћењем различитих лепкова међу којима се посебно истиче барсил.

2.6 Материјали кутије равних соларних колектора

Материјали кутије равног соларног колектора треба да поседују чврстину, трајност, отпорност на корозију и остале временске утицаје, малу масу и наравно неку оптималну, прихватљиву цену. Материјали који се углавном користе су нерђајући челик и легуре алуминијума, које имају довољно велику чврстоћу а поред тога малу масу и добру отпорност према корозији.

Када се ради о специфичним конструкцијама равног колектора као што је вакуумски, и материјал треба да одговори на повећане захтеве.

Пластични материјали су јефтинији од алуминијума али постоји велики проблем са његовом трајношћу и постојаношћу карактеристика на вишим температурама и под разним временским утицајима, као и ултравиолетним зрачењем [4].

2.7 Оптимални нагибни угао соларног колектора

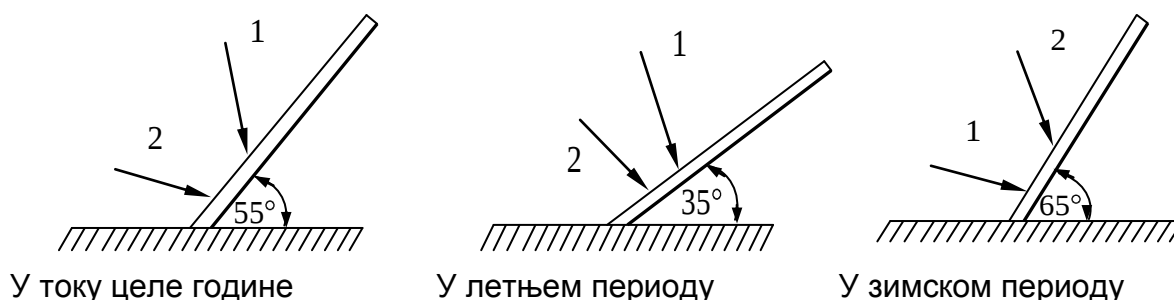
Соларни колектори су у већини случајева учвршћени на крововима кућа, терасама или на челичним носачима на земљи, у мањем броју случајева су постављени као покретни да прате кретање Сунца на небу. Соларни колектори могу се учврстити на челичне носаче тако да се њихов нагибни угао мења у почетку годишњих доба, на пример у почетку летњег и зимског периода.

Зрачењем Сунце предаје енергију соларном колектору, привидно врши двоструко кретање и то дневно и годишње. Привидно дневно кретање Сунца од истока према западу преко југа настаје услед обртања Земље око сопствене осе од запада ка истоку. Дневни лук путање привидног кретања Сунца износи 180° . Привидно годишње кретање Сунца настаје услед кретања Земље око Сунца, због чега се Сунце на небу помера 4 пута по $23^\circ 27'$ између северног и јужног повратника, при чему 2 пута мења смер свог привидног кретања [2].

У току године и у току дана када соларно зрачење има највећи ефекат јер Сунчеви зраци падају под правим углом на пријемну површину колектора није могуће да колектор буде окренут ка југу. Потребно је да се при постављању соларног колектора на његов нагибни угао према Земљи нађе неко компромисно решење тако да у току целе године или појединих годишњих доба, Сунчеви зраци падају што нормалније могуће на пријемну површину колектора. Треба истаћи да је важно, да се ово постигне у интервалу од око 6 часова у подне сваког дана када је ефекат Сунчевог зрачења највећи.

У крајевима са честим маглама потребно је да се колектори усмере према југу и мало заокрену ка западу да би се поподневним зрацима надокнадило јутарње изгубљено услед магле.

Равни соларни колектори функционишу и када је небо прекривено танким облацима, јер долази до дифузног зрачења, чији интензитет достиже и до 25% директног Сунчевог зрачења.



Слика 16. Нагибни углови соларног колектора према Земљи[2]

На слици 16 су приказани нагибни углови соларног колектора према Земљи да би се добио највећи степен искоришћења у току целе године, у летњем периоду и у зимском периоду за пределе на 45° географске ширине.

У току целе године најповољнији нагибни угао једнак је географској ширини места увећаној за 10° ($45^\circ + 10^\circ$). Са ознаком (1) је означен светлост зрака лети, а са (2) светлост зрака зими. У летњем периоду најповољнији нагибни угао колектора једнак је географској ширини места умањеној за 10° ($45^\circ - 10^\circ$). Са (1) је означен правац светлосних зрака у јуну, а са (2) светлост зрака у септембру. Најповољнији нагибни угао зими једнак је географској ширини места повећаној за 20° , односно нагибном углу у току целе године повећаном за 10° .

2.8 Ефикасност соларног колектора или степен искоришћења равног соларног колектора

Претварање Сунчевог зрачења које доспева на равни соларни колектор у топлоту радног флуида у колектору је комплокован процес и зависи од више фактора. Најважније је да соларни колектор има што већи коефицијент апсорпције α за краткоталасно зрачење, што је могуће мањи коефицијент емисије ε таласне дужине у подручју вредности од 2 до $15 \mu\text{m}$. Исто тако је важно да коефицијент пролаза светлосних зрака τ кроз провидни покривач соларног колектора буде што већи.

Ефикасност соларног колектора или степен искоришћења равног соларног колектора може се дефинисати:

$$\eta = \frac{Q_k}{Q_s} \quad 2$$

Q_k - корисна снага равног соларног колектора

Q_s - снага Сунчевог зрачења [2]

Корисна снага колектора једнака је разлици примљене снаге $Q_p = \alpha\tau \cdot Q_s$ и губитка Q_g :

$$Q_g = \alpha\tau Q_s - Q_k \quad 3$$

Ако је главнији фактори означе са Q_1 , Q_2 , и Q_3 , онда се може написати:

$$Q_g = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad 4$$

Q_1 - зрачење топлоте провидног предњег покривача у околину

Q_2 - конвективно одавање топлоте провидног покривача

Q_3 - губитак услед топлотне проводљивости.

Поједини губици изразе приближно помоћу разлике температуре у соларном колектору t_s и температуре околине t_o ондасе добија:

$$Q_g = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \alpha_s \cdot \Delta t + \alpha_c \cdot \Delta t + k \cdot \Delta t = \alpha_s + \alpha_c + k \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = t_s - t_o$$

α_s - коефицијент зрачења топлоте предњег покривача и околину

α_c - коефицијент конвективног одавања топлоте предњег покривача

k - коефицијент губитака услед топлотне проводљивости [2]

Ако се коефицијент укупних губитака топлоте означи са k_u , дакле, $k_u = \alpha_s + \alpha_c + k$ онда се за губитак добија:

$$Q_g = k_u \Delta t \quad 5$$

Заменом вредности из једначина (3) и (6) у једначину (2), добијамо:

$$\eta = \frac{\alpha \tau Q_s - k_u \Delta t}{Q_s} \quad 6$$

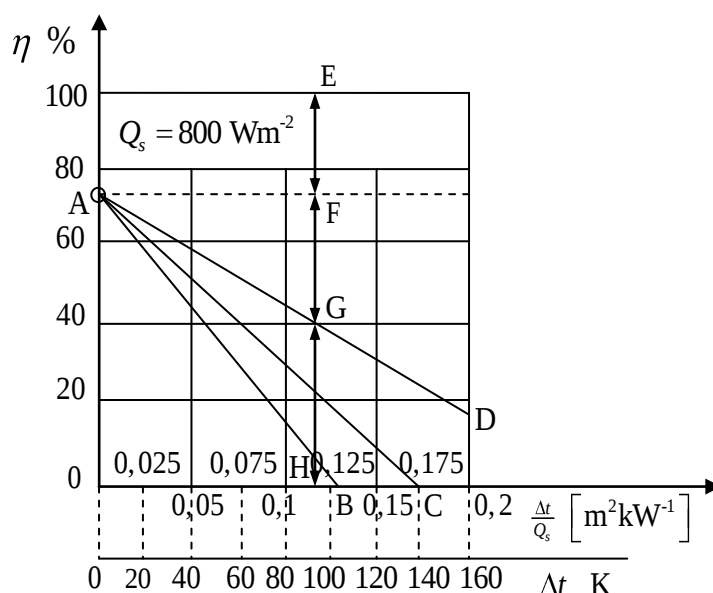
или

$$\eta = \alpha \tau - k_u \frac{\Delta t}{Q_s} \quad 7$$

За познате вредности α , τ и k_u из једначине (7) може се одредити ефикасност равног соларног колектора η помоћу односа $\frac{\Delta t}{Q_s}$, разлике температуре Δt , и снаге Сунчевог зрачења Q_s .

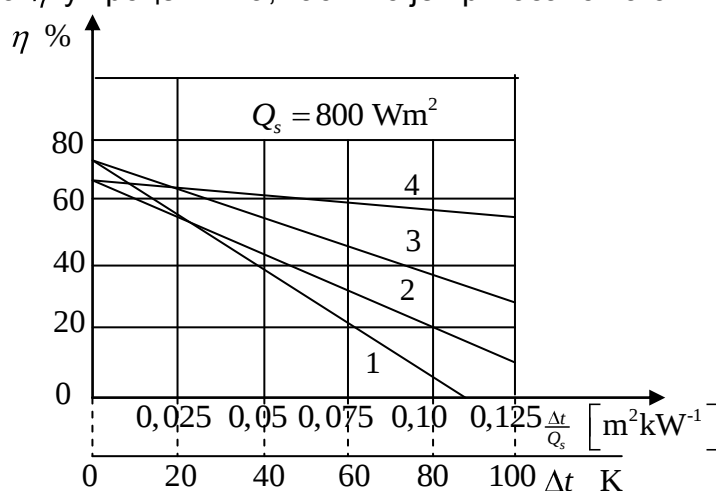
Када се у једначини (7) η сматра као функција као функција променљиве $\frac{\Delta t}{Q_s}$, онда ова функција представља праву линију чији је одсечак на ординати $OA = \alpha \tau$, а угловни коефицијент - k_u . Преношењем вредности $\frac{\Delta t}{Q_s} [\text{m}^2\text{KW}^{-1}]$ на апсцисну осу, а одговарајуће вредности η на ординатну осу правоуглог

координатног система, за $k_u = 3, 4, 5$ добија се сноп прaviх са заједночком тачком А (слика 17) и AD () за $k_u = 3$, AC за $k_u = 4$ и AB за $k_u = 5$.



Слика 17. Ефикасност соларног колектора и разлике температуре[2]

Корисно је да се одреди и ефикасност равних соларних колектора водних колектора различитих предњих провидних покривача η у зависности од температуре соларног колектора t_s и околине t_o . У том случају се на апцисину осу наноси температурска разлика $\Delta t = t_s + t_o$ а на ординатну осу ефикасност соларног колектора η у процентима, као што је приказано на слици 18.



Слика 18. Ефикасност соларног колектора и разлике температуре[2]

Права (1) дијаграма означава на слици ефикасност соларног колектора у зависности од разлике температуре Δt , односно, количника $\frac{\Delta t}{Q_s}$ за равни водни соларни колектор са једним стаклом и апсорбером са обичном црном бојом. Права (2) приказује исто за колектор са једним стаклом и селективном бојом,

права (3) са два стакла и обичном бојом и права (4) за соларни водни колектор са два стакла и селективном бојом.

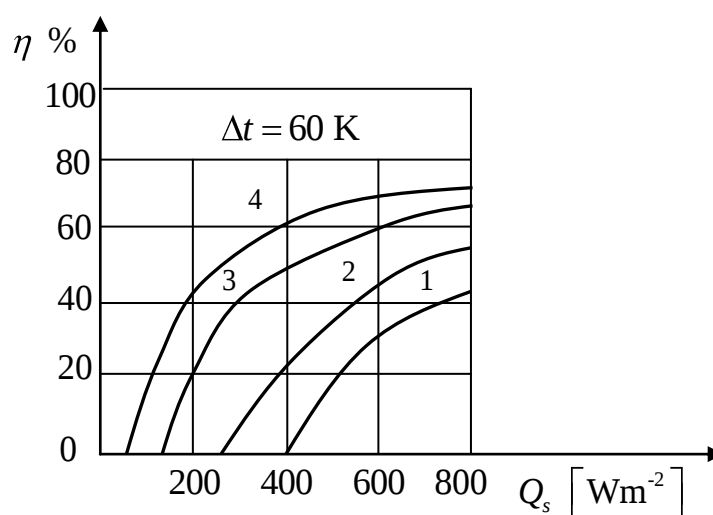
Пример 1. За $\Delta t = 40 \text{ K}$, односно $\frac{\Delta t}{Q_s} = 0,05 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$, ефикасност равног

соларног водног колектора са једним стаклом и обичном бојом износи 40%, са једним стаклом и селективном бојом 45%, са два стакла и обичном бојом 55%, а са два стакла и селективном бојом 65%. Из овог примера може се закључити да једноставнији равни соларни водни колектори имају доста велики пад ефикасност соларног колектора, односно степена искоришћења [2].

2.9 Ефикасност соларног колектора у зависности од интензитета Сунчевог зрачења

Ефикасност соларног колектора зависи углавном од интензитета упадног Сунчевог зрачења, локалних метеоролошких услова, разлике температуре између апсорбера соларног колектора и околине и конструктивних особина соларног колектора. Конструктивне особине соларног колектора утичу на коефицијент корисног деловања својим квалитетом и режимом рада и пријему Сунчевог зрачења, врстом, бројем и селективношћу стакла.

Размотриће се ефикасност соларног колектора у зависности од интензитета Сунчевог зрачења и могућности његовог побољшања. Разматрање ће се извршити за разлику температуре $\Delta t = 60 \text{ K}$ између апсорбера и околине. У том циљу на апцису координатног система преноси се интензитет Сунчевог зрачења Q_s од $0-800 \text{ Wm}^{-2}$, а на ординатну осу одговарајуће вредности коефицијента корисног деловања соларних колектора у процентима са једним (1) и два (2) обична стакла, као и са једним селективним (3) и два селективна (4) стакла.



Слика 19. Ефикасност соларног колектора у зависности од интензитета зрачења[2]

На дијаграму примећујемо да ефикасност соларног колектора мањи, уколико је мањи интензитет Сунчевог зрачења.

Пример 2. При интензитету Сунчевог зрачења од 600 Wm^{-2} , ефикасност соларног колектора са једним обичним стаклом износи 30%, са два обична стакла 45%, са једним селективним стаклом 60% и са два селективна стакла 70%.

Са дијаграма може се очитати вредности ефикасности соларног колектора $\eta=0$ код колектора са једним обичним стаклом $Q_s < 400 \text{ Wm}^{-2}$, код колектора са два обична стакла за $Q_s < 270 \text{ Wm}^{-2}$, код колектора са једним селективним стаклом за $Q_s < 150 \text{ Wm}^{-2}$ и код колектора са два селективна стакла за $Q_s < 100 \text{ Wm}^{-2}$, овакви случајеви називају се соларни колектори у празном температурском ходу.

3.0 Пример прорачуна броја потребних соларни колектора за загревање топле хигијенске воде у току године

Четворочлано домаћинство у нашим крајевима на 45° северне географске ширине троши дневно 300 kg топле хигијенске воде температуре 47° C. Треба да се одреди број равних водних колектора површине 1m^2 са два стаклена покривача за загревање потребне количине воде од просечне водне температуре 17° C до 47° C и то посебно у току целе године, у летњем периоду и зимском периоду.

Равни соларни водни колектор површине 1m^2 орјентисан према југу са нагибом од 55° C према хоризонту, прима годишње око 1000 kWh ефикасног Сунчевог зрачења, односно $2,74 \text{ kWh}$ дневно. Количина енергије је неравномерно распоређена у току године. Потребно је одредити број колектора посебно га добијање воде у току целе године, летњег и зимског периода.

1. Независно од годишњег доба. Потребна количина топлоте Q за загревање воде добија се према једначини:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

$c \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right]$ специфична топлота

m kg маса воде

Δt K промена температуре [2]

Знајући да је $c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ а у примеру $m = 350 \text{ kg}$ и $\Delta t = 47 - 17 \text{ K} = 30 \text{ K}$

добијамо да је количина топлоте Q :

$$Q = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 300 \text{ kg} \cdot 30 \text{ K} = 10,47 \text{ kWh}$$

Према томе потребно је 10,46 kWh дневно за загревање 300 kg воде од $17-47^\circ$ C. Са слике 19 се може видети да је повољна ефикасност соларног колектора са два стаклена покривача за интензитет Сунчевог зрачења између 400 и 800 Wm^{-2} . У току целе године треба узети вредност од 600 Wm^{-2} . Са дијаграма можемо прочитати за $Q_s = 600 \text{ Wm}^{-2}$ за соларни колектор са два стаклена покривача одговара ефикасност соларног колектора $\eta = 44\% = 0,44$.

Према томе користан ефекат Q_k за 1m^2 колекторске површине, износи:

$$Q_k = 2,74 \text{ kWhm}^{-2} \cdot 0,44 = 1,21 \text{ kWhm}^{-2}$$

Потребан број соларни колектора површине 1m^2 биће:

$$n_1 = \frac{Q}{Q_k} = \frac{10,47 \text{ kWh}}{1,21 \text{ kWh}} = 8,65 \approx 9$$

2. Летњи период. За загревање 300 kg воде од $17 - 47^\circ \text{C}$ опет је потребно $Q = 10,46 \text{ kWh}$. Средња вредност Сунчевог зрачења у овом периоду износи око 4 kWhm^{-2} . Са слике 19 може се видети да за $Q_s = 800 \text{ Wm}^{-2}$ за дати соларни колектор одговара ефикасност соларног колектора $\eta = 48\% = 0,48$.

Користан ефекат Q_k за 1m^2 колекторске површине износи:

$$Q_k = 4 \text{ kWh} \cdot 0,48 = 1,92 \text{ kWh}$$

Потребан број соларних колектора површине 1m^2 у овом случају је:

$$n_2 = \frac{Q}{Q_k} = \frac{10,46 \text{ kWh}}{1,92 \text{ kWh}} = 5,45 \approx 5$$

3. За зимски период. За загревање 300 kg воде од $17 - 47^\circ \text{C}$ опет је потребно $Q = 10,46 \text{ kWh}$. Средња вредност Сунчевог зрачења у овом периоду износи око $1,48 \text{ kWhm}^{-2}$. Са слике 19 се види да за $Q_s = 400 \text{ Wm}^{-2}$ датог соларни колектор одговара ефикасност соларног колектора $\eta = 25\% = 0,25$.

Користан ефекат Q_k за 1m^2 колекторске површине износи:

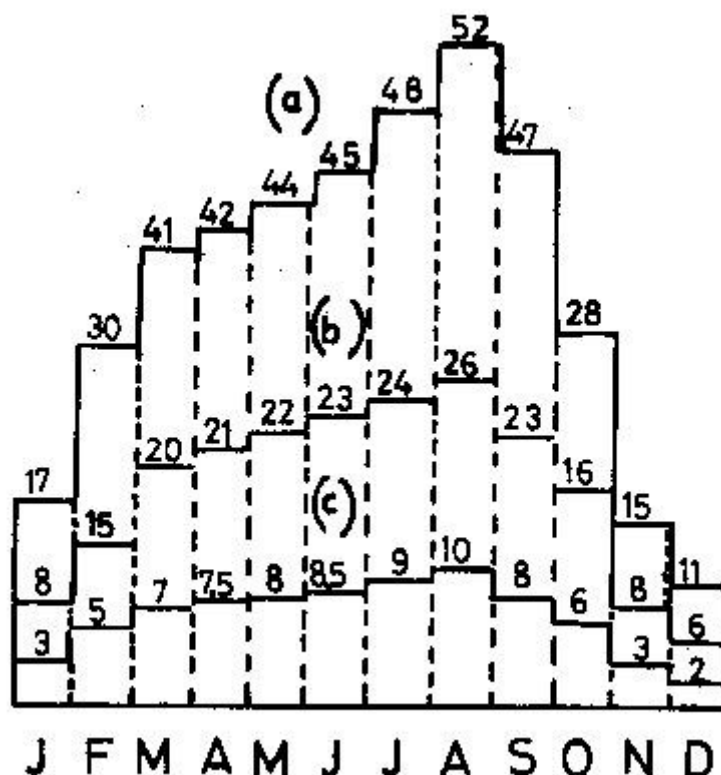
$$Q_k = 1,48 \text{ kWh} \cdot 0,25 = 0,37 \text{ kWh}$$

Потребан број соларних колектора површине 1m^2 у овом случају је:

$$n_3 = \frac{Q}{Q_k} = \frac{10,46 \text{ kWh}}{0,37 \text{ kWh}} = 28,27 \approx 28$$

Види се из добијених резултата да је за загревање 300 kg од $17 - 47^\circ \text{C}$ у току зимског периода потребно 28 соларних колектора од по 1m^2 колекторске површине. Вишак који би се појавио у летњем периоду може се користити за загревање отворених или затворених базена. Добијени резултати су само теоријски, јер се рачунало по просечним вредностима и нису узете свакодневне промене временских прилика. У току зиме има пуно облачних и магловитих дана, тако да ова површина не би била довољна, овако велика колекторска површина је веома скупа.

У наредним корацима израчунавамо број литара топле воде дневно које се може добити помоћу равног водног колектора двоструко застакљеног површине 1 m^2 на 45° северне географске ширине за сваки месец у току године.



Слика 20. Број литара топле воде сваког месеца у току године[2]

(а) Радна температура воде соларног колектора је 40°C, ефикасност соларног колектора према слици 18 је 45% а загревање воде од 10 до 40°C. Са дијаграма се може очитати да се број литара топле воде на дан по 1m² колектора од 17 литара у јануару пење на 52 литара у августу, док у децембру пада на 11 литара. За целу годину се добија 12600 литара топле воде 40°C што одговара просеку од 34,5 литара дневно по 1m² колекторске површине.

(б) Радна температура воде соларног колектора повећана је на 60°C, због чега се његова ефикасност соларног колектора према слици 18 смањено и износи 30%. Вода се загрева од 10 - 60°C. Са дијаграма се може очитати да се број литара топле воде дневно по 1m² колектора од 8 литара у јануару пење до 26 литара у августу, док у децембру пада на 6 литара дневно. За целу годину добија се 6360 литара топле воде температуре 60°C што одговара просеку од 17,4 литара дневно по 1m² површине соларног колектора.

(ц) Радна температура воде соларног колектора повећана је на 80°C, због чега се његова ефикасност соларног колектора према слици 18 нагло опада и износи 20%. Вода се загрева од 10 - 80°C. Са дијаграма се може очитати да се број литара топле воде дневно по 1m² колектора од 3 литара у јануару пење до 10 литара у августу, док у децембру пада на 2 литара дневно. За целу годину добија се 2310 литара топле воде температуре 80°C што одговара просеку од 6,3 литара дневно по 1m² површине соларног колектора. Енергија добијена помоћу соларног колектора за сваки од наведених случајева у току године износи:

$$(a) Q_1 = c \cdot m \cdot \Delta t = \frac{1}{860} \frac{\text{kWhm}^{-2}}{\text{kgK}} \cdot 12600 \text{kg} \cdot 40 - 10 \text{ K} = 440 \text{ kWhm}^{-2}$$

$$(б) Q_2 = c \cdot m \cdot \Delta t = \frac{1}{860} \frac{\text{kWhm}^{-2}}{\text{kgK}} \cdot 6360 \text{kg} \cdot 60 - 10 \text{ K} = 370 \text{ kWhm}^{-2}$$

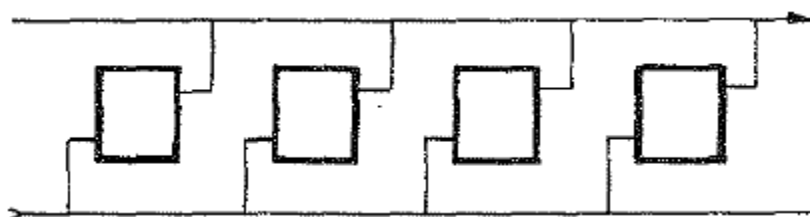
$$(ц) Q_3 = c \cdot m \cdot \Delta t = \frac{1}{860} \frac{\text{kWhm}^{-2}}{\text{kgK}} \cdot 2310 \text{kg} \cdot 80 - 10 \text{ K} = 188 \text{ kWhm}^{-2}$$

Из добијених резултата може се видети да се у току године под истим условима може добити већа количина млаке воде око 40°C, а мања количина топле воде око 80°C.

3.1 Везивање соларних колектора у систем

Због загревања веће количине воде, због чега су потребне веће колекторске површине, јавља се потреба везивања соларних колектора у систем. Постоје три врсте везивања колектора у систем: паралелно, редно, мешовито.

Паралелно везивање соларних колектора је приказано на слици 21. Свако колектор садржи само један део течности која се загрева. Сви колектори раде једнако тако да се у сваком од њих радној течности повиси температура за исти степен.



Слика 21. Паралелно везивање колектора у систем[2]

Течност треба да савлада мањи отпор, јер струји само кроз један колектор. Може се користити термосифонски принцип по коме се циркулација течности у соларном систему врши под деловањем Земљине теже без коришћења циркулационе водне пумпе. Када се рад једног колектора искључи из система, због зачепљења цеви или неког другог квара, остали колектори раде и даље без застоја.

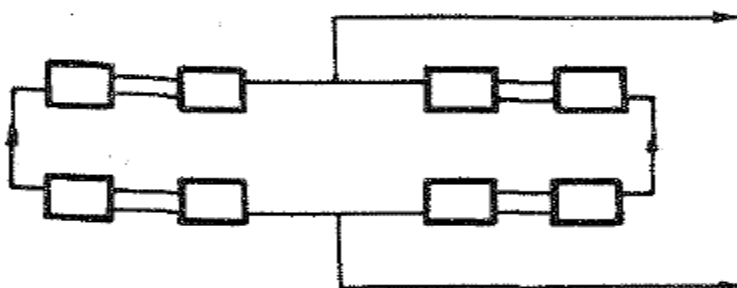
Редно везивање или везивање у низу приказано је на слици 22. При оваквом везивању соларних колектора, радна течност протиче кроз све колекторе један за другим тако да њена температура стално опада.



Слика 22. Редно везивање колектора у систем[2]

Пошто соларни колектори раде под различитим температурама, коефицијент корисног деловања појединих колектора нису исти. Опадање коефицијента корисног деловања највеће је код последњег колектора у низу, тако да се он мора повећати добром изолацијом и двоструким застакљивањем. Овај начин везивања захтева и употребу повратне пумпе.

У мешовитом везивању соларних колектора приказаном на слици 23, заступљено је и паралелни и редно везивање.



Слика 22. Мешовито везивање колектора у систем[2]

Оваквим везивањем обезбеђено је боље мешање течности која се загрева тако да је омогућена равномерна расподела у целокупном систему соларних инсталација.



Слика 23. Соларни систем[7]

3.2 Цене соларних колектора и домаћи произвођачи

Кућне инсталације, соларни системи који углавном служе за загревање топле хигијенске воде, састоје се од 4 до 10 m² активне површине соларног колектора, соларног бојлера, цевног система, аутоматике, циркулационе пумпе, сигурносних уређаја (експанзиони суд).

Цена m² квалитетног соларног колектора се крећу од 80 до 300€ (вакумски и преко 400€). Наравно да је разлика у томе која се технологија користи као и различити материјали. Заједно са соларним бојлером и додатном опермом минимална цена кућне инсталације (4m² = 2,8 MWh топлотне енергије на годиншњем нивоу) креће се, најчешће око 2000€.

Животни век соларних колектора се креће у границама од 25 до 30 година, а гаранција која се даје је обично од 5 до 15 година.

Тренутно у Србији произвођачи застакљених равних водених колектора су ЕЛСОЛ Пожаревац, Термомонт Шишмановци, Терминг Кула, Подвис Књажевац, Нисал Ниш, Мегал Бујановац [4].

Српско тржиште соларних колектора скоро да ни не постоји, јер је потражња на најмањем могућем нивоу. Уколико би се појавила тражња, број произвођача би растао. Великом конкуренцијом цене би кренуле наниже.

4.0 ЗАКЉУЧАК

Соларна енергија је један од реалних излаза из енергетске кризе која нас прати. Огромни део енергије Сунца који пада на Земљину површину није искоришћен а практично је бесплатан.

Сунчева енергија је еколошка, довољна за наше потребе, доступна свима, главни извор енергије.

Помоћу технологије, равних соларних колектора, који служе за прикупљање Сунчевих зрака, односно соларне енергије, и коришћење те енергије за добијање топле воде смањујемо себи трошкове и замењујемо примену фосилих горива.

У датом примеру који је рађен у раду може се закључити да у летњем периоду појављује вишак топле воде а у зимском мањак. Све наравно зависи и од временских услова у току тих доба године.

Великом уштедом помоћу енергије Сунца обезбеђујемо себи потребну енергију, чувамо животну средину за будуће генерације, штедимо фосилна горива којих има све мање. Подизањем свести људи како имамо шта да искористимо а још више шта треба сачувати, доћи ће до већег искоришћења соларне енергије.

5.0 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бојић М., СОЛАРНА ТЕХНИКА, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008.
- [2] Зрнић С., Ћулум Ж., ГРЕЈАЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА СА ПРИМЕНОМ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ, Машински факултет у Београду, Београд, 1988., ISBN 86-23-43015-8.
- [3] <http://besplatna-energija.com/primjena/koristenje-solarna-energija-grijanje-topla-voda.html>, приступљено: 22.04.2012.
- [4] Лукић Н., Бабић М., СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008., ISBN 86-86663-20-7
- [5] http://www.mfkv.kg.ac.rs/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=1041&Itemid=51, приступљено: 23.05.2012.
- [6] http://www.promogradnja.hr/materijali/clanak.php?subaction=showfull&id1251968509&archive=&start_from=&ucat=49&, приступљено: 06.06.2012.
- [7] www.solarno.info, приступљено: 12.06.2012.
- [8] <http://casopiszapraksuludiranja.blogspot.com/2012/01/rebusi.html>, приступљено: 02.05.2012.
- [9] <http://www.webgradnja.hr/katalog/2934/termoizolacijska-ploca-novolit-stiropor-eps-f-fasadni/>, приступљено: 17.05.2012.