

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: 76/2010

Никола С. Стојановић

Оптимизација надстрешница покривених са соларним колекторима

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Проф. др Милорад Бојић - ментор**
- 2. Проф. др Небојша Лукић**
- 3. Проф. др Јасна Радуловић**

Датум одбране:_____

Оцена:_____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да оптимизира величину надстрешница. При томе треба да представи резултате оптимизације величине (дубине) надстрешница за различите комбинације кућа које се користе за време сезоне хлађења (01. јун – 31. август) у Србији. Све куће имају надстрешнице покривене са соларним колекторима. Коришћење кућа симулирати и оптимизовати коришћењем EnergyPlus и Hooke Jeeves алгоритма. Затим добити оптималне дубине надстрешница, при чему је потребно минимизирати збир потрошње примарне енергије која је потребна за грејање санитарне воде и хлађење простора куће, као и количине уграђене енергије за надстрешнице и соларне колекторе. При томе оптимизацију извршити за различите оријентације надстрешница.

Препоручена литература:

- [1] Зрнић С., Ћулум Ж., ГРЕЈАЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА СА ПРИМЕНОМ СОЛАРНЕ, Научна Књига, Београд, 1988.
- [2] <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> (приступљено 02.05.2013.)
- [3] Michael Wetter, GenOpt -- A Generic Optimization Program, Building simulation, Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001.

Крагујевац, 2013

ментор:

Проф. др Милорад Бојић

Резиме:

Овај рад представља резултате оптимизације величине (дубине) надстрешница покривених са соларним колекторима за различите комбинације кућа које функционишу за време сезоне хлађења (01. јун – 31. август) у Србији. Све куће имају надстрешнице покривене са соларним колекторима. Оне су симулиране и оптимизоване коришћењем EnergyPlus и Hooke Jeeves алгоритма у функцији њиховог коришћења у току сезоне хлађења. Затим су добијене оптималне дубине надстрешница. Енергија функције циља служи да се умањи потрошња примарне енергије која је потребна за грејање санитарне воде и хлађење простора куће, као и количина уграђене енергије за надстрешнице и соларне колекторе. Резултати показују да дубина надстрешница зависи од њихове оријентације.

Кључне речи:

Соларни колектор, Надстрешница, Оптимизација, Уграђена енергија, Сезона хлађења

Abstract:

This paper presents the results of the optimization of the size of overhangs with solar collectors for different combinations of houses that operate during a cooling season in Serbia. All the houses have overhangs covered by solar collectors. They are simulated and optimized by using EnergyPlus and Hooke Jeeves algorithm for their cooling season operation. Then, optimal depths of the overhangs are found. The objective function serves to minimize the primary energy consumption needed for sanitary water heating and space cooling of the house, and amount of embodied energy in overhangs and solar collectors. Results show that overhangs depth depends on their orientation.

Keywords:

Solar Collectors, Overhangs, Optimisation, Embodied Energy, Cooling period

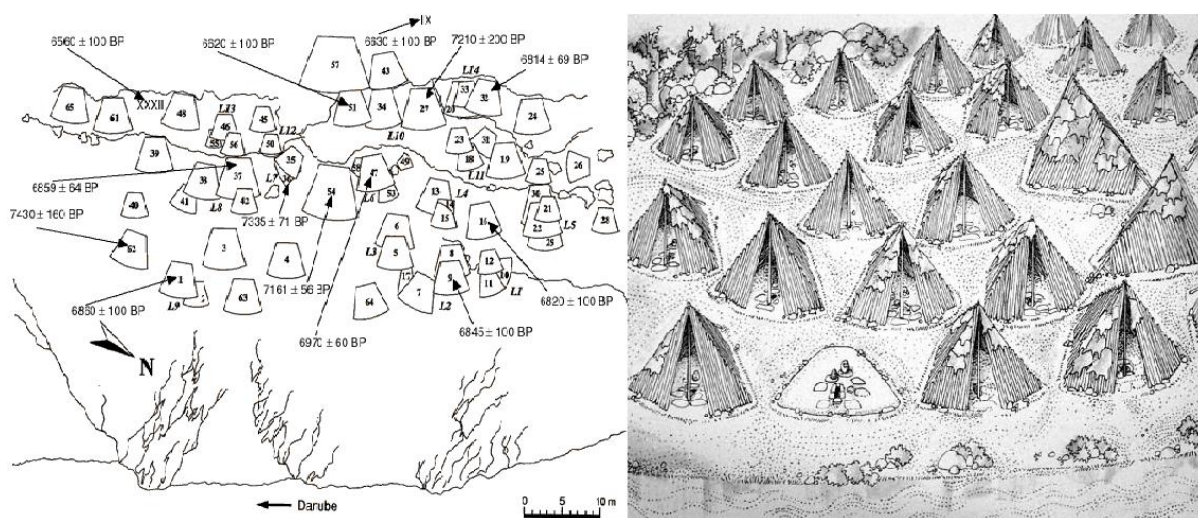
Садржај

1.0 Увод	1
1.1 Принципи коришћења Сунчеве енергије	3
1.2 Ефекат стаклене баште	3
2.0 Коришћење соларне енергије	4
2.1 Системи за коришћење соларне енергије	4
2.2 Пасивни соларни системи	4
2.3 Активни соларни системи	4
2.4 Уређаји за коришћење Сунчеве енергије	5
2.5 Равни водени соларни колектори	6
2.6 Везивање соларних колектора у систем	10
2.7 Соларни систем	12
2.8 Предноси и мане соларних колектора	12
3.0 Надстрешнице	13
3.1 Архитектура надстрешница	14
3.2 Изградња пасивних технологија (надстрешница) – основни принципи и услови	15
3.3 Подела надстрешница	15
3.4 Материјали надстрешница	16
3.5 Боје надстрешница	17
3.6 Надстрешница и соларни колектори	17
4.0 Коришћени софтвери	19
4.1 Energy Plus, Google SketchUp	19
4.2 Gen Opt	21
5.0 Дефинисање геометрије куће	22
5.1 Основна подешавања EnergyPlus-a	23
5.2 Коришћени климатизациони сплит системи	26
5.3 Математички опис	27
5.4 Распреди коришћења куће	30
6.0 Резултати	35
6.1 Резултати пре оптимизације	35
6.2 Резултати оптимизације	39
7.0 Закључак	52
8.0 Литература	53

1.0 УВОД

Загревање помоћу топлоте Сунца је један од најстаријих начина коришћења енергије. Основне принципе загревања уз помоћ Сунца човек познаје хиљадама година.

Да би опстао и створио погодне животне услове, човек је још на почетку цивилизације морао правилно да оријентише своје место боравка према Сунцу. Од најстарије познате архитектуре Лепенског вира (слика 1) 6500-5500 година п.н.е. људи су се трудили да "ухвате" јутарње Сунце, а да поподне остану у сенци. Шира страна њихове трапезасте куће била је окренута ка истоку тј. Дунаву и јутарњем Сунцу.



Слика 1. Шематски и графички приказ оријентације кућа на археолошком налазишту Лепенски вир[1]

Прво писано правило о соларним принципима грађења и коришћења соларне енергије дао је старогрчки филозоф Сократ 469-399 године п.н.е. (записао ученик Ксенофонт "Успомене о Сократу") :... "У кућама које гледају према југу, зими сунце сија у тремове, а лети се креће изнад нас и кровова, те чини хладовину", па препоручује градњу са вишом страном према југу и нижом страном према хладним ветровима севера.

Архимед 212 године п.н.е. на обалама Сицилије у одбрани Сиракузе користи јако Медитеранско Сунце, рефлектује га преко углачаних грчких штитова и концентришући га пали римске бродове (слика 2).



Слика 2. Тзв. "Архимедов зрак смрти"[2]

Куће старих Римљана нису имале јужну, већ западну оријентацију, да би искористили Сунце у вечерњим сатима када користе своја чувена купатила. Предња фасада од стакла пропуштала је Сунчево зрачење у унутрашњост. Римска купатила су била позната по топлоти унутрашњих просторија.

Преко архаичног средњег века па све до индустријске револуције и савременог доба, човек је широм планете усвајао мање или више успешна решења коришћења Сунчеве енергије у свакодневном животу.



Слика 3. Изглед традиционалне јапанске градње са надстрешницама[3]

Током историје човечанства и различитих стилова градње, откривајући и примењујући иновациона решења у коришћењу Сунчеве енергије, стигло се до надстрешнице крова која штити последњи спрат, са хоризонталним надстрешницама на сваком спрату које штите фасаду и унутрашњост испод (слика 3). Унутрашње стране су конкавне и офарбане светлим бојама како би се апсорбовало и рефлектовало зрачење Сунца у зграду зими и пригушило лети (стварајући сенку).

Од Европе, преко Америке, све до Далеког истока убрзана урбанизација током 19-ог и 20-ог века отргла је човечанство од биоклиматске оријентације и скренула га у енергетску нерационалност.

Савремени развој захтева напуштање необновљивих извора енергије и окретање енергетској ефикасности, уштеди енергије и економској исплативости тј. обновљивим изворима енергије[4] [5].

1.1 Принципи коришћења Сунчеве енергије

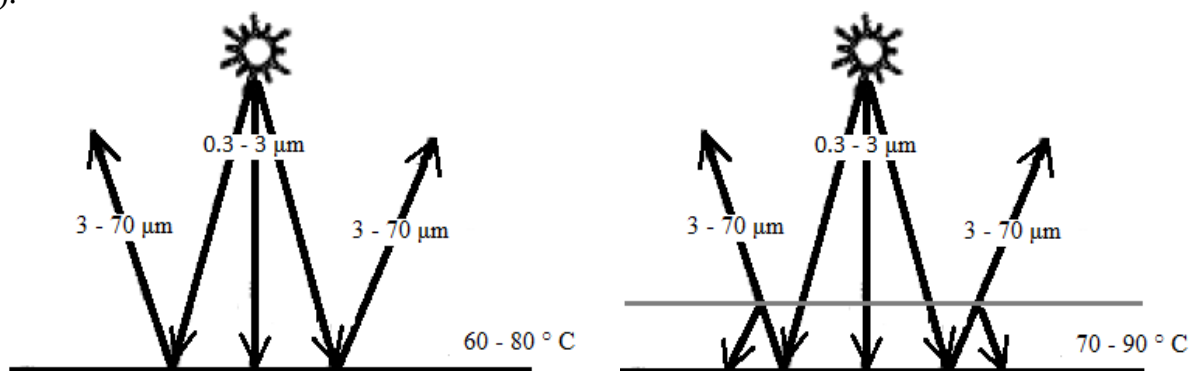
Тела која пропуштају светлосне зраке називају се транспарентна, а која упијају црна тела. У ствари, не постоје тела која потпуно одбијају, пропуштају или упијају светлосне зраке. За примену Сунчеве енергије потребно је познавати ове особине тела.

Када Сунчеви зраци падају нормално на црно тело од материјала који је добар апсорбер (на пример: црно обојени лим од бакра или алуминијума) тело се загрева уз подизање температуре (лим се загрева $60 - 80^{\circ}\text{C}$). То значи да је један део светлосне енергије лим апсорбовао, при чему је кинетичка енергија фотона светлости трансформисана у топлотну енергију честица лима. Овако загрејани лим губи већи део апсорбоване енергије инфрацрвеним зрачењем топлоте, што је потребно спречити. То се постиже покривањем апсорбера материјалом који добро пропушта светлост кратке таласне дужине (видљиву светлост), а спречава пролаз невидљивог инфрацрвеног зрачења таласних дужина изнад $3\mu\text{m}$ које зрачи апсорбер. Ове услове испуњава у првом реду стакло.

Стакло је најпознатији чврст материјал који пропушта Сунчево зрачење (таласне дужине од $0,3 - 3\mu\text{m}$) и то у просечном износу од 90%. Како се површина иза стаклене плоче загрева она емитује инфрацрвено дуготаласно зрачење (таласне дужине од $3 - 70\mu\text{m}$). За разлику од видљиве светлости и краткоталасног инфрацрвеног зрачења, ово зрачење стакло апсорбује и потом емитује назад на површину (делом и у околину), тј. топлотни зрак може ући, али не и изаћи из стаклене замке. Ова особина стакла назива се ефекат стаклене баште [6] [7].

1.2 Ефекат стаклене баште

Ефектом стаклене баште значајно се може увећати температура површине на којој се успоставља термичка равнотежа (примљена количина топлоте једнака предатој). Тако се, на пример, тамна метална површина изложена Сунцу на мирној атмосфери може загрејати од $60 - 80^{\circ}\text{C}$. Коришћењем стакленог прекривача, иако се губи 10% Сунчевог зрачења, температура површине се може повећати до 90°C (слика 4).



Слика 4. Сунчево зрачење на површину и Сунчево зрачење на површину прекривену стаклом[7]

Ефекат стаклене баште је један од основних ефеката који се користи при конструкцији соларних колектора [7].

2.0 КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Први равни топлотни пријемник соларне енергије је направио швајцарски научник Horace de Saussure 1767. године.

Први топлотни пријемник соларне енергије савремене технологије са бакарним цевима унутар термоизолованог кућишта патентирао је William J. Bailey 1908. године у САД [4].

Од тада па све до појаве нафтне кризе 70 – их година XX века није придаван значај соларним системима. Нафтна криза промовише коришћење соларне енергије и од тада се топлотни пријемници соларне енергије и остали уређаји у оквиру активних соларних система стално развијају и усавршавају. Константно се повећава њихова примена [4].

2.1 Системи за коришћење соларне енергије

Соларни системи су заокружене инсталације за дефинисани вид коришћења соларне енергије. Соларне системе треба разликовати од пријемника Сунчеве енергије.

Постоје :

- пасивни соларни системи
- активни соларни системи [4] [6].

2.2 Пасивни соларни системи

Пасивни соларни системи представљају део неког већег склопа који није преваосходно намењен искоришћењу соларне енергије.

Суштина пасивних соларних система је у томе да се познавањем и применом физичких закона (загревања, хлађења, циркулације ваздуха, топлотне изолације) постигне да се склоп понаша као регулатор топлоте и то без примене посебних уређаја за трансформацију Сунчеве енергије тј. без топлотних пријемника Сунчеве енергије и фотонапонских система који се примењују код активног коришћења соларне енергије [4].

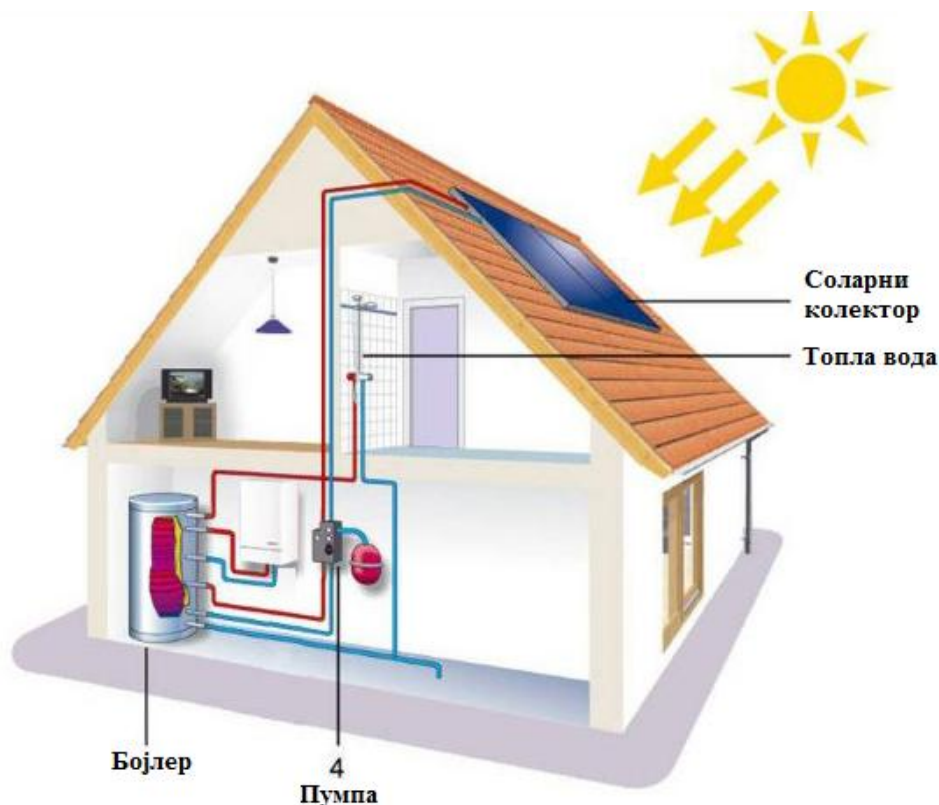
Класични примери пасивног соларног система су **надстрешнице** и Тромбеов зид.

2.3 Активни соларни системи

Активни соларни системи се према начину конверзије Сунчевог зрачења деле на:

- системе код којих се енергија Сунчевог зрачења директно трансформише у електричну енергију тзв. фотонапонски системи
- **системе код којих се Сунчево зрачење директно трансформише у топлоту тзв. топлотни пријемници Сунчеве енергије (соларни колектори)**

Топлотни пријемници (соларни колектори) Сунчеве енергије су системи за трансформисање Сунчевог зрачења у топлоту и користе се за потребе загревања и добијања топле воде (слика 5).



Слика 5. Соларни систем са соларним колектором [8]

У оквиру топлотних пријемника Сунчевог зрачења могу се интегрисати соларне ћелије, па се тако добија систем који Сунчево зрачење трансформише у електричну и топлотну енергију (хибридни соларни колектори) [4].

2.4 Уређаји за коришћење Сунчеве енергије

Најједноставнији начин за коришћење Сунчеве енергије је трансформација Сунчеве енергије у топлотну. Уређај којим се остварује трансформација Сунчеве енергије у топлотну назива се колектор соларне енергије (соларни колектор, соларни пријемник, топлотни пријемник) [7].

Дакле, соларни колектор је пријемник соларне енергије који Сунчево зрачење трансформише у топлотну енергију тј. у унутрашњу енергију радног флуида.

По конструкцији соларни колектори се деле на:

- **равне соларне колекторе**
- **концентришуће (фокусирајуће) соларне колекторе**

По врсти радног флуида који користе **равни соларни колектори** се деле на:

- **водене соларне колекторе**
- **ваздушне соларне колекторе**
- **соларне колекторе који користе друге течне флуиде (термичка уља)**

По покретљивости панела соларни колектори се деле на:

- **соларне колекторе са непокретним панелом**
- соларне колекторе са покретним панелом

Основне врсте **равних водених** соларних колектора:

- незастакљени соларни колектори
- **застакљени соларни колектори**
- бојлерски соларни колектори
- вакуумски соларни колектори

Основне врсте равних ваздушних соларних колектора:

- незастакљени соларни колектори
- застакљени соларни колектор [4] [6] [7]

2.5 Равни водени соларни колектори

Водени соларни колектор Сунчеве енергије користи течност као радни медијум. То је најчешће вода или течност на бази антифриза развијена за коришћење у соларним инсталацијама.

Главни проблеми при употреби водених соларних колектора Сунчеве енергије су:

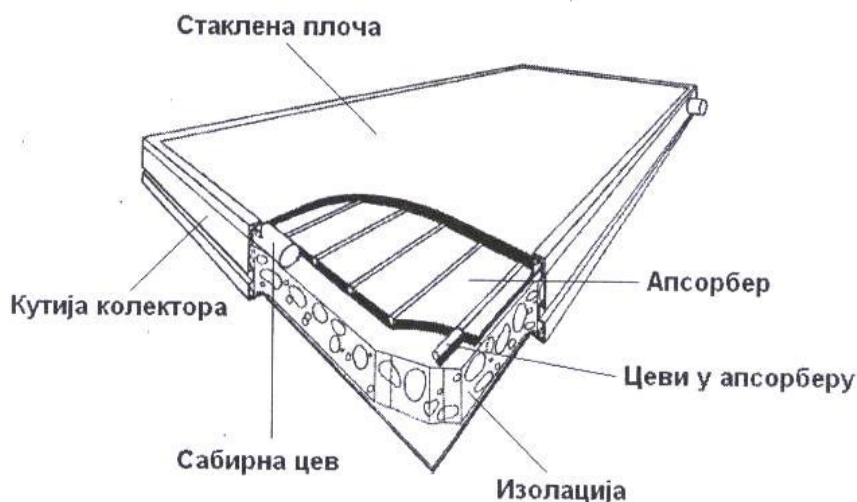
- корозија
- кондензација водене паре
- сакупљање воде у топлотном пријемнику
- могућност смрзавања воде при ниским температурама.

Ови проблеми се данас могу успешно решити. Елиминисање могућности појаве корозије се постиже применом антикорозивних средстава. Замрзавање воде се елиминише коришћењем антифриза. Продор воде и прашине у унутрашњост онемогућава се добром заптивеношћу [4].

• Равни водени застакљени соларни колектор

Застакљени равни водени соларни колектор (слика 6) је основни тип соларног колектора. Сунчево зрачење које пада на соларни колектор највећим делом пролази кроз стаклену плочу и највећим делом се апсорбује на површни апсорбера. Провођењем кроз апсорбер вода у интегрисаним цевима (или каналима) преузима топлотну енергију на одговарајућем температурном нивоу. Топлотни губици у околину умањују се термичком изолацијом иза и са стране апсорбера.

Радне температуре код ових соларних колектора иду до 100°C [4] [6].



Слика 6. Раван водени застакљени соларни колектор[9]

Основни делови равних водених застакљених соларних колектора

Помоћу равних соларних колектора Сунчево зрачење се хвата, апсорбује и претвара у топлоту.

Основни елементи равних соларних колектора Сунчеве енергије су:

- транспарент (стаклена плоча)
 - апсорбер
 - термичка изолација
 - кућиште
 - спојни и заптивни елементи
- *ТРАНСПАРЕНТ (СТАКЛЕНА ПЛОЧА)*

Предњи покривач соларног колектора има функцију да затвори простор испред апсорбера и спречи губитке топлоте и да при том обезбеди што бољи продор Сунчевог зрачења до апсорбујуће површине. Материјал који се користи мора бити отпоран на:

- атмосферске утицаје средине
- Сунчево УВ зрачење које има деградациони утицај на карактеристике соларних колектора
- високе и ниске температуре.

То значи да материјал који се користи треба да има механичку и топлотну отпорност и хемијску постојаност. Од интензитета пропуштене светлости директно зависи укупни енергетски ефекат соларног колектора. Код израде соларног колектора потребно је одредити број покривача, њихове дебљине и растојања између покривача и апсорбера.

Најчешће се за транспарентне покривке користе разне врсте стакла, полиетилен, ПВЦ [4] [7].

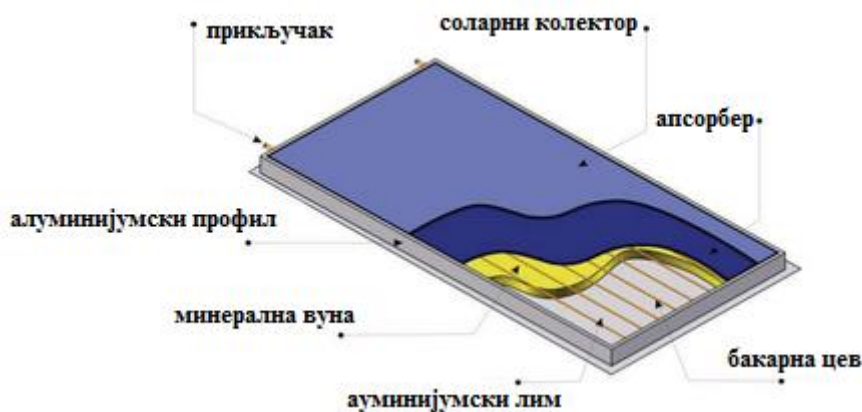
– АПСОРБЕР

Апсорбер је кључни елемент соларног колектора који трансформише Сунчево зрачење у топлоту. Од апсорбера зависи ефикасност апсорпције Сунчевог зрачења, величина топлотних губитака, ефикасност преноса топлоте са апсорбујуће површине на радни медијум, отпор струјања радног медијума, трајност енергетских трансформационих карактеристика.

Апсорбери се разликују по:

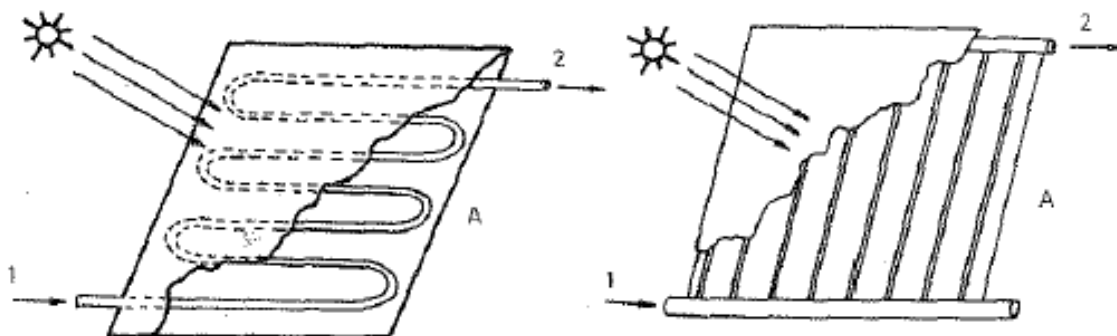
1. материјалу од кога су направљени
2. начину бојења површине
3. ефикасности у предаји топлоте радном флуиду

- 1) Апсорбери се израђују од бакра, алуминијума, нерђајућих челика, пластичних материјала. Постоје и разне комбинације ових материјала да би се побољшале термичке, апсорпционо-емисионе, рефлексивне и антикорозивне карактеристике [4].



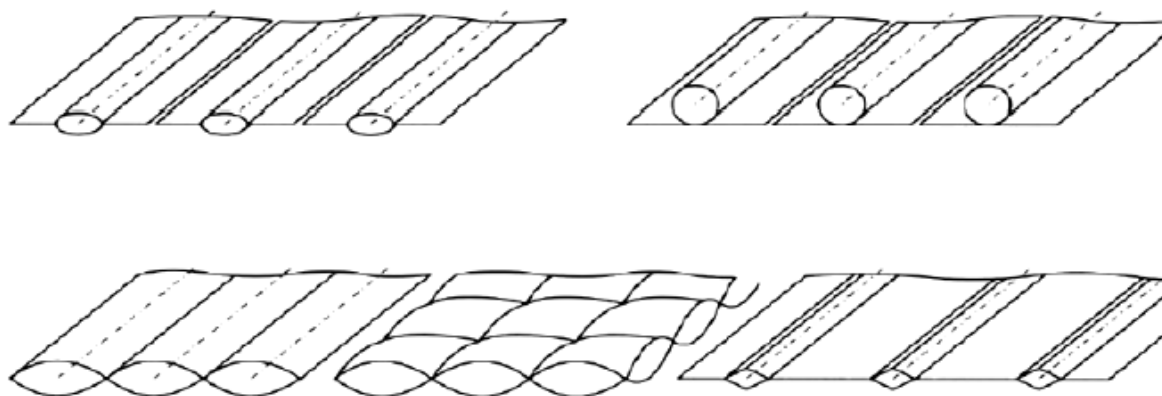
Слика 7. Материјал и конструкција апсорбера [10]

- 2) Површина апсорбера изложена Сунчевом зрачењу покривена је танким антирефлексивним премазом (бојом) да би се смањио губитак топлоте услед рефлексивне светлости, а повећала апсорпција. Слој боје (премаза) треба да буде што тањи, јер је боја топлотни изолатор и лош проводник топлоте. С обзиром на коришћене антирефлексивне премазе разликујемо:
 - неселективне апсорбере – најчешће премазане мат црном бојом код којих се апсорбује преко 90% Сунчевог зрачења
 - селективне апсорбере – прекривене селективним премазом или бојом, код којих се апсорбује преко 95% топлотног инфрацрвеног Сунчевог зрачења, а израчи само 5% [4] [7].
- 3) Апсорбер треба да има што бољу проводљивост топлоте у циљу што ефикасније предаје радном флуиду. Зато су веома важни избор материјала и конструкција апсорбера тј. положај и начин везивања цеви или канала којима протиче радни флуид.



Слика 8. Попречни пресеци цеви апсорбера [6] [7]

Додирна површина између цеви које транспортују флуид и плоче апсорбера треба да буде што већа (слика 9). И поред настојања да се конструкцијом постигне што бољи контакт између плоче апсорбера и радног флуида, ипак долази до губитка топлотне енергије предате радном флуиду на местима заваривања додирних површина и у простору између цеви. Савремене технологије спајања, као што су ултрасонично заваривање подижу квалитет соларних колектора, смањују топлотне губитке и производну цену [7].



Слика 9. Профили апсорбера са цевима и додирним површинама[7]

– ТЕРМИЧКА ИЗОЛАЦИЈА

Термичка изолација (слика 10) директно утиче на смањење термичких губитака. Оптимална дебљина термоизолационог слоја иза и на бочним странама апсорбера зависи од:

- врсте термоизолације која се примењује
- намене соларних колектора
- конструкционих захтева

Као материјал највише се користи експандирана полиуретанска пена и полистрен (стиропор), јер не упијају влагу и хемијски са њом не реагују (добре термоизолационе и механичке карактеристике). Стаклена и минерална вуна због своје растреситости могу примити веће количине влаге, што смањује трајност и ефикасност колектора.

Дебљина термоизолационих слојева треба да се креће са задње стране 30-50 mm, а са бочних страна 30-40 mm. [4]



Слика 10. Материјали за термоизолацију – полиуретанска пена, стаклена вуна и стиропор[11][12]

– **КУЋИШТЕ**

Кућиште соларног колектора обједињује све његове елементе у једну целину. Стаклена плоча тј. транспарентна покривка је једини елемент који не чини кућиште, али са њим чини функционалну целину.

Кућиште се обично израђује од материјала одређене чврстине, трајности, отпорности (на корозију и временске утицаје) и прихватљиве цене. Углавном се израђује од метала заштићених поступком елоксирања, бојом, пластифицирањем (алуминијум), а ређе од пластичних материјала подложних временским утицајима и УВ зрачењу [4].

– **СПОЈНИ И ЗАПТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ**

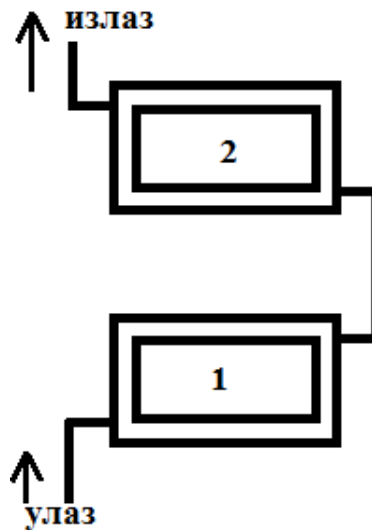
Поред предходно наведених основних елемената соларног колектора, веома су значајни и спојни и заптивни елементи и материјали чијим се постављањем спречава продор кише, влаге, прашине у колектор, смањују топлотни губици ваздуха кроз процепе, што све битно утиче на енергетски учинак соларних колектора [4].

2.6 Везивање соларних колектора у систем

Да би се постигло ефикасно коришћење соларних колектора потребно је њихово правилно повезивање у систем. Неправилно везивање изазива отпор у инсталацији који може довести до смањеног протока или прекида протока кроз соларне колекторе.

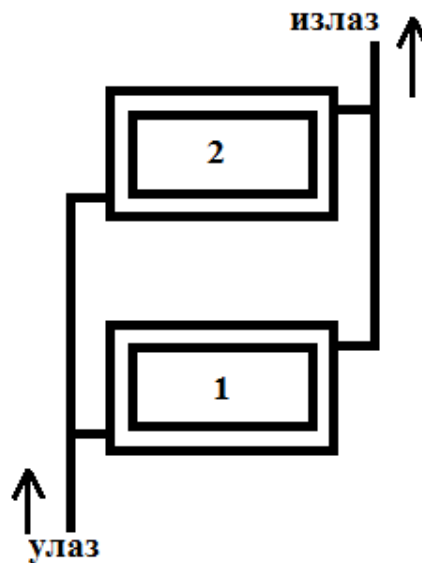
Соларни колектори се могу повезати:

- редно
- паралелно



Слика 11. *Редна веза два соларна колектора*

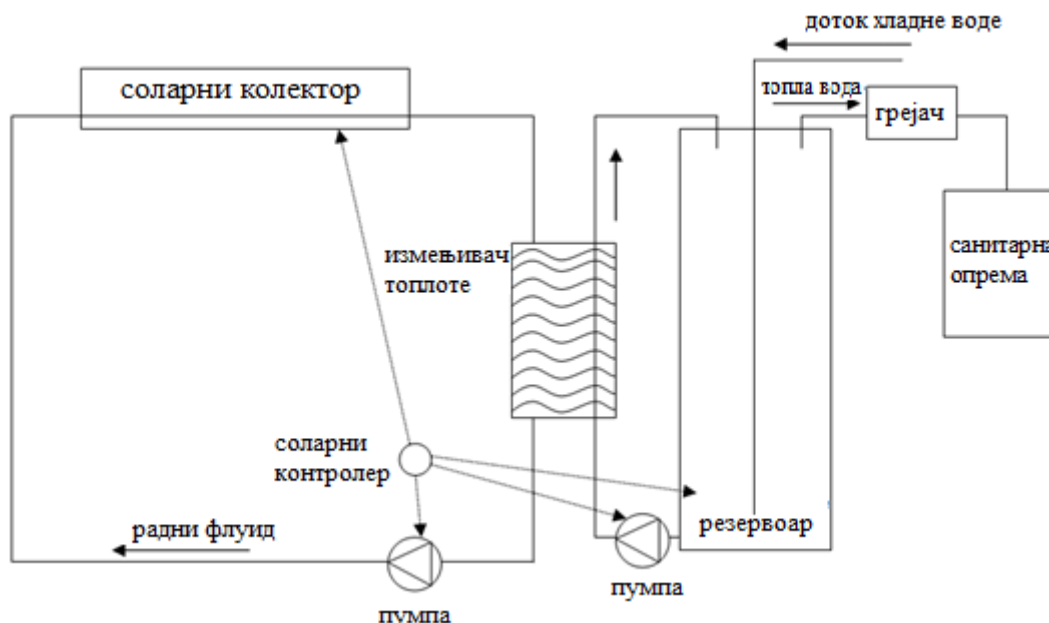
Код редно везаних соларних колектора (слика 11) долази до повећања отпора протоку флуида, повишења радне температуре, што изазива топлотне губитке и мањи степен искоришћења.



Слика 12. *Паралелна веза два соларна колектора*

Код паралелно везаних соларних колектора (слика 12) отпор кретању радног флуида природно је избалансиран, радне температуре су једнаке, па им је и енергетска ефикасност једнака. [4]

2.7 Соларни систем



Слика 13. Соларни систем[13]

Код овог система (слика13) соларни колектори се налазе на надстрешницама. Њихов радни флуид покреће пумпа чијим радом управља соларни контролер. Овај радни флуид преко измењивача топлоте предаје своју топлоту санитарној води. Санитарна вода која се налази у резервоару кружи кроз измењивач помоћу друге пумпе којом такође управља соларни контролер. Овај контролер још узима податке из резервоара и из соларног колектора. На овај начин се санитарна вода догрева природно до неке границе користећи соларну енергију, а затим се у случају потребе додатно загрева помоћу грејача и затим се користи као топла санитарна вода[13].

2.8 Предности и мане соларних колектора

Предности:

- бесплатно гориво – Сунчева енергија је бесплатна и свима доступна
- еколошка исправност – при коришћењу соларних инсталација не долази до емисије штетних гасова у атмосферу
- релативно лако одржавање – не захтевају компликовано одржавање
- локално генерисање топлотне енергије – енергија се директно троши на месту производње
- флексибилност дизајна и величина соларних колектора – од минималних до индустријских

Недостаци:

- зависност од Сунчевог зрачења
- цена инсталације – већа почетна улагања

3.0 НАДСТРЕШНИЦЕ

Стамбена кућа (или зграда) је неопходни сегмент људског живота. Човек проведе 70 – 90% животног века боравећи по разним кућама (зградама). Од укупно произведене енергије у једној стабилној економији стамбене куће (зграде) потроше више од 40% енергије, а у земљама и економијама у развоју још више (статистика Luis.et.al).

Развојем привреде и урбанизације иде се ка смањењу потрошње енергије, што је велики допринос друштву и будућим генерацијама. Али, за сада, стамбене куће (зграде) са лошим енергетским перформансама су наша реалност и већина (нарочито зграде) ће бити у употреби све до 2025 године, чак и после 2050. Статистика бележи да постојеће куће (зграде) емитују 33% глобалне емисије CO₂, а новосаграђене тек неколико процената. Стога и спровођење исплативог модификовања постојећих стамбених кућа (зграда) постаје једини прихватљив начин енергетске уштеде (слика 14).



Слика 14. Систем надстрешница после модификовања [14]

Дизајн соларног сенчења је тема која привлачи светску пажњу. Исправан енергетски дизајн сенчења смањује спољашње Сунчево зрачење и атмосферске утицаје, а истовремено обезбеђује пријатан унутрашњи термални и визуелни амбијент. Зато овај дизајн постаје стална ставка у изградњи кућа (зграда).

Да би се утврдило да ли је систем (дизајн) енергетски ефикасан и исплатив за уградњу, нису потребне велике анализе и демонстрације. "Финансијска исплативост и Процена животног циклуса" (LCA) се најчешће усвајају у процени да ли је кућа (зграда) исплатива [4] [14] [15].

3.1 Архитектура надстрешница

Европска енергетска грађевинска директива (EPBD) промовише коришћење пасивних стратегија за изградњу нових и модификовање већ постојећих стамбених кућа (зграда), које побољшавају унутрашње топлотне услове зими и лети и тако омогућавају смањење потребне енергије за грејање и хлађење током целе године.

Поред најпримењеније пасивне стратегије типа термоизолација омотача зграде, све више се помиње архитектура сенчења којом се регулише директно загревање ваздуха у унутрашњости услед Сунчевог зрачења.

Надстрешница у архитектури је испупчена (избачена) структура која обезбеђује заштиту за ниже нивое. Грађевинска пракса познаје холандски тип архитектуре са две и швајцарски са надстрешницама на све четири стране куће (зграде).

Савремене стамбене куће (зграде) су велики потрошачи енергије. Велики део искоришћене енергије отпада на грејање и хлађење. Ради уштеде енергије пожељно је у градњи предвидети и применити систем надстрешница које повећавају како енергетску ефикасност, тако и саму функционалност куће (зграде) у целини.

При пројектовању надстрешнице треба узети у обзир да она лети спречава, а у току зиме омогућава продор Сунчевог зрачења у задату кућу (зграду), па треба да буде таквих димензија да те задатке успешно решава. Приликом пројектовања прорачунава се оптимална дубина надстрешнице на утицај Сунчевог зрачења зими и лети.

Модерна соларна архитектура познаје како непокретне тако и покретне надстрешнице, којима се постиже оптималан захват Сунчевог зрачења у току дана и током целе године. Угао упада Сунчевог зрачења у кућу (зграду) за становање зависи од: географског положаја места у коме се кућа налази, годишњег доба, дневног кретања Сунца (привидног) [4] [5] [14] [15].



Слика 15. Сунчеви зраци 1) 22. децембра, 2) 8.марта и 21. септембра и 3) 21.јуна

3.2 Изградња пасивних технологија (надстрешница) – основни принципи и услови

Основни принцип изградње надстрешница је изградња пасивне технологије. То значи да се куће (зграде) граде у стандарду уштеде енергије. Пасивна технологија је метод изградње нискоенергетских кућа (зграда), што резултира умањеном потрошњом енергије за грејање и хлађење. При изради пројекта води се рачуна о енергетској самосталности без обзира на локацију. Увођењем пасивних технологија покушава се бар делимично решити проблем зависности од фосилних енергената (нафта, гас и угаљ).

То се постиже поштовањем основних услова за изградњу пасивних технологија:

- правилан архитектонски дизајн, узимајући у обзир ниво Сунчевог зрачења на терену (микролокацији)
- спроведен детаљан прорачун топлотних губитака, узимајући у обзир климатске податке
- спроведен детаљан прорачун топлотних унутрашњих добитака применом соларног дизајна
- имплементација оптималног система грејања и хлађења, са акцентом на обновљиве изворе енергије: грејање соларним колекторима, грејање биомасом, производња електричне енергије помоћу фотонапонских панела, грејање помоћу топлотних пумпи [4] [5] [14] [15].

3.3 Подела надстрешница

Свака надстрешница мора бити изграђена у складу са грађевинским правилима, а то значи да мора да испуни захтеве климатских зона. Надстрешница треба да издржи велика оптерећења услед снега и ветра као и превелика загревања.

Узимајући све ово у обзир могу се извршити неке од следећих подела:

- Према типу уградње:
 - монтажне – уграђују се помоћу челичних носача на зид куће или зграде. Монтажа без зидних (монтажних) држача, тј. монтажа директно на сам зид куће или зграде је врло опасна због додатних атмосферских оптерећења (олујни ветар, град, снег).
 - самосталне – стоје на својим стубовима, додирују зидове куће или зграде, али се обично директно не повезују. Постоје два основна облика класичне самостојеће надстрешнице: на два или четири стуба. Целу конструкцију надстрешница обично носи челично бетонско подножје (стопа) инсталирано у земљу.
- Према транспарентности тј. пропустљивости светлости:
 - провидне (прозирне)
 - непровидне (непрозирне)

- Према конструкцији (слика 16):
 - стандардне са отвореним странама (да лети због високих температура не задржавају топлоту)
 - са једном или две затворене стране (штите од Сунца, ветра, кише и снега) [15] [16]



Слика 16. Различите конструкције надстрешница [17]

- Према намени:
 - за гараже
 - за терасе
 - за улазе и прозоре
 - разне друге намене

3.4 Материјали надстрешница

Материјали од којих се израђују надстрешнице (слика 17) морају да издрже статичка оптерећења и механичка оштећења. Морају да имају велику чврстоћу и издржљивост, отпорност на воду, влагу, температуру, биолошке факторе, да не би долазило до пуцања и увијања.

Треба разликовати материјале конзола (носача) надстрешница од материјала самих надстрешница.

Материјали конзола надстрешница: алуминијумски профили, челичне конструкције (заштићене бојом, топлим цинковањем, електростатичким прахом), дрвене конструкције, конструкције од лепљеног ламелираног дрвета, ПВЦ профили, ковано гвожђе.

Материјали самих надстрешница: поликарбонат, поцинковани лим, стакло, церада (платно), дрво, цреп, бакарне траке, прохром... [15] [16]



Слика 17. Материјали надстрешница [18]

3.5 Боје надстрешница

За бојење надстрешница користе се светлији или тамнији тонови (нијансе) у зависности од тога да ли се жели постићи ефекат рефлектовања или упијања Сунчевог зрачења. Светле нијансе (бела, сребрна) боље рефлектују Сунчево зрачење, што доводи до тога да се структура мање греје [15] [16].

3.6 Надстрешница и соларни колектори

Класификација кровних соларних колектора према обликовно функционалним карактеристикама крова на који се постављају:

- соларни колектори постављени на равне кровове и надстрешнице
- соларни колектори постављени на косе кровове и надстрешнице
- соларни колектори постављени на терасасте кровове

Примарни критеријум за овакву поделу су нагиб и облик крова и надстрешница.

На косим и равним површинама могућа је примена интегрисаних и неинтегрисаних соларних колектора (слика 18).

Примена интегрисаних соларних колектора је много чешћа на косим крововима. На равним крововима и надстрешницама интегрисани соларни колектори се мање примењују, јер хоризонталне површине нису најпогодније за пријем Сунчевог зрачења. Такве системе одликује мали степен ефикасности, али су и таква решења технички могућа.

Равни кровови и надстрешнице су веома погодни за постављање неинтегрисаних соларних колектора, јер се неинтегрисани системи не налазе у равни крова и надстрешница и могу се постављати под оптималним углом у односу на Сунчево зрачење.

Веома је важан правилан распоред соларних колектора у односу на површину постављања у целини.

У односу на начин монтирања неинтегрисани соларни колектори за равне површине деле се на:

- соларне колекторе који се механички фиксирају за површину (преко разних врста металних носача)
- соларне колекторе који се не фиксирају на површину



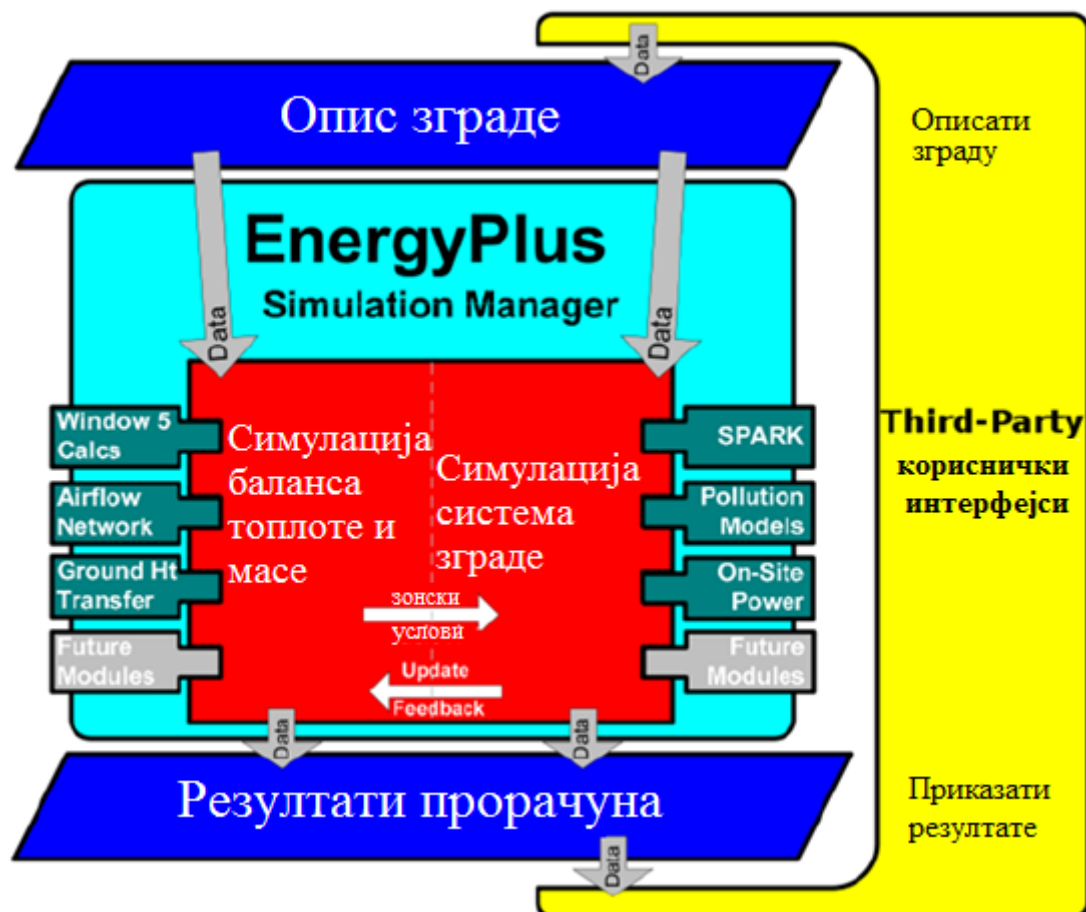
Слика 18. *Интегрисани и неинтегрисани соларни колектори на косим и равним површинама[19]*

Може се закључити, да би се постигла енергетски ефикасна, економски исплатива и естетски адекватна примена соларних колектора на надстрешницама, пре избора и пројектовања соларних колектора и самих надстрешница, као и њихове инсталације, увек треба да претходе исцрпне и свеобухватне анализе локације куће (зграде), карактеристике куће (зграде) и карактеристике самих соларних колектора [15] [16] [20].

4.0 КОРИШЋЕНИ СОФТВЕРИ

4.1 Energy Plus, Google SketchUp

За израду овог завршног рада у основи су коришћени програми Google SketchUp и EnergyPlus. Ова два програма имају међусобну комуникацију тако што Google SketchUp даје геометрију куће која се симулира у EnergyPlus-у.



Слика 19. Начин функционисања EnergyPlus-a са свим пратећим додацима[21]

Будући да EnergyPlus не доноси са собом графичке корисничке интерфејсе за препроцесирање (графичко дефинисање геометрије) и постпроцесирање (графички приказ резултата), неопходно је користити програме који већ постоје и могу се применити како за креирање куће, тако и за приказ резултата прорачуна. На слици 19 су ови програми приказани жутим пољем и могу бити различито конципирани. Најобичнији начин за креирање геометрије је уз помоћ неког текстуалног едитора, али је такође и најтежи будући да је саму геометрију куће веома тешко дефинисати на овај начин, а и захтева доста времена. Зато је у овом раду коришћен програм за дефинисање геометрије Google SketchUp са посебним додатком, Open Studio, који је накнадно инсталиран. Након генерисања file-a уз помоћ Google SketchUp-a и корекције у IDF Editor-у добијамо коначну улазну датотеку за EnergyPlus (на слици приказану као Опис зграде у плавом ромбоиду). Улазни file се прослеђује у главни програм, EnergyPlus Simulation Manager. У зависности од типа проблема позивају се различити софтвери и користе се различити материјални модели за решавање истих.

Симулација баланса топлоте и масе се рачуна и преко зонских услова се преноси на цео модел куће (зграде). Са слике 19 се, такође, може закључити да је EnergyPlus модуларан и да дозвољава развој и имплементацију нових модула и материјалних модела. Након што софтвер израчуна релевантне вредности у зависности од улазних фактора и толеранције нумеричког прорачуна, EnergyPlus Simulation Manager записује резултате у облику излазних file-ова (Резултати Прорачуна у плавом ромбоиду). Најпогоднији за анализу система је HTML file који табеларно приказује резултате. За графички приказ ових резултата се касније могу користити програмски пакети попут Microsoft Excel-a, OpenOffice Spreadsheet-a (секција Приказати резултате у жутом пољу)[21].

Energy Plus

Овај софтвер моделира грејање, хлађење, осветљење, вентилацију, и друге енергетске токове као и водену мрежу у домаћинству. Укључује многе иновативне способности симулације као што су временски размаци мањи од једног сата, аутоматски системи, топлотно балансиране зоне симулације, проток ваздуха кроз све термичке зоне, термичку удобност, коришћење воде, као и природну вентилацију[21].

EnergyPlus има своје корене у BLAST I DOE-2 програмским пакетима. Оба ова пакета, BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics- термичка анализа зграда и система термодинамике) и DOE-2, су развијени и објављени у касним седамдесетим и раним осамдесетим годинама XX века, као алати за термичке и енергетске симулације. Корисници ових алата били су инжењери дизајна и архитекте који би на прави начин одредили неопходну HVAC опрему, развијали различите студије о анализи животног циклуса, оптимизовали енергетске перформансе итд. Рођени из потребе коју је изазвала енергетска криза раних седамдесетих година и самог сазнања да је потрошња енергије за загревање просторија највећа компонента статистике потрошње енергије у Америци, ова два програма су покушала да реше исти проблем из две мање-више различите перспективе[21].

Као и његови претходници, и EnergyPlus је програм за енергетску и термичку анализу и симулацију. Заснован на корисничковој дефиницији куће (зграде), у смислу физичких ограничења и зависних механичких параметара, EnergyPlus ће израчунати неопходне грејне и расхладне параметре који су неопходни како би се одржала термичка контрола на специфичним тачкама куће[21].

Google SketchUp

Google Skech Up је програм за 3D моделирање намењен за архитекте, грађевинске инжењере, режисере, креаторе игрица и њима сличним професијама. Програм је предвиђен да буде што флексибилнији и лакши за употребу од других CAD програма за 3D компјутерски дизајн. Овај програм се нуди као идејна алатка за развој графичких концепата, лакши је за употребу, са једноставним окружењем (алаткама и др.). Главна карактеристика Skech Up-а је 3D Warehouse који омогућава корисницима Skech up-а да претражују моделе израђене од других корисника овог програма. Корисници могу да користе њихову електронску пошту за скидање модела, а затим да разгледају 3D Warehouse који је за многобројне компоненте и моделе[21].

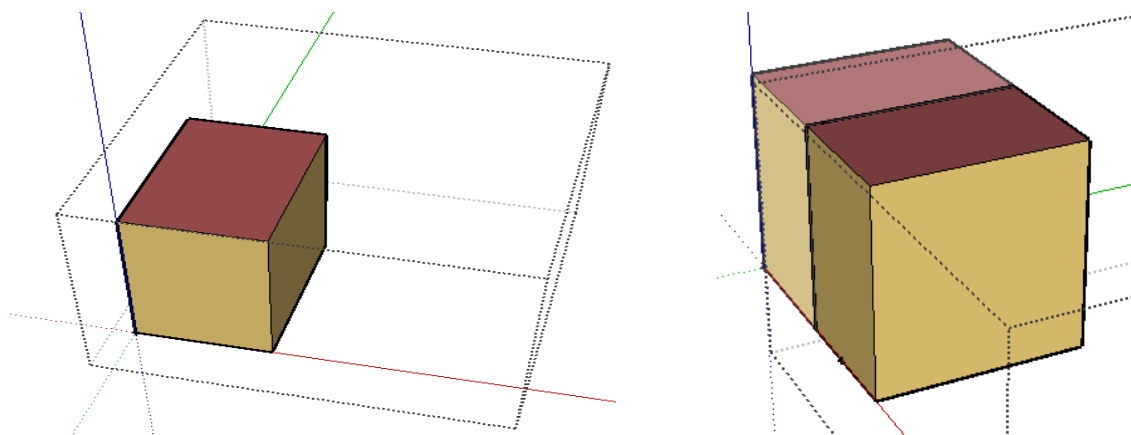
4.2 Gen Opt

GEN OPT је оптимизациони програм за минимализацију вредности функције циља која се одређује екстерним симулационим програмом. Развијен је за проблеме оптимизације где је прорачун функције циља рачунски веома скуп, а изводи те функције циља или нису доступни, или не постоје. GEN OPT се може повезати са било којим симулационим програмом који чита своје улазне податке из текстуалних file-ова и записује своје излазне податке у текстуалне file-ове. Независне променљиве могу бити континуиране (са горњим или доњим граничним вредностима), дискретне, или и континуиране и дискретне. Ограничења на зависним променљивим могу се применити коришћењем казних функција или функција ограничења. GEN OPT је написан у Javi тако да не зависи од платформе. Независност од платформе и општи интерфејс чине GEN OPT применљивим на велики спектар проблема оптимизације. GEN OPT поседује библиотеку са адаптивним алгоритмом Hooke–Jeeves[22].

5.0 ДЕФИНИСАЊЕ ГЕОМЕТРИЈЕ КУЋЕ

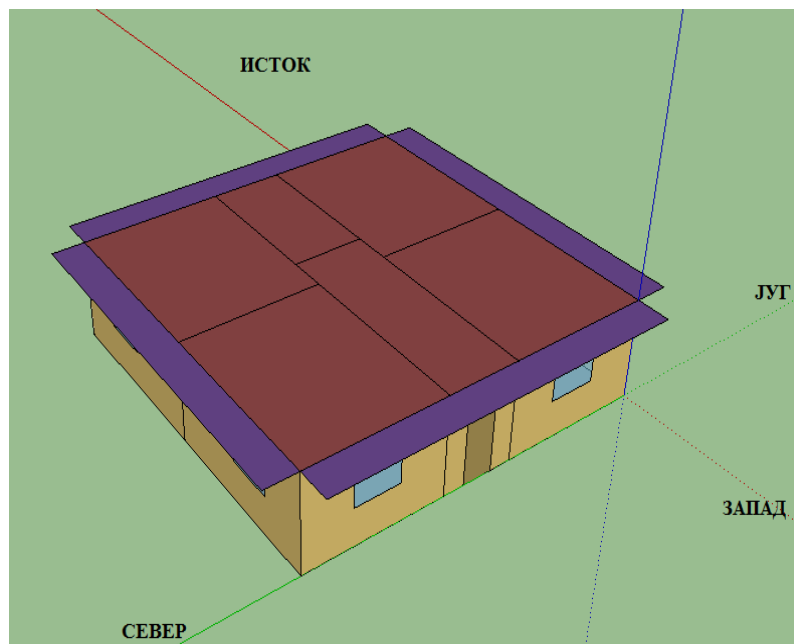
Пре него што се започне са радом у програму EnergyPlus потребно је дефинисати геометрију куће помоћу програма Google SketchUp. Тај поступак ће бити описан у наредном одељку.

За добијање геометрије потребно је моделирати кућу која се симулира и експортирати је у IDF file који Energy Plus препознаје. Само моделирање куће се обавља у Google SketchUp-у коришћењем једноставних алата, а веза између ова два програма је Open studio(plugin) који је неопходно инсталирати. Свака просторија куће се моделира засебно, са тим што се води рачуна да се геометрије заједничких површина поклапају међусобно. Такође, треба водити рачуна и о распореду унутрашњих отвора и њиховом међусобном поклапању.

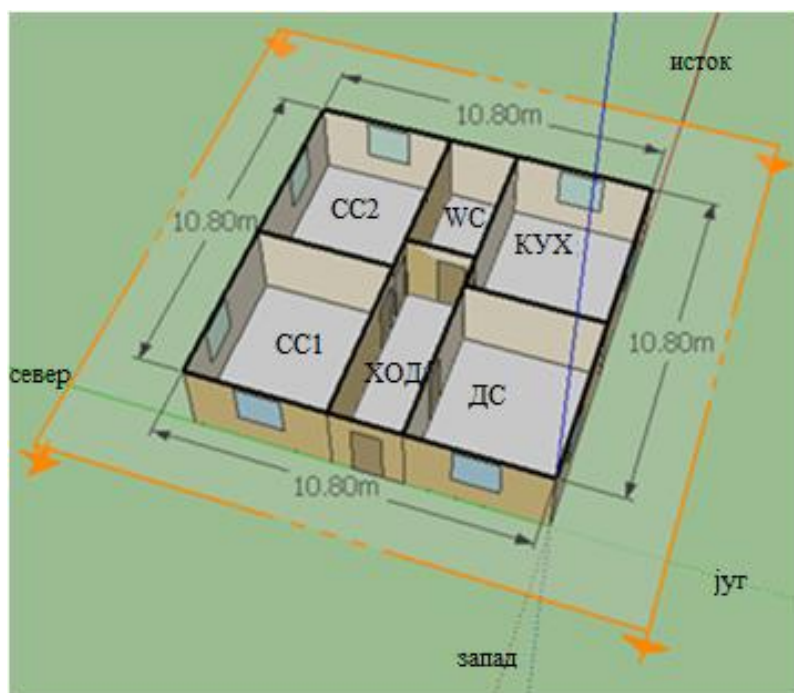


Слика 20. Модел зоне и зоне са заједничком површином

Након израде свих просторија и крова као завршног дела, потребно је изменити имена свих површина које ограничавају просторију, ради лакшег даљег руковања истим. На крају се file снима, односно, екпортује у IDF формат. Тако добијен IDF file олакшава рад у EnergyPlus-у, јер би геометрија куће морала да се уноси укупцавањем координата свих зона куће директно у програм, док се у овом случају добија аутоматски.



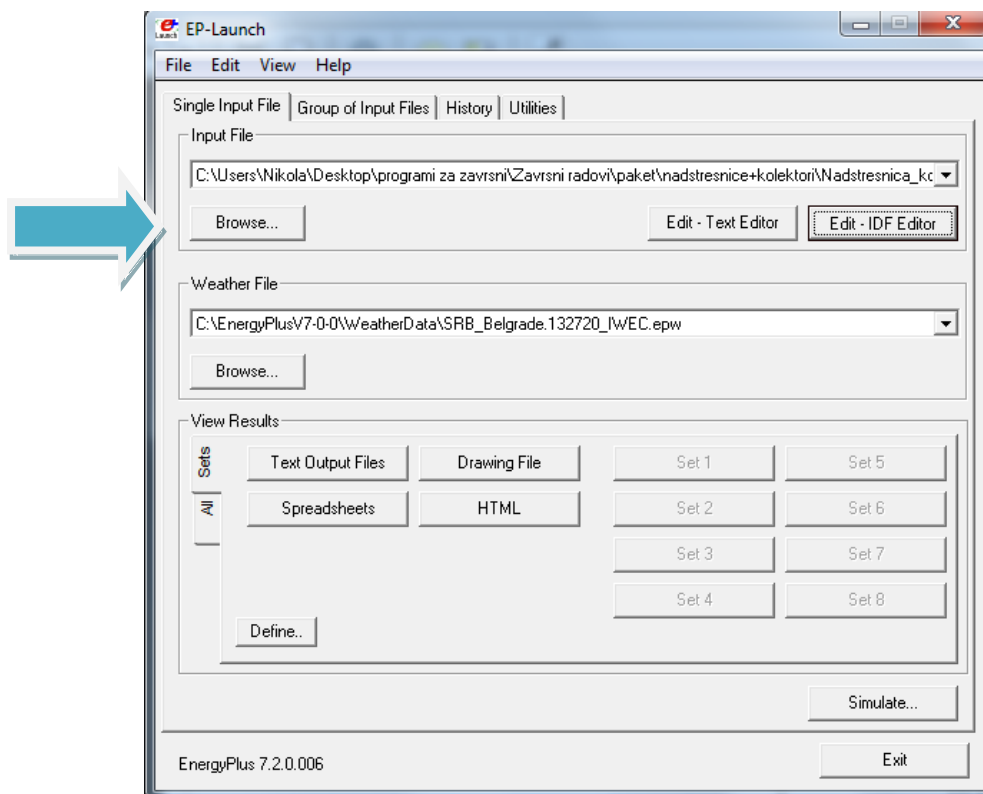
Слика 21. 3D модел стамбене куће



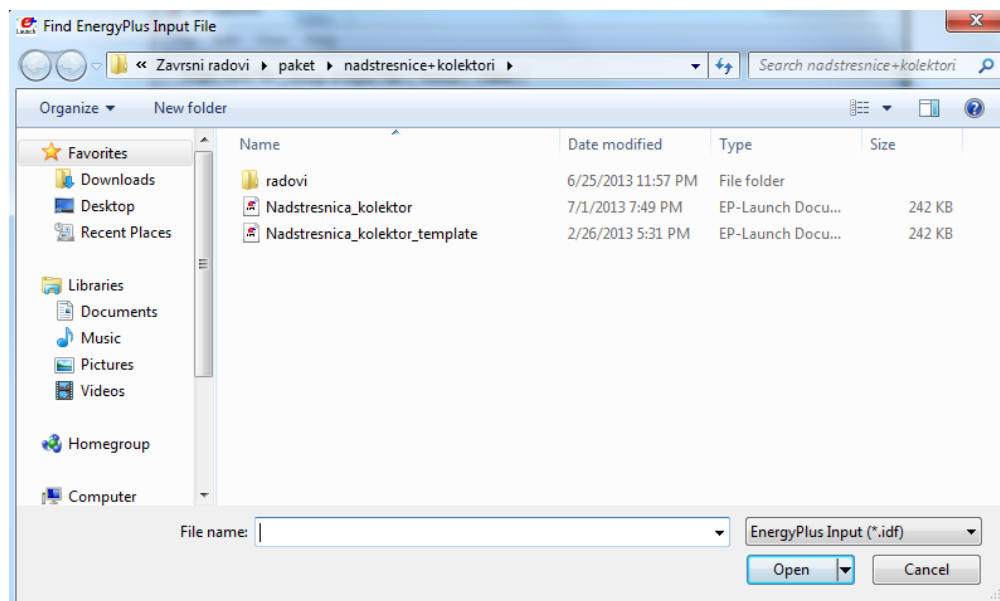
Слика 22. Распоред просторија у кући : ДС-дневна соба, КУХ-кухиња, ХОД-ходник, WC-тоалет, СС1-спавача соба 1, СС2-спавача соба 2

5.1 Основна подешавања EnergyPlus-a

Добијени IDF file сада само треба отворити и припремити за обраду. Једноставним дуплим кликом на сам IDF file отвара се главни мени (слика 23) преко кога се врше све операције у програму.



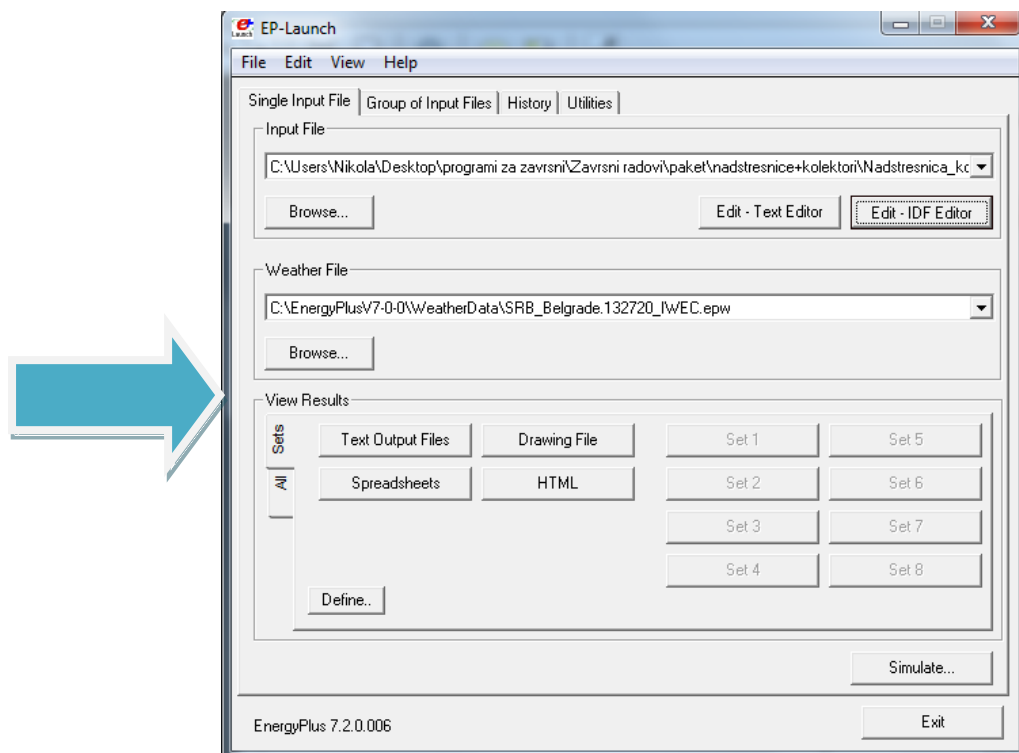
Слика 23. Главни мени EnergyPlus-a



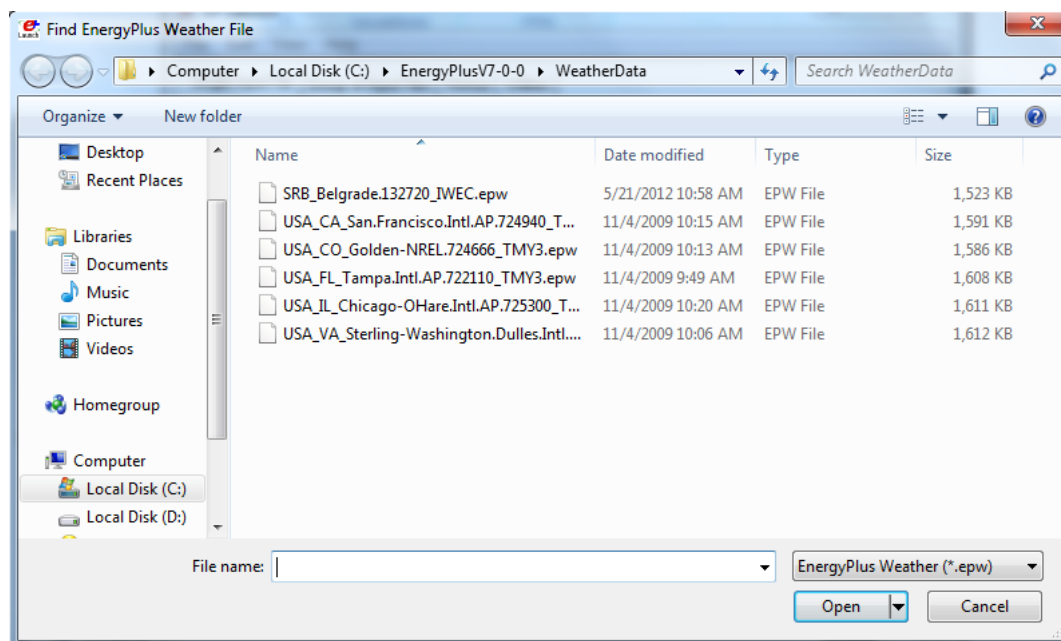
Слика 24. Поступак уношења input file-a

Уоквирена опција на слици 23 отвара дијалог који служи за уношење било ког IDF фајл-а из базе података који желимо да симулирамо (слика 24).

Уоквирена опција Browse на слици 25 отвара дијалог у коме се бира **Weather file** (слика 26), односно file који у себи садржи податке о временским условима неког града. Ови file-ови су доступни на интернету и потпуно су бесплатни. Weather file је веома битан, јер различити градови леже у различитим временским зонама и у различитим климатским подручјима па ће самим тим резултати симулирања бити другачији.



Слика 25

Слика 26. Поступак уношења *Weather file-a*

Посматрана кућа се налази у Београду. Београд је главни град Србије. Његова просечна надморска висина је 132 m, северна географска ширина $44^{\circ}49'14''$ и источна географска дужина $20^{\circ}27'44''$. Град има умерено континенталну климу са четири различита годишња доба (пролеће, лето, јесен и зима). Weather file коришћен у симулацији добија се мерењима у београдској метеоролошкој станици. На слици 21 се може приметити да кућа има раван кров и шест просторија, од којих су четири климатизоване. Кућу користи једна породица.

Спољашњи зидови су израђени од стиропора, гитер блока и кречног малтера (табела 1). Унутрашњи зидови су израђени од кречног малтера, гитер блока и кречног малтера (табела 1). Врата су израђена од боровине, док су прозори састављени од два стакла између којих се налази ваздушни простор (табела 1).

Под куће без плочица се састоји од шљунка, неармираног бетона, ПВЦ фолије, стиродура, цементне кошуљице и паркета, док је под са плочицама сличне конструкције, јер се као последњи слој постављају керамичке плочице уместо паркета.

Кров се састоји од кречног малтера, монте, стаклене вуне и цементне кошуљице (табела 1).

Табела 1. Материјали подова, зидова, врата, прозора и крова

	Дебљина [m]	Проводљивост [W/mK]	Густина [kg/m ³]	Специфична топлота [J/kgK]
Кречни малтер	0,015	0,81	1600	1050
Цементна кошуљица	0,04	1,4	2100	1050
ПВЦ фолија	0,00015	0,19	1460	1100
Стаклена вуна	0,08	0,04	50	840
Стиродур	0,04	0,03	33	1260
Керамичке плочице	0,015	0,87	1700	920
Паркет	0,02	0,21	700	1670
Гитер блок	0,19	0,52	1200	920
Шљунак	0,2	0,81	1700	840
Стиропор	0,05	0,041	20	1260
Боровина	0,035	0,14	550	2090
Неармирани бетон	0,15	0,93	1800	960
Монта	0,16	0,6	1200	920

5.2 Коришћени климатизациони сплит системи

Основни задатак клима – уређаја је да утиче на климатске услове, који се по потреби могу мењати и прилагођавати конкретним условима. Са одговарајућим клима – уређајима се у климатизованим просторијама одржава температура и релативна влажност у границама у којима се човек угодно осећа, а у зависности од спољашњих услова, пошто је човек осетљив на промену температуре и релативне влажности.

Према томе, задатак климатизације је одржавање жељене температуре, релативне влажности, као и чистоће ваздуха, што се постиже филтрирањем, грејањем или хлађењем, као и влажењем или сушењем ваздуха.

Код сплит система који су данас најзаступљенији у кућама (зградама), спољашња јединица је одвојена од унутрашње, а међусобно су повезане цревима за транспорт расхладног флуида. Може да постоји једна спољна и више унутрашњих јединица. Јединице не морају да буду увек фиксиране на зиду, већ могу да буду премештане по просторији онолико колико дозвољавају црева којима су повезане.

Анализирана кућа у овом раду има шест просторија од којих су четири климатизоване. Коришћени климатизациони уређај је VIVAX ACP-12CH35GEK (слика 27) са карактеристикама:

BTU јединица: 12000

Инвертер: Не

Енергетска класа: А

Фреон: R410A

Врста: Зидни



Слика 27. Клима уређај VIVAX ACP-12CH35GEK [23]

5.3 Математички опис

Код анализиране куће дужина надстрешница на свакој њеној страни износи 10,8 m. Остале карактеристике надстрешница посматране куће приказане су у следећој табели :

Табела 2. Карактеристике надстрешница [24]

Густина, ρ	2150 kg/m ³
Дебљина, δ	0,18 m
Дужина, l	10,8 m
Дубина, d	вредност која се оптимизује
Животни циклус	10 година
Специфична уграђена енергија $E_{ug,nads, spec}$	1.92 MJ/kg

У случају постављања надстрешница прекривених соларним колекторима, соларни колектори у потпуности прекривају површину надстрешница. Тада се у обзир узима и уграђена енергија колектора која износи 1720 MJ/m² [25].

Уграђена енергија надстрешница ($E_{ug,nads}$) представља утрошену енергију за производњу материјала за надстрешнице, као и утрошену енергију за њихову инсталацију. Ова енергија се израчунава по обрасцу:

$$E_{ug,nads} = d_{nads} \cdot l_{nads} \cdot \delta_{nads} \cdot \rho_{nads} \cdot E_{ug,nads, spec}$$

где су:

d_{nads} – дубина надстрешница

l_{nads} – дужина надстрешница

δ_{nads} – ширина (дебљина) надстрешница

ρ_{nads} – густина бетона надстрешница

$E_{ug,nads, spec}$ – специфична уграђена енергија надстрешница

Укупна уграђена енергија надстрешница представља збир уграђених енергија за све стране постављања надстрешница и рачуна се по обрасцу:

$$E_{ug,nads,ukupno} = \sum_{n=1}^4 E_{ug,nads,n}$$

Годишња уграђена енергија надстрешница представља укупну уграђену енергију надстрешница подељену са бројем година животног циклуса, као што је приказано у следећем обрасцу:

$$E_{god,ug,nads,ukupno} = E_{ug,nads,ukupno} / L_{god}$$

где је:

L_{god} - представља број година животног циклуса

Уграђена енергија соларних колектора се рачуна по обрасцу:

$$E_{ug,solkol} = d_{nads} \cdot l_{nads} \cdot E_{ug,solkol, spec}$$

где је:

$E_{ug,solkol, spec}$ – специфична уграђена енергија соларних колектора

Укупна уграђена енергија соларних колектора представља збир уграђених енергија за све стране постављања соларних колектора и рачуна се по обрасцу:

$$E_{ug,solkol,ukupno} = \sum_{n=1}^4 E_{ug,solkol,n}$$

Годишња уграђена енергија свих соларних колектора представља укупну уграђену енергију соларних колектора подељену са бројем година животног циклуса, као што је приказано у следећем обрасцу:

$$E_{god,ug,solkol,ukupno} = E_{ug,solkol,ukupno} / L_{god}$$

Укупна уграђена енергија представља збир укупне уграђене енергије надстрешница и укупне уграђене енергије соларних колектора и рачуна се по обрасцу:

$$E_{ug,ukupno} = E_{ug,nads,ukupno} + E_{ug,solkol,ukupno}$$

Годишња уграђена енергија свих надстрешница и соларних колектора представља укупан збир годишњих уграђених енергија свих надстрешница и годишњих уграђених енергија свих соларних колектора, као што је приказано у следећем обрасцу:

$$E_{god,ug,nads,solkol,ukupno} = E_{god,ug,nads,ukupno} + E_{god,ug,solkol,ukupno}$$

Примарна годишња енергија за догревање воде и хлађење просторија се рачуна по обрасцу:

$$E_{prim,gih} = (E_h + E_{vs}) \cdot R$$

где је:

E_h – годишња уложена (потрошена) енергија за хлађење просторија

E_{vs} – годишња уложена (потрошена) енергија система за воду

R – еквивалент потрошње примарне енергије који за Србију износи 3,04

У Србији се примарна енергија за производњу електричне енергије добија из ресурса као што су вода, угаљ, нафта и природни гас.

Коначно, укупна утрошена примарна енергија $E_{prim,ukupno}$ представља збир примарне годишње енергије (за догревање воде и хлађење просторија) и годишње укупне уграђене енергије и рачуна се по обрасцу:

$$E_{prim,ukupno} = E_{prim,gih} + E_{god,ug,nads,solkol,ukupno}$$

Она се минимизира у оквиру функције циља.

Уштеда примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) се рачуна по обрасцу:

$$E_{prim,gih,ušteta} = (E_{prim,gih,0} - E_{prim,gih}) / E_{prim,gih,0}$$

где је:

$E_{prim,gih,0}$ – утрошена примарна енергија за догревање воде и хлађење просторија за кућу без надстрешница и соларних колектора

Уштеда укупне утрошене примарне енергије (енергије функције циља) се рачуна по обрасцу:

$$E_{prim,ukupno,ušteta} = (E_{prim,ukupno,0} - E_{prim,ukupno}) / E_{prim,ukupno,0}$$

при чему је $E_{prim,ukupno,0} = E_{prim,gih,0}$ јер код куће без надстрешница и соларних колектора не постоји укупна уграђена енергија надстрешница и соларних колектора.

5.4 Распореди коришћења куће

На приказаној табели 3 могу се видети површине свих просторија у кући, као и укупна употребна површина куће.

Табела 3 – Површина просторија у кући

Просторије	Површина у m ²
Дивна соба	23.22
Спаваћа соба 1	23.22
Спаваћа соба 2	23.22
Ходник	14,30
WC	9.46
Кухиња	23,22
Укупно	116,64

При коначном прорачуну укупне енергује која се емитује у просторијама пасивне куће коју смо користили при овом пројекту, поред спољашњих добитака топлоте урачунали смо и унутрашње добитке. Количина топлотне енергије коју емитује електрична опрема, осветљење и сами људи у просторијама, чини унутрашње добитке. Ови распореди правилно распоређују добитке и губитке енергије по кући, чиме се постиже да се у резултатима симулација добија реалан утицај дубине надстрешница.

- **Електрична опрема**

Електрична опрема највише утиче на унутрашње добитке топлоте. У електричну опрему која се користи у просторијама пре свега спадају уређаји беле технике као што су: електрични шпорети, фрижидери... У следећим табелама биће приказан распоред коришћења електричне опреме у свим просторијама пасивне куће.

Из приказане табеле 4 може се видети да се електрична опрема у спаваћим собама користи само у вечерњим часовима. Проценат искоришћења у тим временским интервалима је од 40-100 % . Укупна снага електричних уређаја у једној, као и у другој спаваћој соби је по 700 W.

Табела 4 – Проценат искоришћења електричне опреме у спаваћим собама у току дана

Електрична опрема у спаваћој соби	Проценат (%)
7.00 - 10.00	0
10.00 - 15.00	0
15.00 - 18.00	0
18.00 - 20.00	0
20.00 - 22.00	40
22.00 - 24.00	100
00.00 – 07.00	0

Укупна снага електричних уређаја у дневној соби је 700 W. У дневној соби електрична опрема се користи у периоду од 10:00 до 24:00. У поподневним часовима се породица окупља. У том периоду највеће искоришћење електричне опреме у дневној соби има телевизор. У преподневним часовима се сматра да у кући живи бар једно дете школског узраста. Може се видети да је електрична опрема у дневној соби искоришћена од 20% - 50 % (табела 5).

Табела 5 - Проценат искоришћења електричне опреме у дневној соби у току дана

Електрична опрема у дневној соби	Проценат (%)
7.00 - 10.00	0
10.00 - 15.00	20
15.00 - 18.00	30
18.00 - 20.00	30
20.00 - 22.00	30
22.00 - 24.00	50
00.00 – 07.00	0

Електрична опрема у кухињи се користи за припрему хране. Из табеле 6 се може видети да се користи у јутарњим и вечерњим часовима, а проценат искоришћења је од 10% - 100%. Укупна снага електричних уређаја у кухињи је 700 W.

Табела 6 - Проценат искоришћења електричне опреме у кухињи

Електрична опрема у кухињи	Проценат (%)
7.00 - 10.00	0
10.00 - 15.00	10
15.00 - 19.00	0
19.00 - 20.00	0
20.00 - 22.00	100
22.00 - 24.00	0
00.00 – 07.00	0

- **Осветљење**

Основна функција осветљења је да осветли просторије у временском интервалу када је то потребно. Поред ове основне функције, осветљење одаје топлоту. У следећим табелама (табеле 7-11) биће приказан распоред укључивања. Снаге сијалица које су коришћене у просторијама биће приказане у табели 12.

Табела 7 – Проценат коришћења осветљења у ходнику у току дана

Светло у ходнику	Проценат (%)
7.00 - 9.00	60
9.00 - 10.00	20
10.00 - 15.00	0
15.00 - 19.00	60
19.00 - 22.00	100
22.00 - 24.00	80
00.00 – 07.00	3

Табела 8 – Проценат коришћења осветљења у купатилу у току дана

Светло у купатилу	Проценат (%)
7.00 - 9.00	80
9.00 - 10.00	25
10.00 - 15.00	15
15.00 - 19.00	20
19.00 - 22.00	60
22.00 - 24.00	80
00.00 – 07.00	3

Табела 9 – Проценат коришћења осветљења у дневној соби у току дана

Светло у дневној соби	Проценат (%)
7.00 - 9.00	20
9.00 - 10.00	10
10.00 - 15.00	0
15.00 - 19.00	30
19.00 - 22.00	60
22.00 - 24.00	50
00.00 – 07.00	0

Табела 10 – *Проценат коришћења осветљења у спаваћој соби у току дана*

Светло у спаваћој соби	Проценат (%)
7.00 - 9.00	70
9.00 - 10.00	40
10.00 - 15.00	0
15.00 - 19.00	30
19.00 - 22.00	60
22.00 - 24.00	30
00.00 – 07.00	3

Табела 11 – *Проценат коришћења осветљења у кухињи у току дана*

Светло у кухињи	Проценат (%)
7.00 - 9.00	30
9.00 - 10.00	0
10.00 - 15.00	0
15.00 - 19.00	0
19.00 - 22.00	30
22.00 - 24.00	10
00.00 – 07.00	1

Табела 12 – *Снага сијалица у просторијама*

Просторије	Снага (W)
Ходник	60
Купатило	60
Дневна соба	200
Спаваћа соба	200
Кухиња	200

- **Људи**

У свакој просторији постоји одређен број људи који у њој борави у току дана. Број чланова породице у кући је четири. У следећим табелама (табеле 13-17) можемо видети проценат појављивања људи у просторијама током дана у односу на максималан број људи за ту просторију. Максималан број људи за све просторије приказан је у табели 18.

Табела 13 – *Проценат појављивања људи у спаваћој соби у току дана*

Људи у спаваћој соби	Проценат (%)
7.00 - 11.00	100
11.00 - 16.00	20
16.00 - 18.00	0
18.00 - 22.00	20
22.00 - 24.00	80
00.00 – 07.00	100

Табела 14 – Проценат појављивања људи у ходнику у току дана

Људи у ходнику	Проценат (%)
7.00 - 10.00	100
10.00 - 16.00	60
16.00 - 18.00	30
18.00 - 22.00	40
22.00 - 24.00	50
00.00 – 07.00	10

Табела 15 – Проценат појављивања људи у дневној соби у току дана

Људи у дневној соби	Проценат (%)
7.00 - 11.00	70
11.00 - 16.00	30
16.00 - 20.00	60
20.00 - 24.00	100
00.00 – 07.00	0

Табела 16 – Проценат појављивања људи у купатилу у току дана

Људи у купатилу	Проценат (%)
7.00 - 10.00	70
10.00 - 16.00	25
16.00 - 18.00	40
18.00 - 22.00	70
22.00 - 24.00	25
00.00 – 07.00	10

Табела 17 – Проценат појављивања људи у кухињи у току дана

Људи у кухињи	Проценат (%)
7.00 - 10.00	60
10.00 - 16.00	0
16.00 - 18.00	0
18.00 - 20.00	20
20.00 - 22.00	20
22.00 - 24.00	0
00.00 – 07.00	0

Табела 18 – Максималан број људи који се појављује у просторијама

Просторије	Број људи
Дневна соба	2
Спаваћа соба	2
Ходник	2
Купатило	1
Кухиња	2

6.0 РЕЗУЛТАТИ

6.1 Резултати пре оптимизације

На слици 28 је приказана потрошња примарне енергије у кући без надстрешница и соларних колектора пре оптимизације. Са слике се може приметити да се највећи део утрошене примарне енергије користи за хлађење и износи 51,14 kWh/m² по сезони. За унутрашње осветљење се утроши 13,59 kWh/m², електрични уређаји троше 38,78 kWh/m², вентилатори 1,29 kWh/m², пумпа 0,09 kWh/m², док на водене системе одлази 30,81 kWh/m² по сезони.

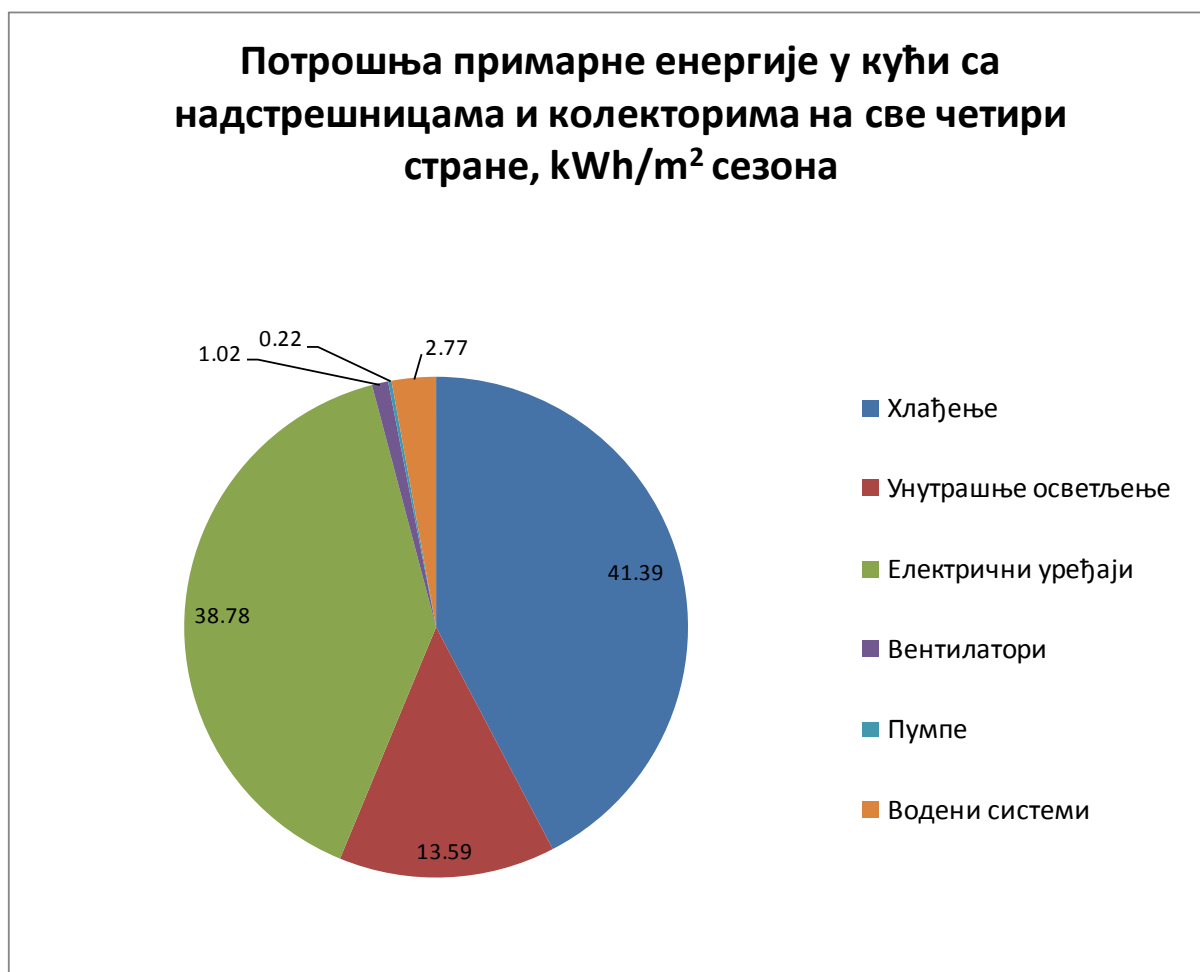
Већи део утрошене примарне енергије за хлађење одлази управо на унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и остале уређаје који ослобађају топлоту.



Слика 28. Потрошња примарне енергије у кући без надстрешница и соларних колектора

На слици 29 је приказана потрошња примарне енергије у кући са надстрешницама и соларним колекторима на све четири стране пре оптимизације. Са слике се може приметити да се највећи део утрошене примарне енергије и даље користи за хлађење и износи $41,39 \text{ kWh/m}^2$ по сезони. На унутрашње осветљење као и у случају куће без надстрешница (слика 28) одлази $13,59 \text{ kWh/m}^2$, што важи и за електричне уређаје који и даље троше $38,78 \text{ kWh/m}^2$. Вентилатори троше $1,02 \text{ kWh/m}^2$, пумпа $0,22 \text{ kWh/m}^2$, док на водене системе одлази знатно мање енергије него у претходном случају (слика 28) тј. $2,77 \text{ kWh/m}^2$ по сезони.

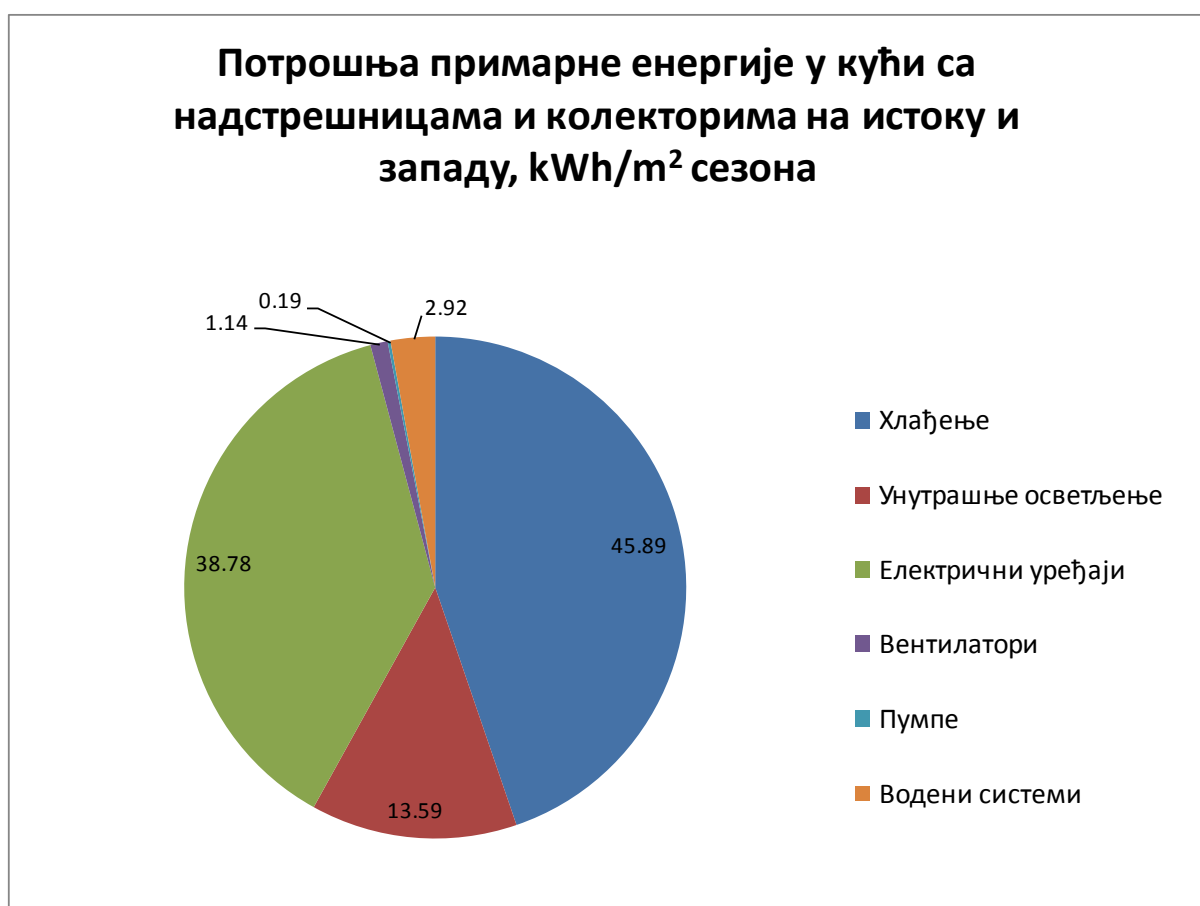
Већи део утрошене примарне енергије за хлађење одлази управо на унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и остале уређаје који ослобађају топлоту.



Слика 29. Потрошња примарне енергије за случај постављања надстрешница и колектора на све четири стране куће

На слици 30 је приказана потрошња примарне енергије у кући са надстрешницама и соларним колекторима на истоку и западу пре оптимизације. Са слике се може приметити да се највећи део утрошене примарне енергије и даље користи за хлађење и износи $45,89 \text{ kWh/m}^2$ по сезони. На унутрашње осветљење као и у прва два случаја куће без надстрешница (слика 28) и куће са надстрешницама на све четири стране (слика 29) одлази $13,59 \text{ kWh/m}^2$, што важи и за електричне уређаје који и даље троше $38,78 \text{ kWh/m}^2$. Вентилатори троше $1,14 \text{ kWh/m}^2$, пумпа $0,19 \text{ kWh/m}^2$, док на водене системе такође одлази знатно мање енергије него у првом случају (слика 28) тј. $2,92 \text{ kWh/m}^2$ по сезони.

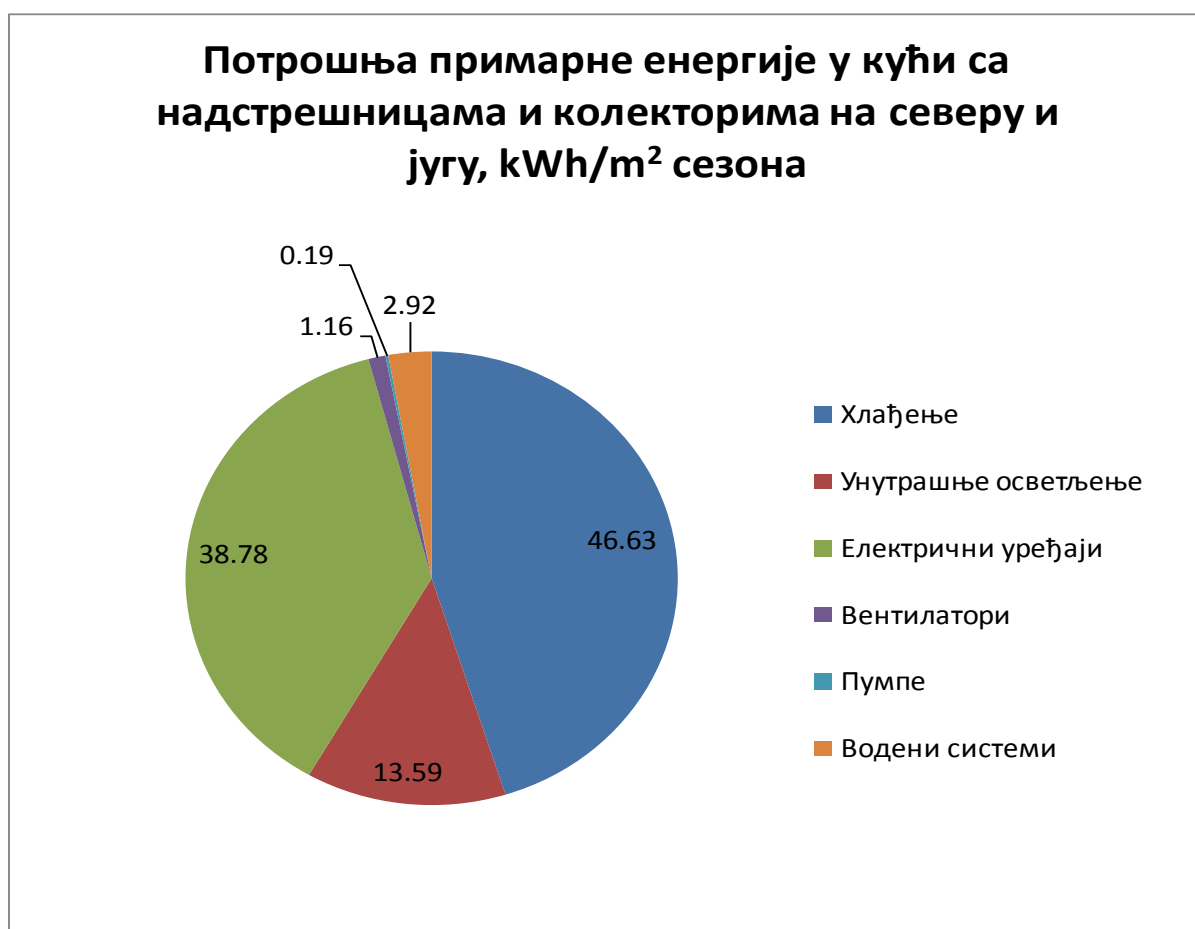
Већи део утрошене примарне енергије за хлађење одлази управо на унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и остале уређаје који ослобађају топлоту.



Слика 30. Потрошња примарне енергије за случај постављања надстрешница и колектора на истоку и западу

На слици 31 је приказана потрошња примарне енергије у кући са надстрешницама и соларним колекторима на северу и југу пре оптимизације. Са слике се може приметити да се највећи део утрошене примарне енергије користи за хлађење и износи $46,63 \text{ kWh/m}^2$ по сезони. На унутрашње осветљење, као и у предходним случајевима одлази $13,59 \text{ kWh/m}^2$, што важи и за електричне уређаје који и даље троше $38,78 \text{ kWh/m}^2$. Вентилатори троше $1,16 \text{ kWh/m}^2$, пумпа $0,19 \text{ kWh/m}^2$, док на водене системе такође одлази знатно мање енергије него у првом случају (слика 28) и исто као у случају постављања надстрешница и колектора на истоку и западу тј. $2,92 \text{ kWh/m}^2$ по сезони. Упоредни резултати утрошене примарне енергије на хлађење и водене системе, овог и предходних случајева комбинације кућа пре оптимизације су приказани у табели 19.

Већи део утрошене примарне енергије за хлађење одлази управо на унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и остале уређаје који ослобађају топлоту.



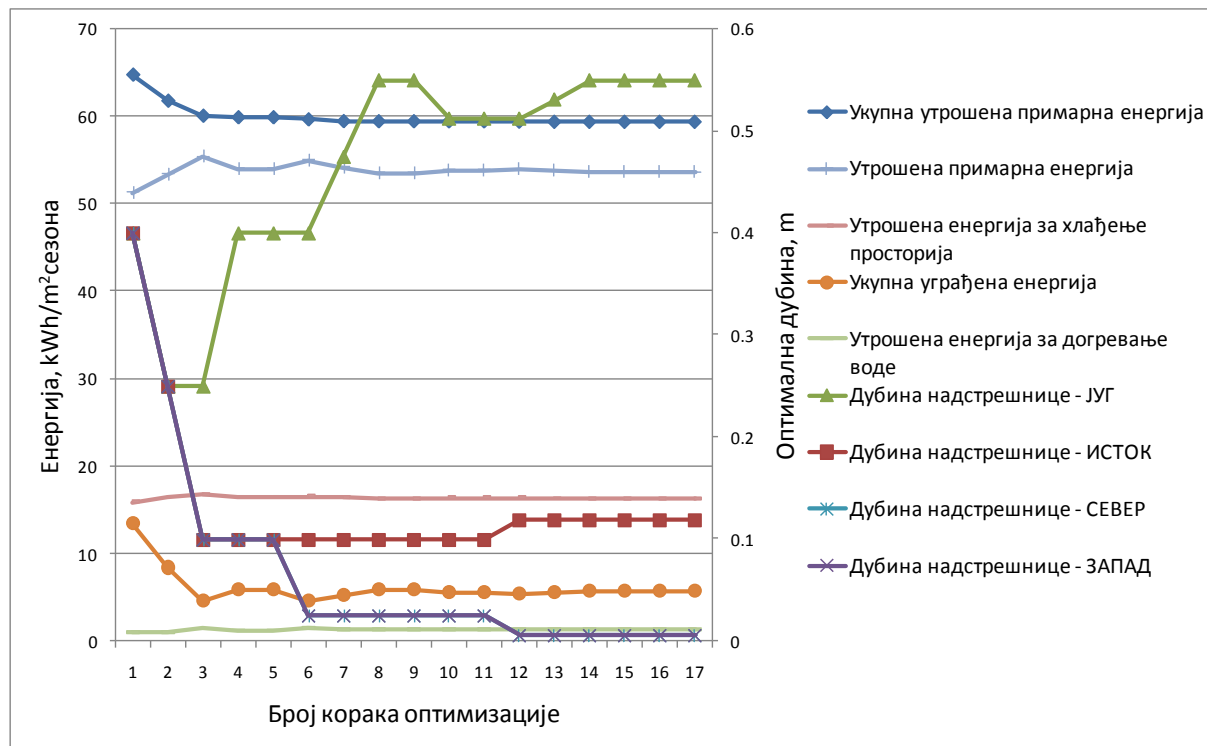
Слика 31. Потрошња примарне енергије за случај постављања надстрешница и колектора на северу и југу

Табела 19. Упоредни резултати примарне енергије за хлађење и водене системе

Случај	Потрошња примарне енергије kWh/m^2 сезона	
	Хлађење	Водени системи
Кућа без надстрешница и соларних колектора	51,14	30,81
Све четири стране	41,39	2,77
Исток и запад	45,89	2,92
Север и југ	46,63	2,92

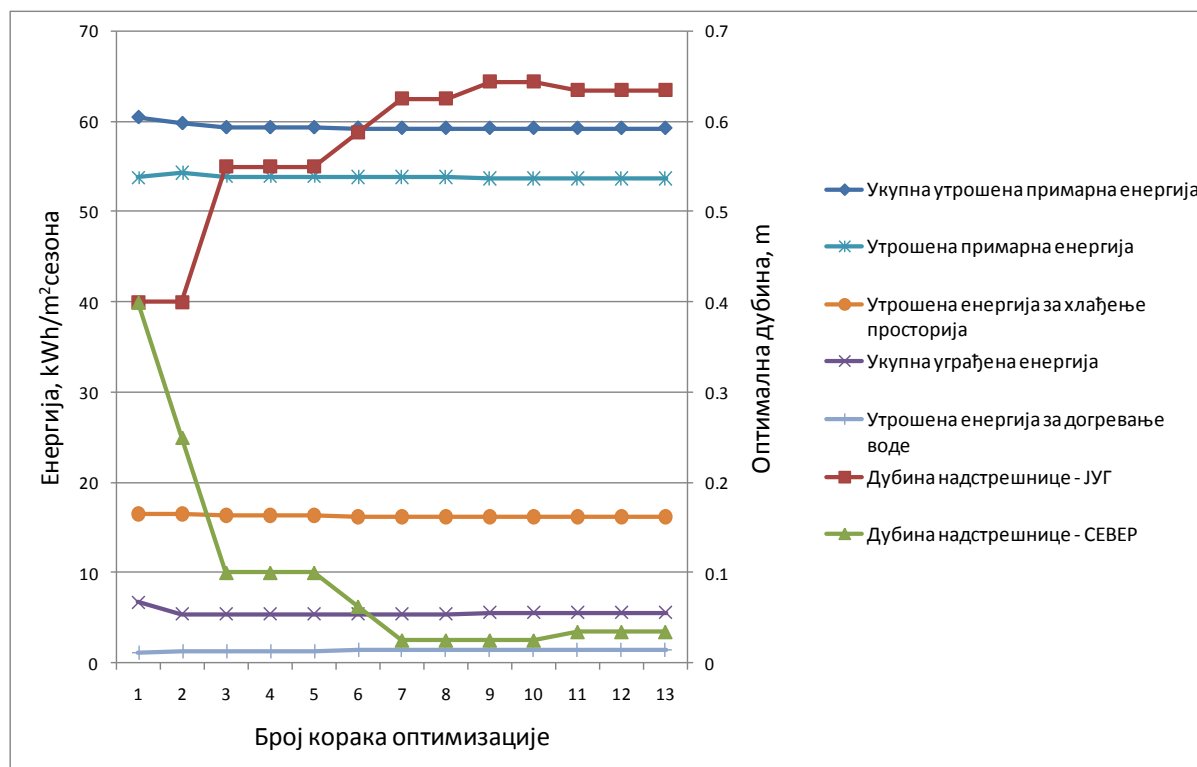
6.2 Резултати оптимизације

Оптимизација надстрешница са соларним колекторима се врши у току расхладне сезоне (01.јун - 31.август).



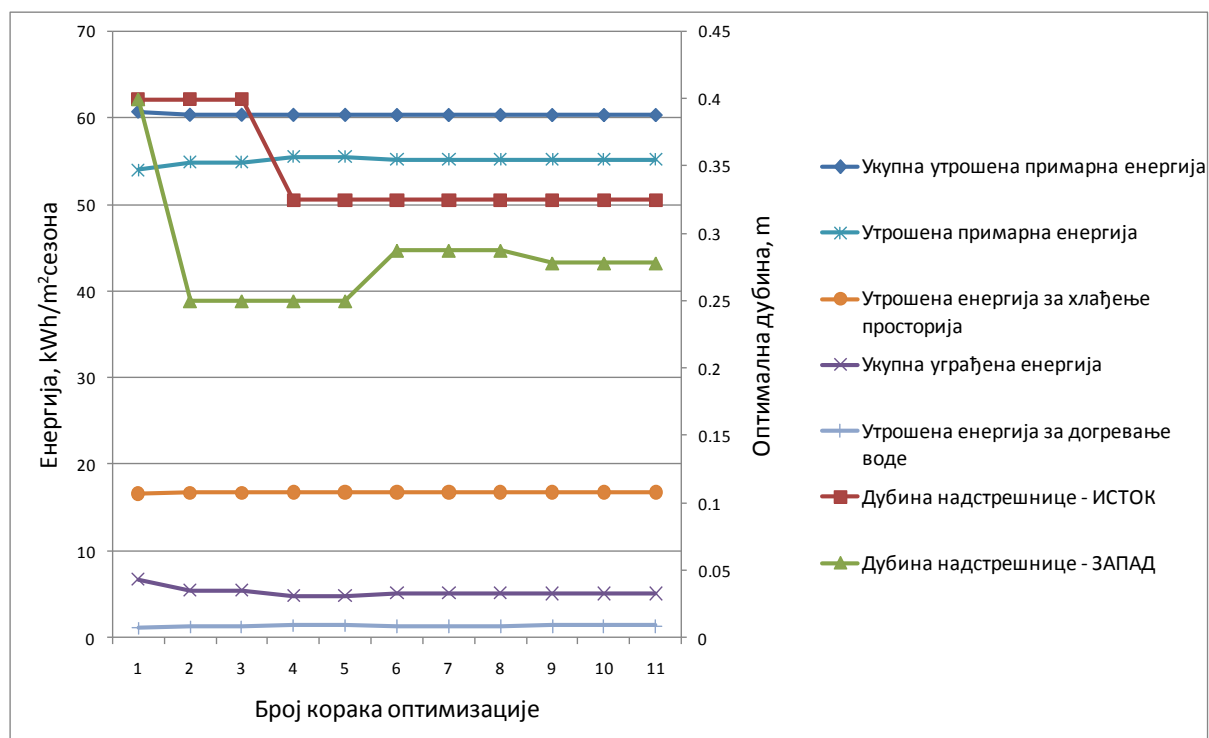
Слика 32. Оптимизација дубине надстрешница за кућу са надстрешницама и колекторима на све четири стране

Слика 32 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницама постављеним на све четири стране света. Добијене оптималне дубине надстрешница су: 0,119м за источну, 0,55м за јужну, 0,006м за западну и 0,006м за северну надстрешницу. Дубине надстрешница постављених на источној, западној и северној страни су незнатне у односу на дубину надстрешнице окренуте ка југу.



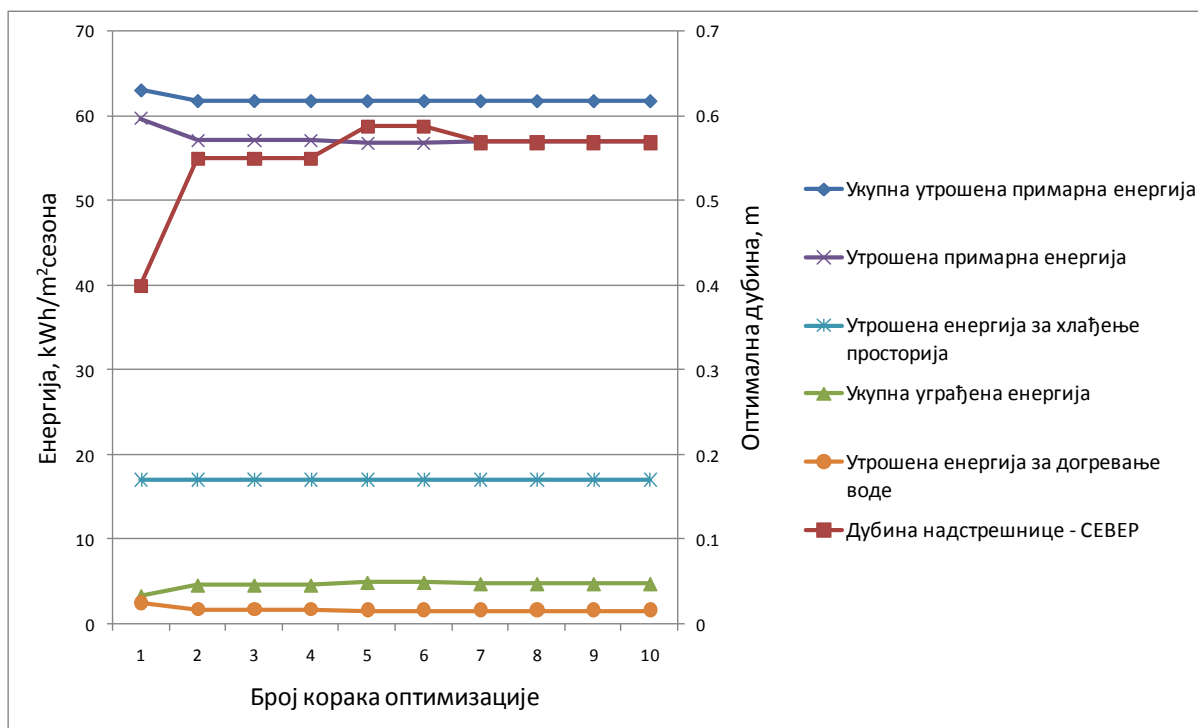
Слика 33. Оптимизација дубина надстрешница за кућу са северном и јужном надстрешницом

Слика 33 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницама постављеним на северној и јужној страни. Добијене оптималне дубине надстрешница су: 0,634m за јужну и 0,034m за северну надстрешницу. Дубина надстрешнице постављене на јужној страни је знатно већа од дубине надстрешнице окренуте ка северу која готово и да не постоји.



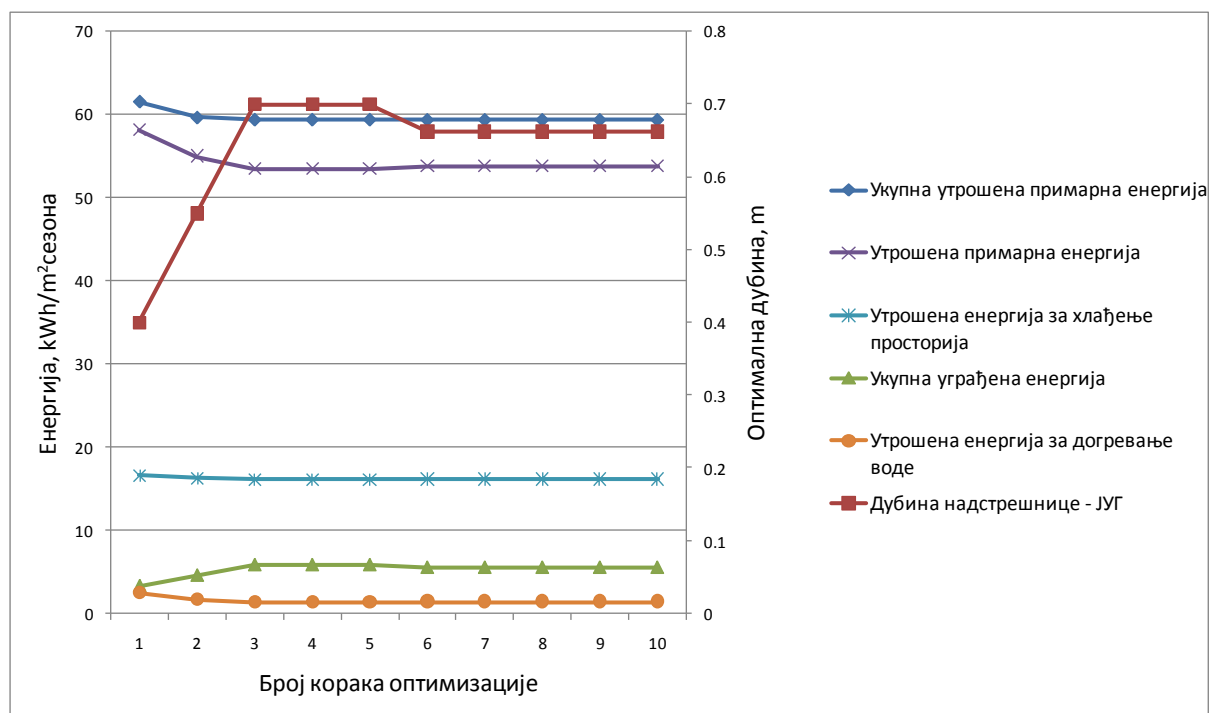
Слика 34. Оптимизација дубина надстрешница за кућу са источном и западном надстрешницом

Слика 34 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницама постављеним на источниј и западној страни. Добијене оптималне дубине надстрешница су: 0,325m за источну и 0,278m за западну надстрешницу.



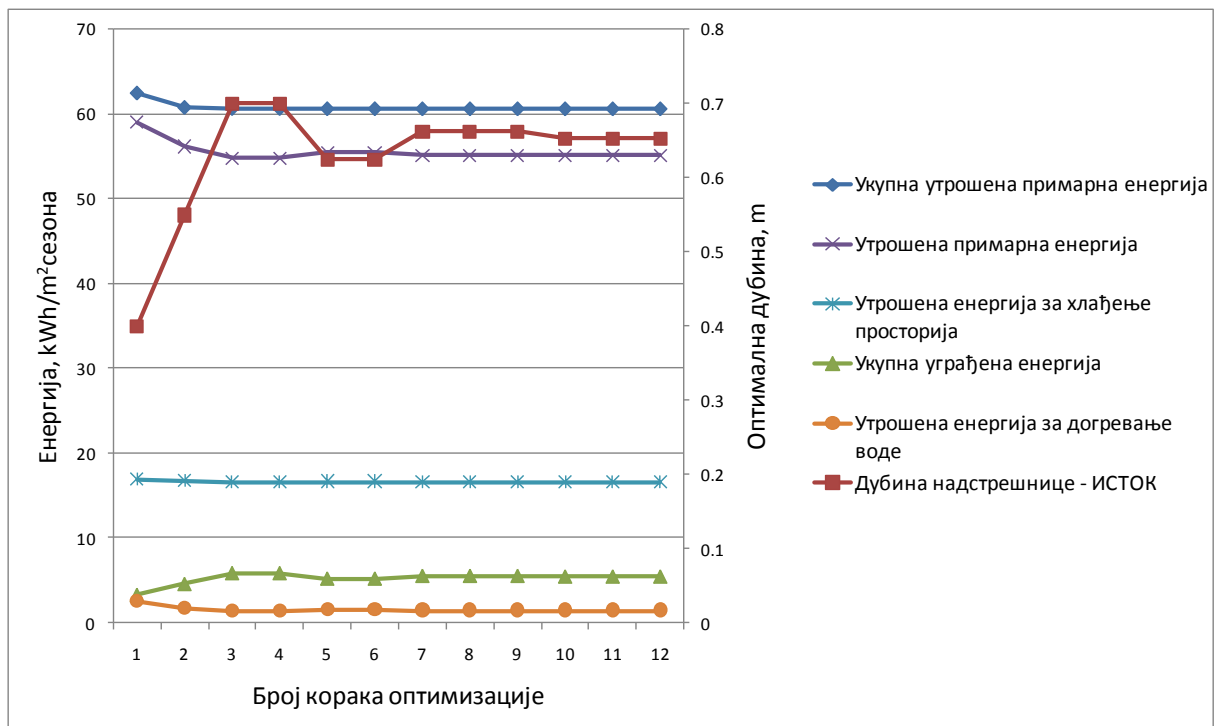
Слика 35. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са северном надстрешницом

Слика 35 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на северној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуте ка северу износи 0,569m.



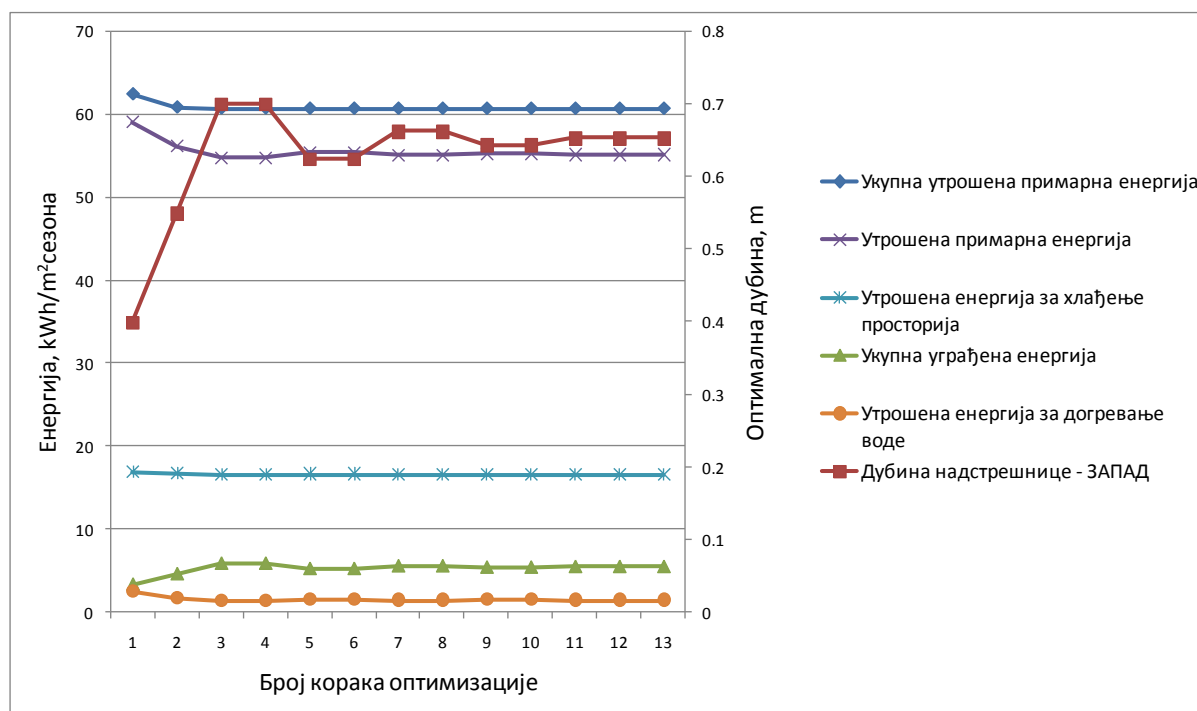
Слика 36. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са јужном надстрешницом

Слика 36 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на јужној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуте ка југу износи 0,663m.



Слика 37. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са источном надстрешницом

Слика 37 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на источној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуте ка истоку износи 0,653m.



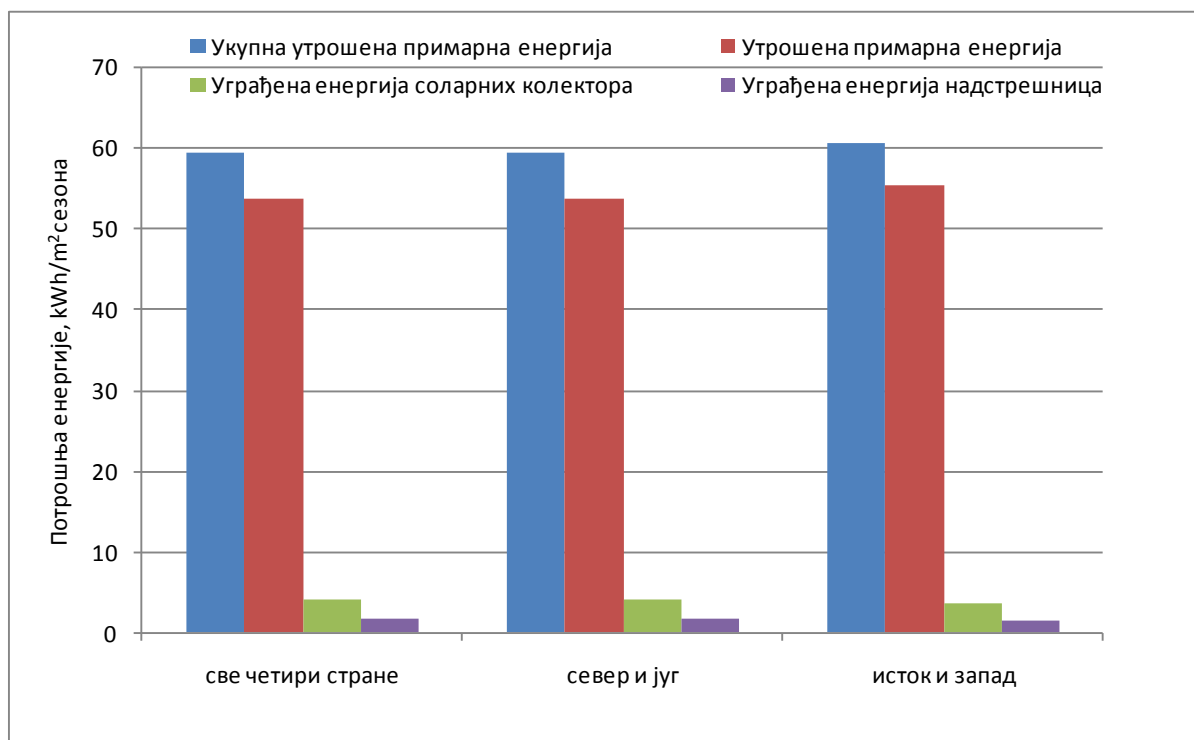
Слика 38. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са западном надстрешницом

Слика 38 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на западној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуте ка западу износи 0,653 m.

Коначно, оптималне дубине надстрешница, као и укупна утрошена примарна енергија за различите комбинације кућа (различите комбинације постављања надстрешница) биће приказане у следећој табели:

Табела 20. Приказ оптималних дубина надстрешница и укупних утрошених примарних енергија за различите комбинације кућа

Случај	Дубина надстрешнице – СЕВЕР [m]	Дубина надстрешнице – ИСТОК [m]	Дубина надстрешнице – ЈУГ [m]	Дубина надстрешнице – ЗАПАД [m]	Укупна утрошена примарна енергија [kWh/m² сезона]
Кућа без надстрешница и соларних колектора	/	/	/	/	82,97
Све четири стране	0,006	0,119	0,55	0,006	59,40
Север и југ	0,034	/	0,634	/	59,30
Исток и запад	/	0,325	/	0,278	60,41
Север	0,569	/	/	/	61,80
Исток	/	0,653	/	/	60,66
Југ	/	/	0,663	/	59,36
Запад	/	/	/	0,653	60,72



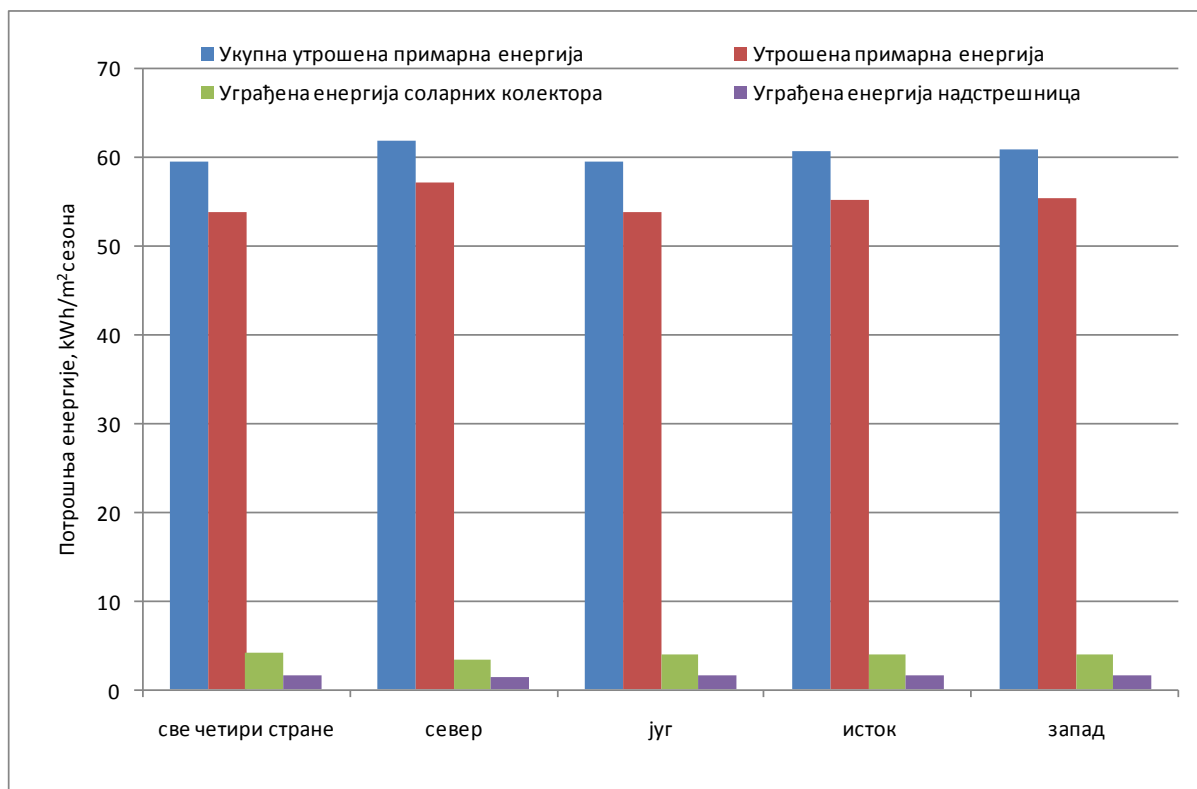
Слика 39. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница и колектора

Слика 39 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина и колекторима. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама и колекторима постављеним на: све четири стране, северу и југу, као и истоку и западу.

На слици се види да је највећа потрошња примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) за случај постављања надстрешница и колектора на источној и западној страни и износи $55,33 \text{ kWh/m}^2$. Потрошња примарне енергије за случај постављања надстрешница и колектора на све четири стране, као и на северној и јужној страни је нешто мања и износи $53,67 \text{ kWh/m}^2$.

Највећа потрошња укупне примарне енергије је за случај постављања надстрешница и колектора на источну и западну страну куће и износи $60,41 \text{ kWh/m}^2$, док је најмања потрошња укупне примарне енергије у случају постављања надстрешница и колектора на северну и јужну страну и износи $59,30 \text{ kWh/m}^2$. Потрошња укупне примарне енергије за случај постављања надстрешница оптималних дубина и колектора на све четири стране стамбене куће се налази између горе наведених вредности и износи $59,40 \text{ kWh/m}^2$.

Уграђена енергија од надстрешница и соларних колектора је највећа за случај њиховог постављања на све четири стране куће и износи $4,10 \text{ kWh/m}^2$ за колекторе и $1,64 \text{ kWh/m}^2$ за надстрешнице, док су уграђене енергије надстрешница и колектора у остала два случаја мање и износе $4,02 \text{ kWh/m}^2$ за колекторе и $1,61 \text{ kWh/m}^2$ за надстрешнице у случају њиховог постављања на северну и јужну страну куће, као и $3,63 \text{ kWh/m}^2$ за колекторе и $1,45 \text{ kWh/m}^2$ за надстрешнице у случају њиховог постављања на источну и западну страну.



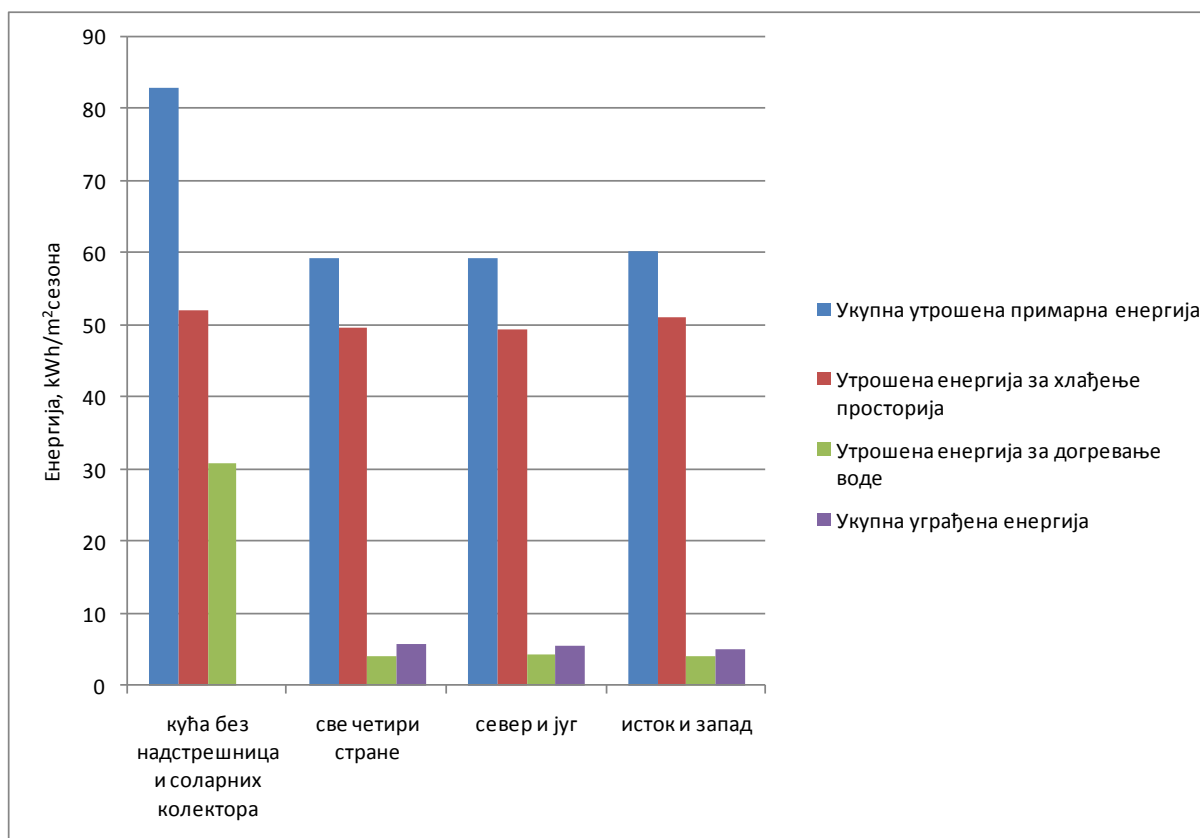
Слика 40. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница и колектора

Слика 40 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина и колекторима. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама и колекторима постављеним на: све четири стране, северу, југу, истоку и западу.

На слици се види да је највећа потрошња примарне (за догревање воде и хлађење просторија) енергије за случај постављања надстрешнице и колектора на северној страни куће и износи $57,01 \text{ kWh/m}^2$, док су за случајеве постављања надстрешница на југу, истоку и западу нешто мање вредности, а најмања потрошња је за случај постављања надстрешница и колектора на све четири стране куће и износи $53,67 \text{ kWh/m}^2$.

Потрошња укупне примарне енергије се такође креће од највеће вредности за случај постављања надстрешница и колектора на северној страни $61,80 \text{ kWh/m}^2$ до најмање вредности за случај постављања на јужној страни $59,36 \text{ kWh/m}^2$, док се вредности за остала три случаја налазе између ових резултата.

Такође, као и у предходном случају, највећа уграђена енергија колектора и надстрешница је у случају њиховог постављања на све четири стране.



Слика 41. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница и колектора

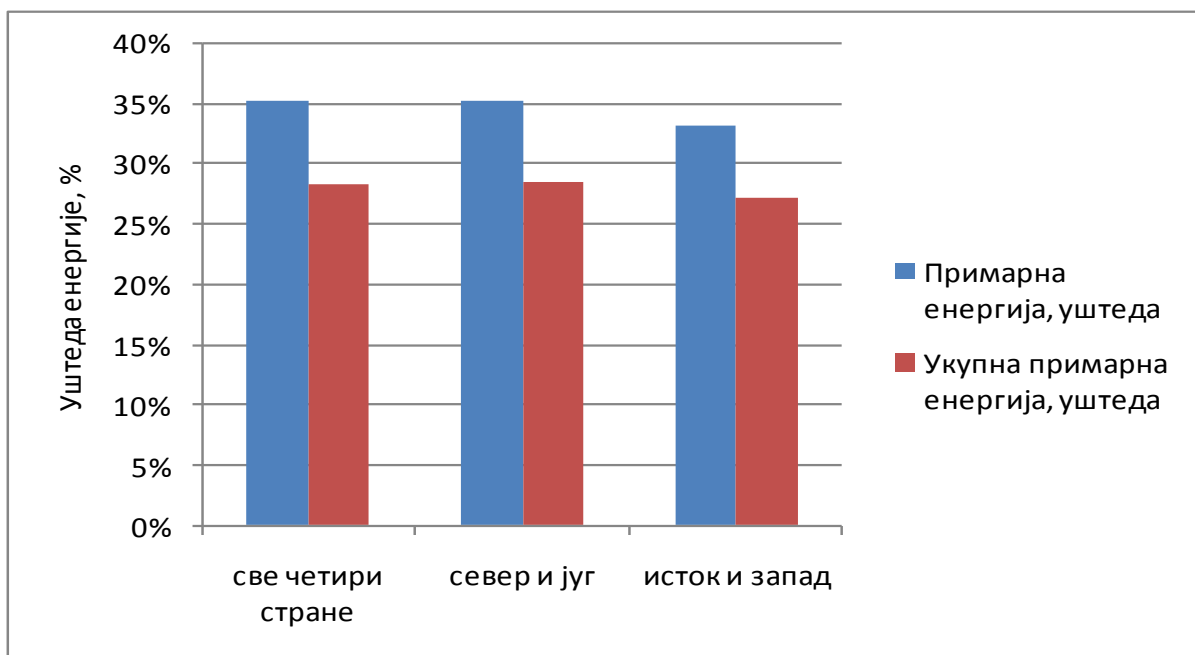
Слика 41 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина и колекторима у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама и колекторима постављеним на: све четири стране, северу и југу, као и истоку и западу.

На слици је приказано како укупна уграђена енергија соларних колектора и надстрешница утиче на смањење утрошене енергије потребне за хлађење просторија и догревање воде, а самим тим и укупне утрошене примарне енергије (енергије функције циља).

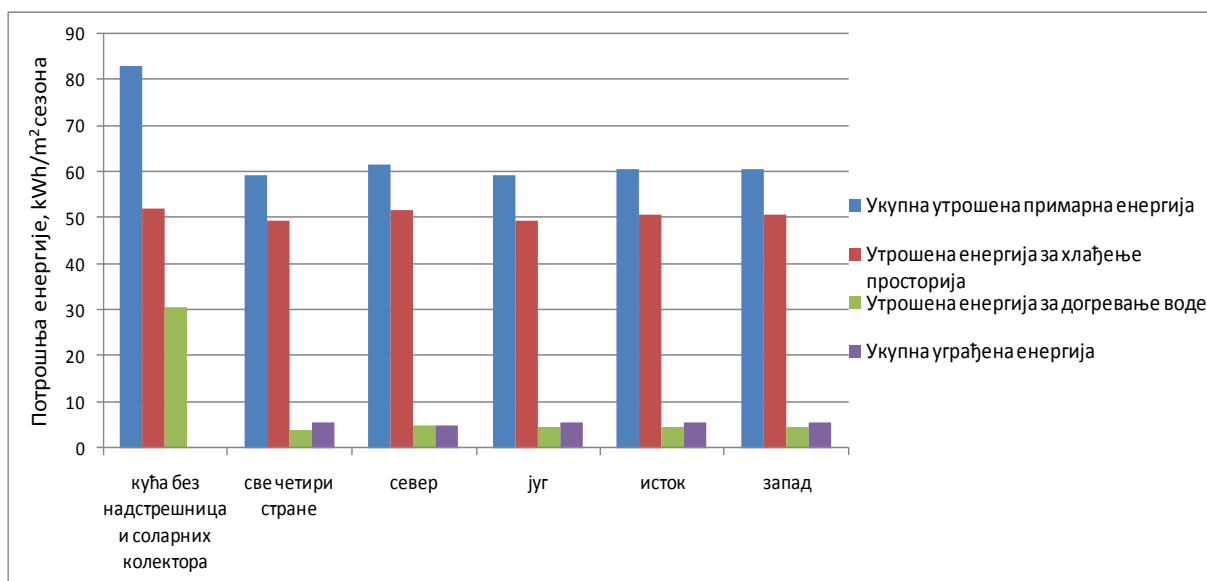
На слици 42 је приказана уштеда енергије у процентима за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина и колекторима у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама и колекторима постављеним на: све четири стране, северу и југу, као и истоку и западу.

Уштеда примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) у случају постављања колектора и надстрешница на све четири стране, као и на северу и југу у односу на кућу без њих износи 35%, док је за случај постављања колектора и надстрешница на истоку и западу уштеда примарне енергије нешто мања и износи 33%.

Уштеда укупне примарне енергије (енергије функције циља) у случају постављања колектора и надстрешница на све четири стране, као и на северу и југу у односу на кућу без њих износи 28,5%, док је за случај постављања колектора и надстрешница на источној и западној страни куће уштеда укупне примарне енергије нешто мања и износи 27%.



Слика 42. Уштеда енергије у процентима за различите случајеве постављања надстрешница и колектора



Слика 43. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница и колектора

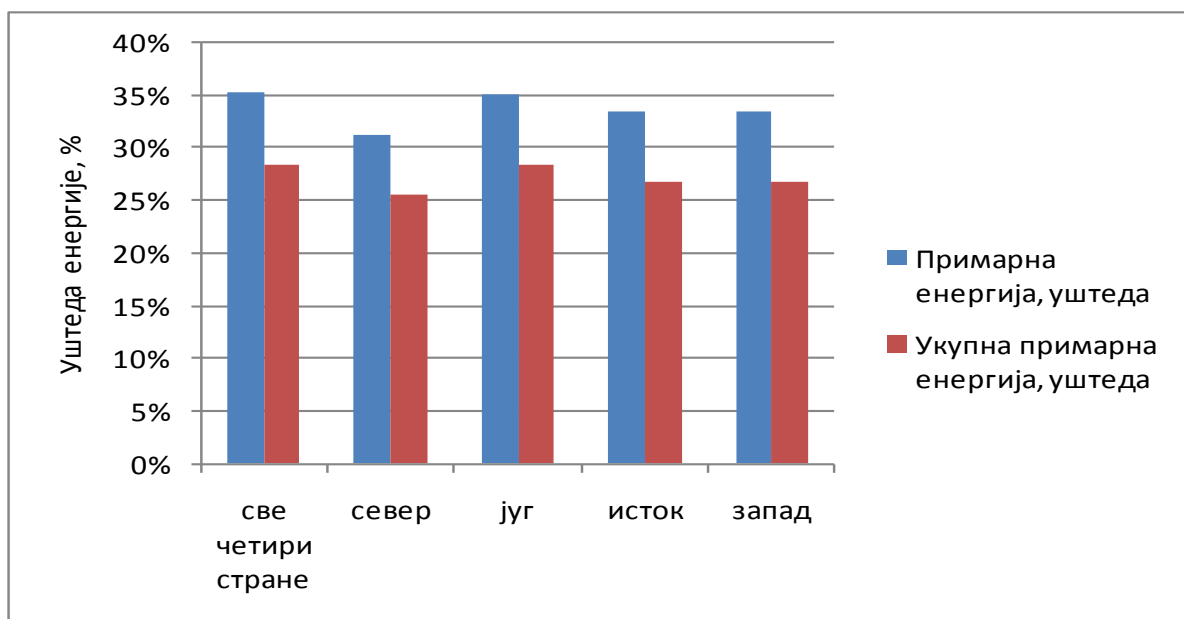
Слика 43 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина и колекторима у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама и колекторима постављеним на: све четири стране, северу, југу, истоку и западу.

На слици је приказано како укупна уграђена енергија соларних колектора и надстрешница утиче на смањење утрошене енергије потребне за хлађење просторија и догревање воде, а самим тим и укупне утрошене примарне енергије (енергије функције циља).

На слици 44 је приказана уштеда енергије у процентима за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина и колекторима у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама и колекторима постављеним на: све четири стране, северу, југу, истоку и западу.

Уштеда примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) у случају постављања колектора и надстрешница на све четири стране куће, као и на њеној јужној страни у односу на кућу без њих износи 35%, за случај постављања колектора и надстрешница на истоку и западу уштеда примарне енергије је нешто мања и износи 33%, док је за случај њиховог постављања на северној страни куће уштеда најмања и износи 31%.

Уштеда укупне примарне енергије у случају постављања колектора и надстрешница на све четири стране, као и на јужној страни у односу на кућу без њих износи 28,5%, за случај постављања колектора и надстрешница на источној и западној страни куће уштеда укупне примарне енергије је нешто мања и износи 27%, док је за случај њиховог постављања на северној страни куће уштеда најмања и износи 25,5%.



Слика 44. Уштеда енергије у процентима за различите случајеве постављања надстрешница и колектора

7.0 ЗАКЉУЧАК

Уградња надстрешница оптималних дубина и соларних колектора који их у потпуности прекривају, има позитиван утицај на уштеду енергије куће са надстрешницама и колекторима у односу на кућу без њих.

Анализом резултата оптимизације се може закључити да у случају уградње надстрешница и колектора на све четири стране куће, дубина надстрешнице на јужној страни износи 0,55m, док надстрешнице на осталим странама куће (север, исток и запад) готово и да не постоје.

Такође, анализом резултата оптимизације се може приметити да код куће која има само северну и јужну надстрешницу, северна надстрешница готово и да не постоји, док је дубина надстрешнице окренуте ка југу 0,634m.

Код куће која има само источну и западну надстрешницу добијене оптималне дубине надстрешница износе 0,325m за надстрешницу постављену на истоку и 0,278m за надстрешницу постављену на западу.

Вредности оптималних дубина надстрешница за случај њиховог постављања само на једну страну куће (север, југ, исток, запад) се крећу у границама између 0,569 до 0,663 m.

Упоредивањем кућа са надстрешницама оптималних дубина и колекторима за различите случајеве њиховог постављања и кућа без надстрешница и колектора, може се закључити да постоји уштеда примарне енергије, као и уштеда укупне примарне енергије (енергије функције циља).

Савремени развој захтева напуштање необновљивих извора енергије и окретање енергетској ефикасности, уштеди енергије и економској исплативости тј. обновљивим изворима енергије.

Дизајн сенчења, комбинација архитектуре надстрешница оптималних дубина покривених са соларним колекторима, модеран је израз и одговор на питања енергетске самосталности и ефикасности кућа, као и независности од фосилних горива. Како у Србији, тако и у свету.

8.0 ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.donsmaps.com/lepenki.html> (приступљено 22.05.2013.)
- [2] <http://www.svijetokonas.net/putovanja/sirakuza-mjesto-legendi-i-mitova/> (приступљено 22.05.2013.)
- [3] <http://www.srbijadotokija.com> (приступљено 22.05.2013.)
- [4] Весна Косорић, Активни соларни системи, Грађевинска књига Д.О.О, Београд 2007
- [5] <http://en.wik.org>
- [6] Tushar K. Grosh, Mark A. Prelas, Energy Resources and Systems, Springer Science Business Media B.V. 2011
- [7] Зрнић С., Ђулум Ж., ГРЕЈАЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА СА ПРИМЕНОМ СОЛАРНЕ, Научна Књига, Београд, 1988.
- [8] <http://www.solarni-sistemi.co.rs> (приступљено 03.06.2013.)
- [9] <http://www.greenbase.rs> (приступљено 07.05.2013.)
- [10] <http://www.cne.cz> (приступљено 22.06.2013.)
- [11] http://casopisparadocs.blogspot.com/2012_01_01_archive.html (приступљено 23.05.2013.)
- [12] <http://www.izopol.rs/sr/page/proizvodi-od-tvrde-pur-pene> (приступљено 14.05.2013.)
- [13] M.S. Hossain, R. Saidur, H. Fayaz, N.A. Rahim, M.R. Islam, J.U. Ahamed, M.M. Rahman, Review on solar water heater collector and thermal energy performance of circulating pipe, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 8, October 2011, Pages 3801-3812, ISSN 1364-0321, 10.1016/j.rser.2011.06.008.
- [14] Yu Huang, Jian-lei Niu, Tse-ming Chung, Energy and carbon emission payback analysis for energy-efficient retrofitting in buildings—Overhang shading option, Energy and Buildings 44 (2012) 94–103
- [15] <http://www.nadstreski.com> (приступљено 22.04.2013.)
- [16] <http://www.passiv.de> (приступљено 22.04.2013.)
- [17] <http://www.xn--nadstreki-r3b.eu/nadstreski-za-vhodna-vrata/> (приступљено 04.05.2013.)
- [18] http://www.adriahomeart.com/tende-i-nadstresnice_01322513810226.php (приступљено 04.05.2013.)
- [19] <http://www.schueco.com> (приступљено 08.05.2013.)
- [20] <http://www.celicne-konstrukcije.com/> (приступљено 22.06.2013.)
- [21] <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> (приступљено 02.05.2013.)
- [22] Michael Wetter, GenOpt -- A Generic Optimization Program, Building simulation, Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001
- [23] <http://www.klimauredjaji.com/prikaziModel.do?u=395> (приступљено 25.06.2013.)
- [24] www.greenspec.co.uk/embodied-energy/php
- [25] Soteris A Kalogirou, Environmental benefits of domestic solar energy systems, Energy Conversion and Management, Volume 45, Issues 18–19, November 2004, Pages 3075-3092, ISSN 0196-8904, 10.1016/j.enconman.2003.12.019.