

Тематско поглавље - 7

Пасивни и активни соларни системи

предавач: др Мила Пуцар*

Садржај предавања

1. Појмови дефинисани Правилницима од значаја за ОИЕ и соларне системе
2. Специфичности законске и планске регулативе
3. Пасивни соларни системи
4. Комбиновани пасивни соларни системи
5. Активни соларни системи
6. Хибридни системи
7. Концепт пасивне куће

1. Појмови дефинисани Правилницима од значаја за ОИЕ и соларне системе

ЕНЕРГИЈА ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА представља енергију из обновљивих нефосилних извора, као што су енергија ветра, Сунчевог зрачења, геотермална енергија, енергија подземних и површинских вода, биомаса и остало;

ПАСИВНА ЗГРАДА је зграда у којој годишња потрошња енергије за грејање по јединици корисне површине не прелази 15 kWh/m²;

ПРИМАРНА ЕНЕРГИЈА представља енергију из обновљивих и необновљивих извора која није претрпела било какву конверзију или процес трансформације;

СТАКЛЕНИК је застакљени корисни део зграде који представља пасивни пријемник сунчеве енергије;

БРУТО РАЗВИЈЕНА ГРАЂЕВИНСКА ПОВРШИНА јесте збир површина свих надземних етажа зграде, мерених у нивоу подова свих делова објекта - спољне мере ободних зидова (са облогама, парапетима и оградама). У бруто грађевинску површину не рачунају се површине у оквиру система двоструких фасада, стакленика, површине које чине термички омотач зграде у бруто развијену грађевинску површину не обрачунава се код хетерогених зидова дебљина термоизолације преко 5 цм, а код хомогених зидова дебљина зида већа од 30 цм уз постизање, овим правилником прописаних услова енергетске ефикасности зграда;

* др Мила Пуцар, дипл.инж.арх., научни саветник
Институт за архитектуру и урбанизам Србије
11 000 Београд, Бул. краља Александра 73/II
тел. +381 11 3207 303 факс +381 11 3370 203
e-mail: mp@iaus.ac.rs pucarmila@gmail.com

2. Специфичности законске и планске регулативе

ЗАКОН **О ПЛАНИРАЊУ И ИЗГРАДЊИ**

("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др. закон и 9/2020)

3. Начела за уређење и коришћење простора

Члан 3.

Планирање, уређење и коришћење простора заснива се на следећим начелима:

- 1) одрживог развоја кроз интегрални приступ у планирању;
- 2) равномерног територијалног развоја;
- 3) рационалног коришћења земљишта подстицањем мера урбане и руралне обнове и реконструкције;
- 4) рационалног и одрживог коришћења необновљивих ресурса и оптималног коришћења обновљивих ресурса;
- 5) заштите и одрживог коришћења природних добара и непокретних културних добара;
- 6) превенције техничко-технолошких несрећа, заштите од пожара и експлозија, заштите од природних непогода, отклањања узрока који изазивају климатске промене;
- 7) планирања и уређења простора за потребе одбране земље;
- 8) усаглашености са европским прописима и стандардима из области планирања и уређења простора;
- 9) унапређења и коришћење информационих технологија које доприносе бољој ефикасности и економичности рада јавне управе на пословима изградње;
- 10) учешћа јавности;
- 11) очувања обичаја и традиције;
- 12) очувања специфичности предела;
- 13) хоризонталне и вертикалне координације.

Одрживи развој из става 1. тачка 1) овог члана представља усклађивање економских, социјалних и еколошких аспеката развоја, рационално коришћење необновљивих и обезбеђење услова за веће коришћење обновљивих ресурса, што садашњим и будућим генерацијама омогућава задовољавање њихових потреба и побољшање квалитета живота.

20. Урбанистичко-технички документи

20.4. Посебни случајеви формирања грађевинске парцеле

Члан 69.

За грађење, односно постављање електроенергетских и електронских објеката или комуникационих мрежа и уређаја, може се формирати

грађевинска парцела која одступа од површине или положаја предвиђених планским документом за ту зону, под условом да постоји приступ објекту, односно уређајима, ради одржавања и отклањања кварова или хаварије....

За грађење, односно постављање објеката из члана 2. тач. 20г), 26), 26б), 27) и 44) овог закона, електронских објеката или комуникационих мрежа и уређаја, може се формирати грађевинска парцела која одступа од површине или положаја предвиђених планским документом за ту зону, под условом да постоји приступ том објекту, односно тим уређајима, ради одржавања и отклањања кварова или хаварије на њима.

Став 4: За надземне електроенергетске водове и елисе ветротурбина не формира се посебна грађевинска парцела.

.....

Став 10 до 14: На земљишту изнад подземних делова објекта из става 1. овог члана и на земљишту испод водова високонапонских далековода и елиса ветротурбина, инвеститор има право пролаза или прелета испод, односно изнад земљишта, уз обавезу сопственика, односно држаоца тог земљишта да не омета изградњу, одржавање и употребу тог објекта.

У случају из става 11. овог члана, не доставља се доказ о решеним имовинско-правним односима у смислу става 9. овог члана, нити се формира грађевинска парцела за предметно земљиште, без обзира на намену земљишта.

Инвеститор за изградњу објеката из ст. 1. и 2. овог члана има право пролаза и провоза преко суседног и околног земљишта које је у својини других власника, ради извођења радова у току изградње, када то захтева технолошки поступак и на начин који је у складу са таквим технолошким поступком.

Сви власници и држаоци суседног и околног земљишта дужни су да омогуће несметани приступ градилишту и трпе извођење радова за потребе изградње објекта или уређаја из става 1. овог члана. Инвеститор је дужан да власницима или држаоцима земљишта из става 12. овог члана, као и суседног или околног земљишта из става 13. овог члана, надокнади штету коју учини извођењем радова, пролазом и превозом, односно да врати земљиште у првобитно стање. Ако се не постигне споразум о висини накнаде штете, одлуку о накнади штете доноси надлежни суд.

VI. ГРАЂЕВИНСКА ДОЗВОЛА

1. Надлежност за издавање грађевинске дозволе

Члан 133.

Грађевинску дозволу за изградњу објеката издаје министарство надлежно за послове грађевинарства (у даљем тексту: Министарство), ако овим законом није другачије одређено.

Министарство издаје грађевинску дозволу за изградњу објеката, и то:

20) објеката за производњу енергије из обновљивих извора енергије снаге 10 MW и више.

ПРАВИЛНИК О ЕНЕРГЕТСКОЈ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА (“Сл. гласник РС”, бр. 61/2011)

Члан 6

Код обезбеђивања ефикасног коришћења енергије у зградама узима се у обзир век трајања зграде, климатски услови локације, положај и оријентација зграде, њена намена, услови комфора, материјали и елементи структуре зграде и омотача, уграђени технички системи и уређаји, као и извори енергије и когенерација и могућност за коришћење обновљивих извора енергије.

Члан 7

За постизање енергетске ефикасности зграда дефинише се:

- 1) оријентација и функционални концепт зграде;
- 2) облик и компактност зграде (фактор облика);
- 3) топлотно зонирање зграде;
- 4) начин коришћења природног осветљења и осунчања;
- 5) оптимизација система природне вентилације;
- 6) оптимизација структуре зграде;
- 7) услови за коришћење пасивних и активних система;
- 8) услови за коришћење вода;
- 9) параметри за постизање енергетске ефикасности постојећих и новопроектованих зграда.

Члан 23

Елаборат ЕЕ садржи:

- 1)
- 2) технички опис примењених техничких мера и решења у пројекту усклађених са овим правилником и то:
 - (1) функционалне и геометријске карактеристике зграде,
 - (2) примењене материјале,
 - (3) уграђене системе,
 - (4) врсте извора енергије за грејање, хлађење и вентилацију,
 - (5) термотехничке инсталације,
 - (6) системе расвете,
 - (7) употребу и учешће обновљивих извора енергије;

Прилог 4

ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ ЗА ПОСТИЗАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА

4.1. Техничким захтевима за постизање енергетске ефикасности зграда нарочито се одређују следећи параметри:

4) начин коришћења природног осветљења и осунчања:

- (1) максимизирати употребу природног осветљења уз омогућавање пасивних добитака топлотне енергије зими односно заштите од прегревања лети адекватним засенчењем (форма објекта или системи засенчења);

5) оптимизација система природне вентилације:

(2) када год је то могуће, отворе конципирати тако да се максимизира пасивно (природно) ноћно хлађење у летњем периоду.
7) коришћење пасивних и активних система у зависности од типа зграде, структуру и омотач конципирати тако да се максимално користе пасивни и активни соларни системи и обезбеди заштита од прегревања;

**ПРАВИЛНИК О УСЛОВИМА, САДРЖИНИ И НАЧИНУ ИЗДАВАЊА
СЕРТИФИКАТА О ЕНЕРГЕТСКИМ СВОЈСТВИМА ЗГРАДА
("Сл. гласник РС", бр. 61/2011)**

Члан 12

Након енергетског прегледа израђује се извештај о обављеном енергетском прегледу зграде, који садржи:

- 1) опште податке о згради;
- 2) технички опис примењених техничких мера и решења према прописаним критеријумима и то:
 - (1) функционалних и геометријских карактеристика зграде,
 - (2) примењених грађевинских материјала, елемената и система,
 - (3) уграђених техничких система,
 - (4) врста извора енергије за грејање, хлађење и вентилацију,
 - (5) термотехничких инсталација и система расвете,
 - (6) употребе и учешћа обновљивих извора енергије;

Влада Србије је 30. марта 2021. усвојила сет закона из области енергетике, од којих се један односи на ову област, а то је: Закон о коришћењу обновљивих извора енергије ("Службени гласник РС", бр. 40 од 22. априла 2021. године.

Закон о коришћењу обновљивих извора енергије омогућава јавну продају електричне енергије из ОИЕ у складу са смерницама о државној помоћи.

Новина коју овај закон доноси је појам *купац-произвођач*. То је према дефиницији крајњи купац који је на унутрашње инсталације прикључио сопствени објекат за производњу електричне енергије из ОИЕ, при чему се произведена електрична енергија користи за снабдевање сопствене потрошње, а вишак произведене електричне енергије испоручује у преносни систем, дистрибутивни систем.

Уредба о критеријумима, условима и начину обрачуна потраживања и обавеза између купца – произвођача и снабдевача, "Службени гласнику РС", бр. 83/2021 од 27.8.2021. Уредба се односи на домаћинства, стамбене зграде и појединачне станове у зградама, као и фирме.

У складу са Законом о коришћењу обновљивих извора енергије и Уредбом о критеријумима, условима и начину обрачуна потраживања и обавеза између купца – произвођача и снабдевача, Акционарско друштво „Електропривреда Србије“ Београд, као један од снабдевача на тржишту електричне енергије у Републици Србији, учествује у процесу закључења уговора са потпуним снабдевањем са нето мерењем односно нето обрачуном са купцима-произвођачима.

Усвајањем Закона о изменама и допунама Закона о коришћењу обновљивих извора енергије у априлу 2023 године, купци-произвођачи су ограничени да инсталирају електране максималне снаге до 10,8 kW за домаћинства, односно до 5 MW за правна лица.

У Србији тренутно има 959 домаћинстава и 315 правних лица која имају статус купаца-произвођача, са укупно инсталисаном снагом од око 15 MW.

Изменама Закона о порезу на додату вредност почео је повољнији обрачун пореза за домаћинства која су прозјумери, односно истовремено купци и произвођачи електричне енергије, чиме је делимично унапређена примена овог закона.

3. Пасивни соларни системи

Постоје два различита приступа коришћења соларне енергије у зградарству, а то су:

- *активни системи* - који у први план стављају инсталациону опрему;
- *пасивни системи* - који преводе енергетске феномене у архитектонски концепт где кућа постаје пријемник који захвата и чува највећи део сунчеве енергије.

Активни соларни системи значајно поскупљују изградњу док се применом пасивних система може постићи уштеда енергије уз веома мале додатне трошкове.

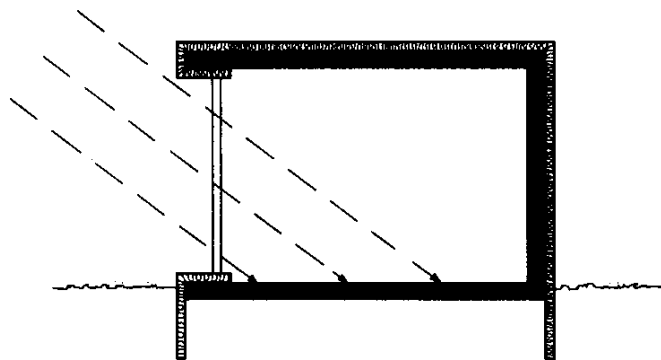
Пасивни соларни системи су поузданији и захтевају мање одржавање. Највећа предност пасивних соларних објеката, нарочито ако имају стакленик, је пријатан унутрашњи амбијент.

Изградња великог броја пасивних соларних кућа у веома различитим климатским подручјима добар је показатељ вредности овог приступа истраживању, планирању и пројектовању.

Пасивни соларни системи

За разлику од активних система, код пасивних не постоји посебан систем уређаја, већ читав објекат ради као колектор сунчевог зрачења.

Све функције система на себе преузимају делови и елементи објекта. Кућа која захвата сунчеву енергију може да је користи скоро сваког дана, чак и по облачном времену.

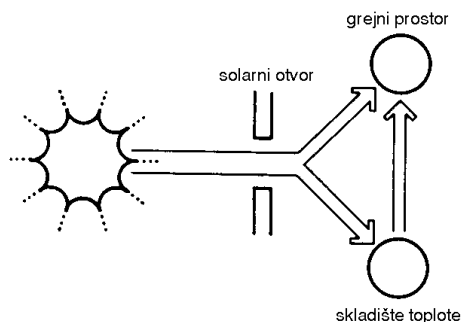


Шема пасивног систем

Пасивни системи раде на принципу транспарентности и инерције, с тим што се у први план ставља транспарентност, уз истовремено спречавање поподневог прегревања и ноћног хлађења.

Они нуде с једне стране "бесплатну" топлотну енергију (прозори, стакленици, зимске баште итд.) или енергију које захтевају извесно повећање цене објекта (Тромбеов зид, водени зид, термосифонски колектор, кровни базен).

Основна предност пасивног соларног система је што користи конвенционалне елементе зграде који преузимају функције сакупљања, складиштења и расподеле соларне енергије.



Елементи пасивног система

основни елементи пасивног соларног система су:

- соларни отвори,
- складиште топлоте и
- грејани простор.

Циљ система је да испоручи енергију кориснику зграде у време када је то потребно. Енергија коју прима систем може се пренети у простор директно или индиректно из складишта, за шта се користи неки медијум.

Соларни отвори се састоје од различитих прозора чији нагиб и оријентација треба да буду одабрани тако да обезбеде максималан добитак топлоте у току зимског периода и минимално прегревање у току лета и прелазних периода.

Пошто су топлотни губици кроз прозоре већи од губитака кроз изоловане зидове, потребно је наћи компромис између топлотних губитака и повећања соларних добитака.

Поред прозора, у пасивним зградама се користе и други јужно оријентисани отвори, стакленици, Тромбеов или водени зид итд. И кров може да пружи могућност за постављање соларних прозора или кровног базена.

Пошто се пасивни соларни системи по природи понашају динамично, увек постоји потреба за складиштењем топлоте.

Сваки материјал са високим топлотним капацитетом се може користити као термичко складиште. Грађевински материјали као што су бетон, опека и камен најчешће се користе, јер се већ налазе на локацијама.

Вода као материјал за складиштење је врло погодна зато што има високу специфичну топлоту и веома добре особине преноса топлоте, али је проблем обезбедити непропустљивост, што повећава трошкове изградње.

Масивна градња је, захваљујући већој акумулацији топлоте и дужем времену хлађења много повољнија за овакав тип објеката од лаке градње. Стамбене просторије код кућа које користе соларну енергију треба груписати на јужној страни. Гараже, улазе, холове, степеништа и складишта треба лоцирати на северној страни.

Вођење рачуна о топлотној проводљивости свих материјала и целог склопа зграде, уз максималну изолацију свих елемената система (prozори, зидови, таванице, подови и др.) је један од главних концепцијских поставки пасивне соларне архитектуре.

Суштина архитектуре која користи пасивне соларне елементе је у томе да се познавањем и применом физичких закона:

- загревања,
- хлађења,
- циркулације ваздуха и
- топлотним изолацијама

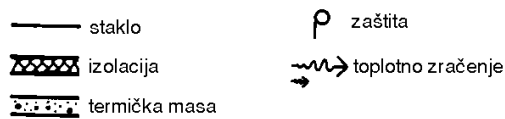
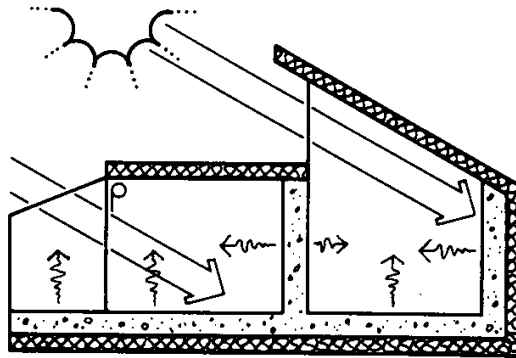
постигне могућност да се сама кућа понаша као регулатор топлоте.

Код пасивних соларних система сунчева енергија се директно претвара у топлотну. Проток и измена ваздуха између свих елемената у систему треба да делује тако да температура у кући буде стално угодна за боравак.

За разлику од активног система који може да се постави на сваку кућу, пасивни систем је сама кућа.

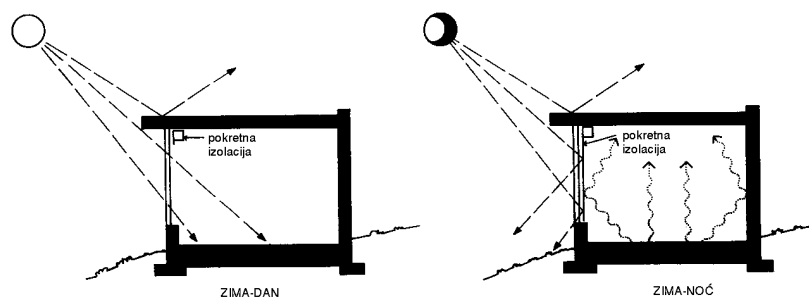
Као значајан елемент система пријема сунчеве енергије, односно понашања зграда као енергетски ефикасног објеката, узимају се у обзир природни фактори окружења.

То значи да таква кућа захтева не само посебан начин пројектовања, већ на њену ефикасност утиче и низ фактора као што су: клима, конфигурација терена, оријентација, ветар, вегетација, међусобни односи зграда итд.



Типична комбинација пасивних соларних система

Систем директног добитка



Пренос топлоте у објекат директним путем

Код система директног добитка сунчеви зраци директно, кроз транспарентну преграду (стаклени зид) продиру у простор који треба загрејати. Најједноставнији систем директног добитка у основи представља добро изоловану кућу са великим површинама јужно оријентисаних прозора, који на овај начин постају веома ефикасни соларни колектори.

Јужни прозори зими пропуштају сунчеве зраке под ниским углом. Лети, висок положај сунца смањује осунчање које се преноси кроз јужне прозоре, а надстреха може потпуно да искључи сунце. Енергија се у току дана апсорбује и складишти у елементима на које падају сунчеви зраци – "термичка маса" и поновно емитује у простор у току ноћи.

Сунце сија директно на термичку масу, енергија се складишти и постижу се мање осцилације температуре ваздуха.

Термичку масу чине елементи зграде са великим топлотним капацитетом: подови, зидови, таванице.

Термичку масу је неопходно заштитити од спољних утицаја добро изолованим омотачем, тако да она греје собу зрачењем и конвекцијом. На транспарентни зид се може поставити покретна изолација (завесе) да би се спречили претерани топлотни губици у току ноћи.

Концепција директног добитка је најубичајеније решење пасивног грађења.

Систем директног захватања сунчеве енергије чини обичан прозор, па је овај соларни систем примењен, углавном, на свим архитектонским објектима.

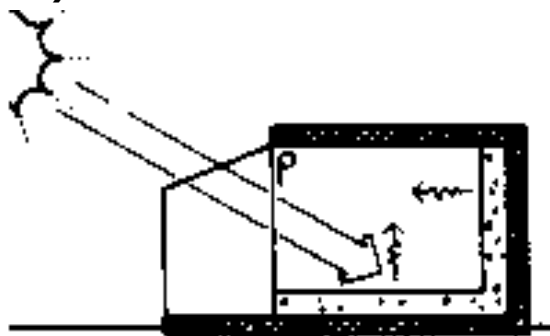
Код система директног добитка сунчева светлост улази у простор и пада на масу топлотног складишта.

На овај начин простор, који је прикупио и ускладиштио сунчево зрачење служи као колектор.

Основни захтеви система директног добитка су:

- јужно оријентисани застакљени прозори;
- изложена термичка маса у плафону и/или поду и/или зидовима, чија су површина и капацитет одговарајуће димензионисани и директно изложени сунчевом зрачењу да би складиштили енергију;
- изоловано топлотно складиште.

Директни добитак путем стакленика



У овом систему стакленик је одвојен од осталог дела зграде стакленом преградом, тако да сунчеви зраци директним путем улазе у просторију

Стакленик

Стакленик–стаклена башта је изузетно важан, ако не и најважнији елемент пасивне соларне и биоклиматске архитектуре помоћу кога се захвата и користи сунчева енергија.

То је најчешће примењиван и најефикаснији пасивни соларни систем, због тога што су ефекти соларног грејања уочљиви веома брзо, а сам простор има и низ других квалитета.

Зелена башта стакленика својом специфичном микроклимом побољшава термички, визуелни, звучни и естетски комфор.

Стакленик представља високо вредан употребни простор нарочито у зимском периоду, поготово ако се користи и за гајење биљака.

Основни принцип пројектовања зграде са стаклеником је да се она постави на локацији и обликује тако да захвата што више сунчеве енергије зими, а да се лети заштити од претераног загревања.

У индивидуалним кућама обично се наслања на дневни боравак, трпезарију или собе.

У вишеспратним објектима најчешће је то застакљена лођа.

Принципи функционисања куће са стаклеником

Стакленик се обично формира на јужној страни објекта, испред једне или више просторија, као саставни део објекта или као придодат део. Функционисање стакленика заснива се на максималном захватању сунчевог зрачења, које захваљујући транспарентним стакленим површинама, доспева до зидова и пода, који имају улогу апсорбера.

За акумулирање сунчеве енергије у стакленицима се поставља таман под, најчешће од керамичких плочица или тамног шљунка, масивни или Тромбов зид, резервоари за воду итд.

Од свих соларних система, ако се правилно пројектује и изгради, стакленик је најефикаснији јер има највеће површине за апсорцију, а количина ваздуха која се у њему загрева је такође већа. Због тога је топлотна ефикасност стакленика већа од других пасивних система. Код овог система сунчева енергија се директно претвара у топлотну.

Зграда са стаклеником не захтева посебне колекторе, већ се делови зграде користе за сакупљање енергије, тако да зграда сама постаје соларни колектор.

Соларним грејањем се може подмирити од 30% до 60% потребне топлотне енергије.

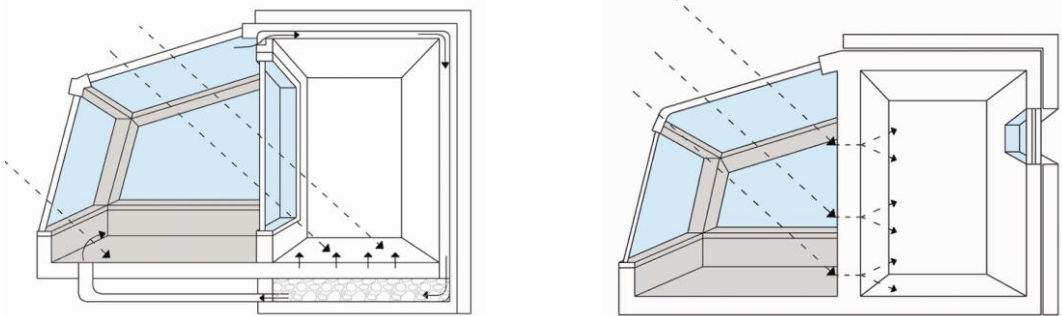
Ток и расподела топлотне енергије у стакленику

Стакленик се обично поставља на јужној страни објекта. Зид између стакленика и грејаног простора треба да буде велике масе и топлотне инерције. Простор стакленика у току дана постаје веома топао те је потребно топлоту из њега пребацити у друге делове куће или у топлотно складиште.

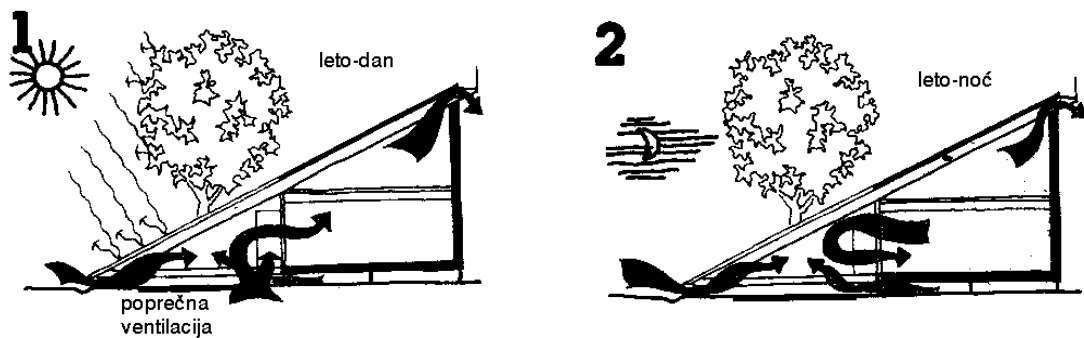
У соларној кући је неопходно обезбедити природно проветравање.

Основни елементи стакленика:

- 1/ Отвор - велика стаклена површина окренута југу
- 2/ Апсорбер - чврста, затамњена површина за акумулацију топлоте (под или зид)
- 3/ Термална маса - материјал који чува/складишти топлоту (испод или иза апсорбера)
- 4/ Дистрибуција - начин на који топлота циркулише кроз простор
- 5/ Контрола топлоте - надстрешнице, електронски сензори са термостатом



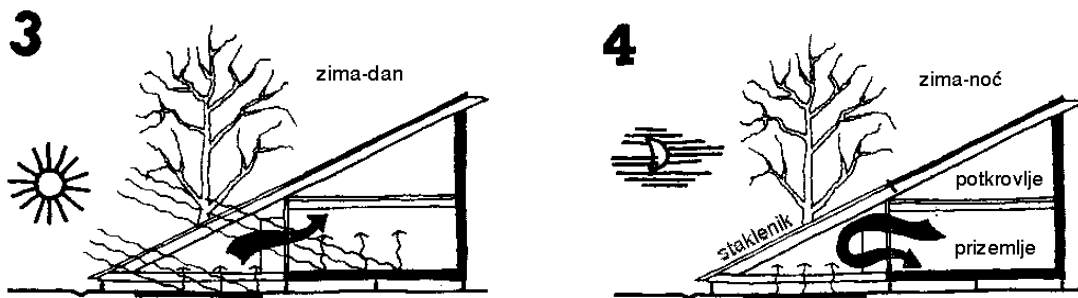
Начини дистрибуције топлотне енергије у стакленику



Сезонске и дневне варијације (летњи дневни и ноћни режим)

ЛЕТИ се стакленик штити од прегревања:

- вегетацијом уколико су објекти нижи;
- термалним засторима или настрехама;
- циркулацијом ваздуха од јужне ка северној страни објекта, затим испод пода, кроз међуспратне таванице и кроз кровну конструкцију;
- високим термичким капацитетом објекта;
- добром изолацијом итд.



*Сезонске и дневне варијације
(зимски дневни и ноћни режим)*

ЗИМИ се стакленик штити од хлађења:

- сађењем листопадног дрвећа у близини стакленика;
- високим термичким капацитетом објекта;
- стварањем могућности да сунчеви зраци продру у просторије;
- затвореним системом циркулације ваздуха унутар објекта, од јужне ка северној страни;
- добром изолацијом итд.

Да би се топлота задржала у стакленику потребно је да постоје застори који се навлаче у току ноћи и спречавају да топлота оде у спољни простор.

Испред стакленика се може засадити листопадно дрвеће, а такође и у оквиру стакленика могуће је засадити зеленило.

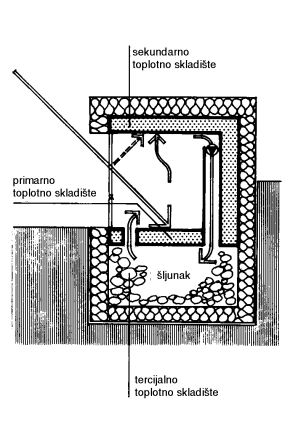
Зеленило унутар стакленика је идеална заштита од сунца у летњем периоду.

Осим тога, зеленило регулише влажност ваздуха у стакленику.

Складиштење енергије у стакленику

Најбоље је енергију која се акумулира у стакленику расподелити на три једнака дела:

- *део који се дистрибуира одмах у остале делове куће;*
- *део који се депонује у зиду иза стакленика;*
- *део који се депонује у подно складиште.*



Распоред акумулационе масе унутар стакленика

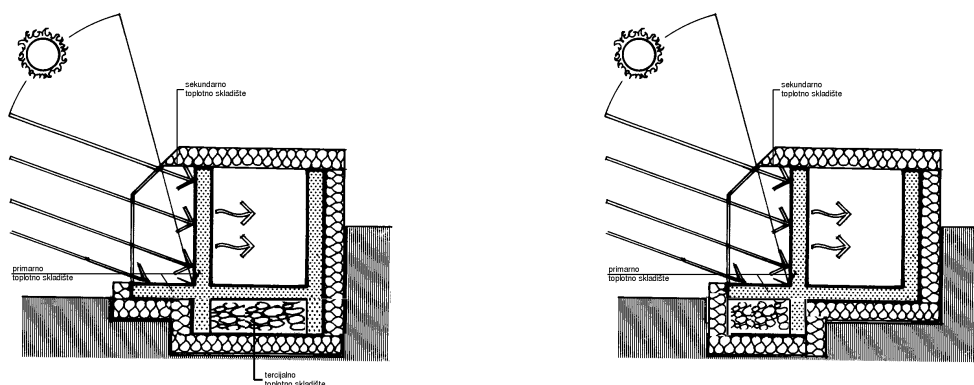
У топлотном складишту акумулациона маса је распоређена на следећи начин:

- *примарно топлотно складиште* представља површину на коју пада директно сунчево зрачење (акумулациони зид, подови...);
- *секундарно топлотно складиште* представља површину акумулационог материјала која је постављена изван осунчане површине, али је у топлотном зрачном контакту са њом (задњи зидови, таванице и сл.).
- *терцијарно (удаљено) топлотно складиште* је сакривено како од примарног тако и секундарног складишта . Као маса за акумулацију најчешће се користи шљунак.

Складиште у стакленику може бити:

- тамно обојен под са довољним степеном апсорпције (изнад 0.8);
- зид уколико је директно осунчан,
- посуде са водом итд.

Ако се очекује да стакленик представља у првом реду соларни колектор маса треба да буде мала тако да се највећи део топлоте пренесе у простор куће. Ако стакленик треба да буде користан простор са умереним температурним осцилацијама, маса треба да буде довољно велика.



Шематски приказ могуће расподеле акумулационе масе у кући са стаклеником

Пренос топлоте до удаљеног складишта долази искључиво конвекцијом (механичком конвекцијом, помоћу вентилатора или слободном конвекцијом). Удаљено складиште се може састојати од слоја камена испод пода просторија у осталом делу куће. Циркулација топлоте се може контролисати клапнама и/или вентилаторима.

Део енергије прикупљене у стакленику може се ускладиштити у зидове. Величина масе за акумулацију зависи од функционисања стакленика у односу на пријем и расподелу сунчеве енергије.

Ако се очекује да стакленик представља у првом реду соларни колектор маса треба да буде мала тако да се највећи део топлоте пренесе у простор куће. Ако стакленик треба да буде користан простор са умереним температурним осцилацијама, маса треба да буде довољно велика.

Подно складиштење унутар објекта

Још једна могућност да се овај проблем реши је да се топао ваздух који се пење не испушта кроз отворе на стакленику, већ се прикупља у канале и помоћу вентилатора усмерава у тзв. активно складиште које се састоји од слоја камења и налази испод пода стакленика или пода зграде.

На овај начин се добија "бесплатни контејнер", јер овај простор у сваком случају мора да се затрпа уколико зграда нема подрум. Користи се градирани камен, и то пре свега шљунак, величине песнице. Подно складиште мора бити хидро и термички добро изоловано са свих страна осим површине према поду.

Преко овако формираног складишта може се поставити дрвени под или бетонска плоча. У прелазним периодима године (пролеће и јесен), у којима већ постоји високо соларно зрачење, а спољне температуре нису више тако ниске, акумулатор са шљунком представља веома корисну допуну грејања.

Принципи функционисања куће са стаклеником

Стакленик се може пројектовати у најразличитијим облицима, материјалима, стиловима, у зависности од ефекта који се жели постићи на фасади или у ентеријеру.

Типови стакленика према обликовним и функционалним карактеристикама

Стакленик се може пројектовати у најразличитијим облицима, материјалима, стиловима, у зависности од ефекта који се жели постићи на фасади или у ентеријеру.

Варирањем положаја, волумена па чак и боје, пружа се могућност да сваки објекат добије карактеристичан изглед.

Облик, величина и волумен стакленика зависе и од климатских услова, топографије терена, степена инсолације, као и од функционалног и конструктивног концепта самог склопа.

Стакленик се може материјализовати на различите начине, од стакленог објекта са дискретном металном носећом конструкцијом, преко разних комбинација стакла и дрвета, стакла и метала, па до делимично озиданог стакленика.

Озидати се могу неке од бочних страна, може се поставити парапет целим ободом стакленика, може се покрити и кров стакленика.

Стакленици могу бити у облику различитих геометријских фигура, као једноставни додаци јужном зиду тако да покривају део или целу ширину куће, или углове куће, делимично или потпуно увучени у зграду.

Стакленик кроз више етажа повећава волумен тампон зоне.

Овакав стакленик побољшава степен ефикасности система због појачане природне циркулације топлог ваздуха.

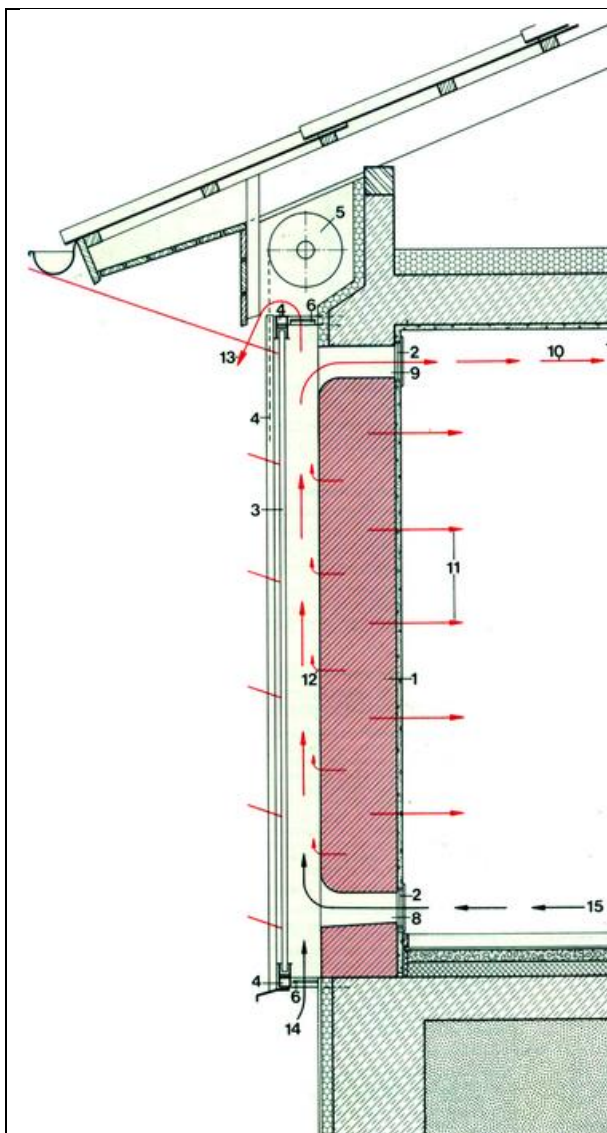
Основни типови стакленика у односу на обликовне и функционалне карактеристике су:

- прозор-стакленик;
- лођа и балкон као стакленик;
- самостални стакленик;
- стакленик на равном крову;
- прикључен (придодат, дограђен) стакленик;
- делимично уграђен (интегрисан) стакленик;
- потпуно уграђен (атријумски) стакленик;
- стакленик у урбаном ткиву.

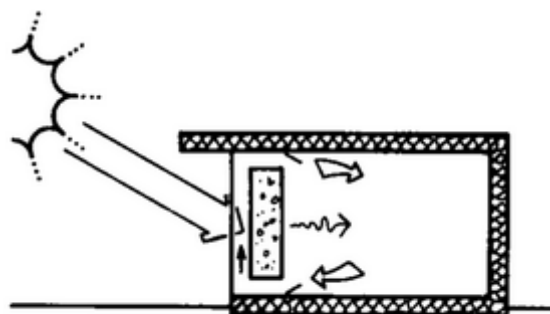
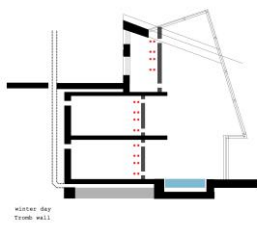
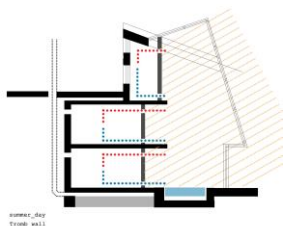
Остали пасивни соларни системи су:

- масивни зид,
- Тромб–Мишелов зид,
- водени зид,
- темосифонски колектор
- кровни базен итд.

Тромб-Мишелов зид



1. Массивни зид начињен од материјала великог топлотног капацитета у коме се акумулира топлотна енергија, споља обојен тамном бојом
2. Отвори за циркулацију ваздуха чија површина зависи од интензитета сунчевог зрачења
3. Двоструко застакљење, удаљено од зида 15-20 цм.
4. Носећа конструкција стакла
5. Ролетна-повремена заштита од сунца
6. Вентилациони отвори са затварачима
7. Међуспратна конструкција
8. Отвор за улаз хладног ваздуха зими, ноћу затворен
9. Отвор за пролаз топлог ваздуха, лети затворен
10. Ток топлог ваздуха директно у просторију, или кроз специјалне канале до северне фасаде
11. Одавање акумулиране енергије са временским помаком
12. Хлађење лети, одавањем топлоте прикупљене у зиду из простора собе
13. Проветравање простора између зида и стакла у току лета излаз топлог ваздуха
14. Улаз свежег ваздуха



Принцип рада Тромб-Мишеловог зида

Ваздушни простор између стакла и зида може бити додатно вентилисан како би се елиминисало прегревање у летњем режиму, а сам зид термички изолован због губитака топлоте у зимском режиму.

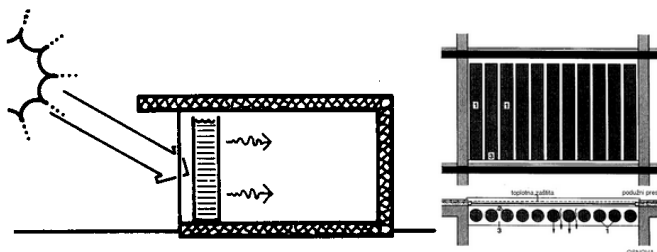
Увођењем вентилатора могуће је топао ваздух водити кроз канале на таваници, супротном зиду и поду, тако да се у просторији не осећа сувишно струјање ваздуха. Тромбов зид може бити повезан с каменим складиштем које прима вишак топлоте.

Топлота се преноси кроз материјал зида и загрева просторију са временским помаком који зависи од дебљине зида и материјала од кога је зид начињен. Маса зида се израчунава зависно од енергетских потреба зграде. Дебљину зида је потребно оптимизирати према датим условима како би захватање енергије било максимално, а температурно колебање прихватљиво.

С обзиром да је Тромбов зид застакљен, јужно оријентисан зид, лако се интегрише у структуру објекта и не захтева специфичне нестандартне услове.

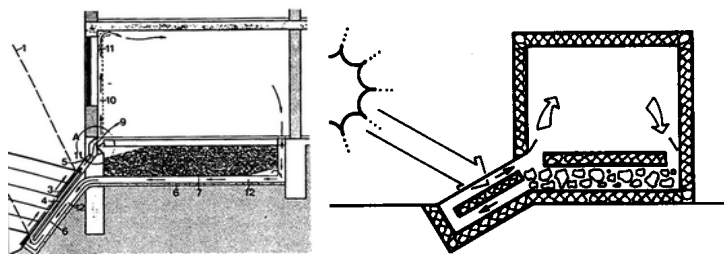
Водени зид

Водени зид је по концепцији сличан Тромб – Мишеловом зиду, с тим што се уместо масивног бетонског зида за прикупљање енергије користи вода. Контејнери испуњени водом могу бити разних величина и облика и постављени су иза јужно оријентисаног стакленог зида, по истом принципу као код Тромб – Мишеловог зида.



Шематски приказ воденог зида

Системи изолованог добитка - термосифонски колектор



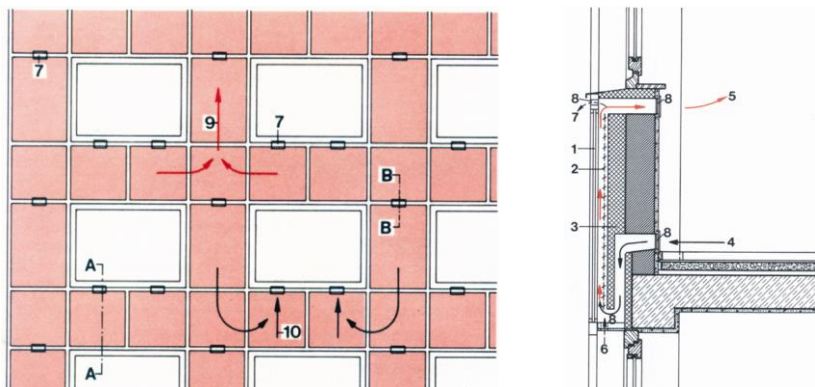
Шема термосифонског колектора

Код овог система посебна колекторска површина је повезана са термалним складиштем у јединствени блок постављен испред и ниже од парапета јужног зида, онда када терен то омогућава и када је постоји нагиб ка југу.

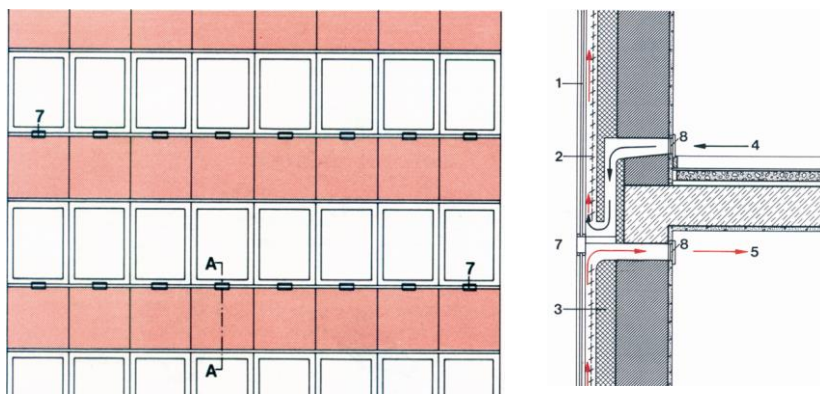
Систем користи као флуид углавном ваздух, а у неким решењима и воду, који функционишу на основу разлика у специфичној тежини између загрејаног и незагрејаног флуида.

Ток ваздуха кроз просторије је ефикасан и систем функционише без посебног вентилатора, јер је колектор постављен ниже од простора који се греје.

Ваздушни термосифонски колектор интегрисан у јужну фасаду објекта



Јужна фасада са појединачним прозорима ваздушни колектор је испред масивног спољног зида



Јужна фасада са прозорима у низу ваздушни колектор у парпету

4. Комбиновани пасивни соларни системи

У пракси се показало да комбиновање више типова пасивних соларних система на једној згради даје добре резултате. На овај начин често је могуће да се различите компоненте допуњују и тако побољшају укупне перформансе зграде.

Комбиновани системи су далеко сложенији и захтевају детаљну анализу. Сложени прорачуни и бројне комбинације могу се, са данашњим развојем софтвера, савладати релативно брзо, али је неопходно и добро познавање сваког система, његових карактеристика и могућности. Нарочито треба

обратити пажњу да поједини елементи система не дођу у колизију и да је неопходно њихово правилно димензионисање.

На пример, за систем директног добитка карактеристично је да веома брзо реагује на соларни инпут, тј. зграда која има овај систем брзо ће се загрејати када соларна енергије уђе у простор. Насупрот овоме, масивни зид апсорбује соларно зрачење по неколико сати пре него што почне да загрева простор, а добро пројектован масивни зид ће продужити да снабдева простор топлотном енергијом још дуго после заласка сунца. Зато је за наше климатско подручје повољна комбинација система директног добитка и масивног зида, јер на се овај начин зграда снабдева релативно константном топлотом током целог дана. Систем директног добитка ће снабдевати зграду топлотом у току дана, док ће масивни зид достићи свој топлотни максимум у току вечери. Важно је да оба система буду правилно димензионирана, како би се допуњавали зависно од климатске зоне и потреба за грејањем зграде. На овај начин зграда се може снабдевати топлотном енергијом у одређеним периодима дана када је најпотребнија (нпр. касно поподне, вече) и може се спречити њено прегревање (нпр. у подне).

5. Активни соларни системи: соларни колектори, фотонапонски системи

У зимском периоду највећа количина сунчеве радијације на хоризонталну површину добија се управо у данима са најнижом температуром, односно баш када су и потребе за грејањем највеће. Међутим соларни колектори и фотонапонски панели се постављају у оптималан положај, тј. приближно управно на сунчеве зраке, па тако примају значајно више енергије. На пример, у јануару, површина оптималне оријентације и нагиба (45°) прима за око 70% више енергије него хоризонтална површина.

Конверзија сунчеве енергије се врши помоћу термалних соларних колектора и фотонапонских ћелија.

Термални соларни колектори соларну енергију претварају у топлотну и служе за грејање воде и загревање простора.

Фотонапонски ((PV) системи соларну енергију претварају у електричну.

Соларни колектори

Соларни колектори представљају систем који на најједноставнији начин сунчеву енергију претвара у топлотну. Тако добијена енергија се може употребити за загревање и хлађење простора, грејање воде, и за бројне друге намене за које се користе класични извори енергије.

Енергија сунца у нашој се земљи недовољно користи. Уштеде у свим објектима где је потрошња топле воде велика могу бити значајне. На пример, за једну четворочлану породицу потребно је 4m^2 соларних колектора. Цео сет са колекторима, бојлером од 200 l, регулационом станицом и разводом данас кошта око 1900 евра, са монтажом око 2100 евра. У летним месецима овај

систем би могао да задовољи и 100% потреба за топлом водом, док би у зимском периоду то било приближно 50%. Потрошња електричне енергије може се смањити и до 80%, просечно на годишњем нивоу. На тај начин инвестиција би се исплатила за 3 до 3,5 године.

Реално је очекивати да ће за време рада овог система, чији се век процењује на најмање 20 година, цена електричне енергије расти, што ће скратити и време амортизације. Ако би се успоставила и финансијска помоћ државе за овакве системе (која већ постоји у већини земаља ЕУ-а), тада време отплате не би износило више од 2 – 2,5 године.

Када би само 300.000 домаћинстава у Србији имало по 5м² соларних колектора за грејање воде или ваздуха уштедело би се 1.500 GWh годишње, што одговара инсталисаном производном капацитету од око 400 MW.

Фотонапонски ((PV) системи

И овде је присутна значајна експанзија производње и примене ових система. Експанзија фотонапонских ћелија омогућена је значајним технолошким напретком у току последње деценије.

Јачина напона, којим је условљена ефикасност соларног панела зависи од типа соларне ћелије, али и од спектра и снаге сунчевог зрачења. Соларни панели који су израђени од силицијумских соларних ћелија тренутно су најзаступљенији на тржишту, нарочито када је реч о комерцијалној употреби, а у зависности од њихове структуре разликујемо монокристалне, поликристалне и аморфне соларне панеле.

Технологија соларних ћелија прешла је дуг пут у протеклих двадесет година, а просечна ефикасност је повећана од око 10 % на преко 21 %. Ипак, нису сви соларни панели креирани исто, па материјал и структура модела одређују њихову ефикасност.

На тржишту се нуде снажни и велики панели који су застарели или однедавно забрањени у неким ЕУ земљама као што је Немачка. Много бољи су мањи али ефикасни панели које је и лакше поставити на кров, а на исту површину дају већу снагу.

Поред тога, технологија се мењала, па је сада PERC монокристална ћелија неизоставна ознака панела који су отпорнији на прегревање од обичних монокристалних ћелија.

Скраћеница PERC значи Пасивни одашиљач задње ћелије. Технологија PERC ћелије дефинише архитектуру соларних ћелија која се разликује од стандардне архитектуре ћелија која се користи већ тридесет година.

Иако ће почетна инвестиција бити већа, куповина једног од најефикаснијих модела соларних панела је најважнија ствар коју је могуће урадити уколико желимо да постигнемо најбоље резултате.

Ефикасност соларних панела је под утицајем различитог нивоа температуре. Ефикасност панела ће падати како се температура повећава. Потребно је оставити довољан размак између соларних панела и крова током инсталације, што омогућава лакше кретање ваздуха и спречава прегревање фотонапонских соларних панела.

Занимљива су истраживања научника Универзитета у Сарију да прошире поље примене соларних панела и увећају њихову ефикасност. Они су успешно је повећали количину енергије коју апсорбују ултра-танки соларни панели за чак 25 %.

6. Хибридни соларни системи

Хибридни системи могу истовремено генерисати струју и топлу воду. Очекивани развој соларних технологија ће омогућити нова техничка решења која ће грејати зграду, обезбедити топлу воду и напајање електричном енергијом.

Хибридни системи пружају флексибилна решења за снабдевање енергијом и допринесу одрживом развоју. Гледано дугорочно, улагања се исплате, а посебно треба имати у виду ефекте заштите животне средине кроз смањење емисија CO₂.

Хибридни систем може користити више обновљивих извора енергије. Акцент се ставља на комбинацију различитих технологија, које могу у потпуности да реше проблем континуиране доступности обновљивих извора енергије (нпр., коришћење енергије сунца, енергије ветра, биомасе итд.).

7. Концепт пасивне куће

Енергетски стандард пасивне куће је онај који за стамбену грејану зграду предвиђа енергетску потрошњу од 15 kWh/m², што је 10 до 15 пута мање него што се за грејање кућа троши данас. Квалитетан слој изолације, заптивени прозори и врата који спречавају губитак топлоте, системи за циркулацију ваздуха који осим проветравања имају задатак да додатно чувају енергију у унутарњем простору, као и коришћење обновљивих извора енергије за добијање топлоте (посебно сунчеве енергије) неопходни су за стандард пасивне куће.

Пасивна кућа је специфичан стандард изградње зграда, којим се обезбеђују удобни услови унутар зграде током зиме и лета без традиционалних система за загревање и без активног хлађења. Потрошња енергије је мала пошто овакве зграде обично захтевају још сасвим мало додатне енергије за грејање.

Стандард пасивне куће

Високи комфор, минимална потрошња енергије, занемарљиви трошкови за грејање и хлађење, смањено загађење

Укупна енергетска потрошња (годишње, за грејање /хлађење) је око 15 kWh/m² подне површине.

Комбинована енергетска потрошња пасивне куће, износи мање од четвртине од просечне потрошње стандардне куће која је усклађена са савременим прописима у Европи.

КАРАКТЕРИСТИКЕ:	КАКО СЕ ПОСТИЖУ:
Компактна форма и добра изолованост	Све компоненте спољног омотача куће су изоловане са циљем достизања U-фактора потрошње који неће прећи $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Јужна оријентација и обраћање пажње на осенчена места	Пасивно коришћење соларне енергије је значајан фактор за дизајн пасивне куће
Енергетски ефикасна стакла и рамови на прозорима	Прозори (стакла и рамови, заједно) са U-фактором који не сме да предје $0.80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, са коефицијентом загревања од стране сунца око 50%.
Фасада зграде - дихтовање	Истицање ваздуха кроз пукотине не сме бити веће од 60% ваздуха од укупног волумена куће, по сату.
Пасивно претходно загревање свежег ваздуха	Свеж ваздух може да буде уведен у кућу преко подземних цеви које се загревају проласком кроз земљу. Ово претходно загрева ваздух до температуре око 5°C , чак и по хладном зимском дану.
Виско ефикасно обнављање топлоте из устајалог ваздуха, коришћењем система за размену топлоте	Већина од количине топлоте у устајалом ваздуху се трансферише у долазећи свеж ваздух (степен обновљивости топлоте је око 80%).
Снабдевање топлим водом употребом обновљивих извора енергије	Соларни колектори или топлотне пумпе обезбеђују енергију за топлу воду.
Кућни апарати који штеде енергију	Овакви апарати (фрижидери, шпорети, замрзивачи, лампе, веш-машине, сушачи...) су обавезни у пасивној кући.

Карактеристике пасивне куће

Пасивне куће пружају већи укупни комфор уз 25% потреба за грејањем у односу на потребе за грејањем у односу на потребе у конвенционалној кући.

Ово се постиже побољшањем ефикасности компонената изградње: зидова, прозора, вентилационог система, који свакако постоје у згради.

Повећање трошкова изградње ових кућа је око 10-20% од укупног трошка за конвенционалну кућу.

Просечна температура унутар куће је $21,4^\circ\text{C}$ у току грејне сезоне. Унутрашња температура ретко прелази 25°C .

Пасивна кућа има екстремно мале захтеве за енергијом за одржавање комфора у ентеријеру у току грејне сезоне.

Потребе за додатним загревањем су тако мале да су утицаји на окружење занемарљиви, чак и ако се у ту сврху користи фосилно гориво.

У поређењу пасивне куће са "кућом нулте енергетске потрошње" ("Zero Energy House") чија је потрошња енергије испод $10 \text{ KW}/\text{m}^2$, нема посебних предности у повећању енергетске ефикасности, док су потребна далеко већа улагања приликом изградње.

Пасивна кућа се исплати не само због тога што штеди енергију, већ је квалитет оствареног комфора у њој знатно већи и њен позитиван утицај на околину је изузетно значајан.

Упутство за пројектовање и изградњу пасивне куће

1) Локација

Близина јавног превоза

Оријентација "главне" фасаде са прозорима ка југу ($\pm 30^\circ$)

Уклањање непотребних засењивача

Зеленило које неће убудуће стварати нежељену сенку

Компактна форма.

Предност се даје зградама у низу и вишеспратним зградама.

2) Развој концепта

Употреба компактне фасаде

Велике стаклене површине ка југу; планирати мале источне, северне и западне прозоре

Користити једноставну форму

Концентрисати зоне са инсталацијама (кухиња, купатило)

Планирати простор за вентилационе цеви

Ако постоји подрум – мора бити добро изолован, без термалних мостова.

3) Пројекат

Прорачунати дебљину изолационог слоја

Избежавати термичке мостове

Установити величину сервисног простора

Пројекат инсталација - цеви, вентилациони систем. Цеви са хладним ваздухом ван зграде; са топлим ваздухом унутар зграде

4) Разрада пројекта

Грађевински стандарди за посебно изоловане делове (термички мостови)

Оптимизација прозора – стандарди (рамови, тип стакла...)

5) Разрада пројекта - Вентилација

Систем цеви

Вентилација ваздуха

Додатно загревање

Подземна размена топлоте (опционо)

6) Инсталације водовода и електрично напајање

Канализационе и водоводне трасе треба да буду кратке и добро изоловане

Користити систем за уштеду воде и у веш машини и машини за прање судова

Обезбедити добру заптивеност електричних и водоводних инсталација у зидовима

Користити кућне апарате који троше мало енергије.

7) Изградња - контрола градње

Планирати редовну инспекцију за проверу радова

Обезбедити континуалну изолацију, без ваздушних џепова

Проверити спојеве

Урадити контролу „истицања ваздуха“ из куће, под притиском

8) Изградња – контрола вентилације и инсталација

Уредно положене цеви, пажљиво заптивене

Провера централне јединице за вентилацију

9) Изградња – контрола водовода и електричног напајања

Провера заптивености и изолованости

10) Добијање сертификата

Како се гради пасивна кућа

У циљу постизања стандарда пасивне куће комбиновано се користи више техничких и технолошких достигнућа:

- 1/ Пасивни соларни дизајн
- 2/ Суперизолатори
- 3/ Напредне технологије за прозоре
- 4/ Задржавање ваздуха унутар зграде
- 5/ Вентилација
- 6/ Загревање простора
- 7/ Осветљење и електрични апарати

Методи изградње пасивне куће:

- Коришћење пасивних технологија
- Одржавање комфора на високом нивоу
- Минимизирање употребе енергије једноставним системима који већ постоје у конвенционалној употреби
 - Коришћење изолације у свим климатским зонама
 - Засенчење је апсолутно неопходно у свим зонама са високим степеном сунчевог зрачења
- Коришћење савим мале количине додатне енергије.

Квалитет пасивне куће

- Ваздух је свеж и веома чист, али сув (посебно током зимских месеци);
- Висока концентрација позитивних јона;
- Спољни зидови нису хладнији од унутрашњих;
- Пошто нема радијатора, више је простора уз зидове у собама;
- Унутрашња температура је хомогена у целој кући;
- Температурне осцилације су веома мале;
- Отварање прозора на кратко има лимитиран ефекат.

ЛИТЕРАТУРА

- Закон о коришћењу обновљивих извора енергије ("Службени гласник РС", бр. 40 од 22. априла 2021.године.
- Закон о енергетици („Службени гласник РС”, бр. 145/2014, 95/2018, 40/2021)
- Закон о енергетској ефикасности и рационалној употреби енергије ("Службени гласник РС", бр.40/2021).
- Закон о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др. закон и 9/2020)
- Правилник о енергетској ефикасности зграда („Службени гласник РС”, бр. 61/2011 од 19.8.2011. године.)
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда („Службени гласник РС”, бр.61/2011 од 19.8.2011. године.)
- Уредба о критеријумима, условима и начину обрачуна потраживања и обавеза између купца – произвођача и снабдевача, ("Службени гласнику РС", бр. 83/2021)
- The European Eco-Management and Audit Scheme (EMAS): EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises”, 2004., http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm
- М. Пуцар, С. Петровић: Утврђивање потенцијала за унапређење енергетске ефикасности постојећих објеката, Међународни научно стручни скуп "Архитектора и урбанизам - Грађевинарство, Геодезија - Јуче, Данас, Сутра", Архитектонски факултет Бања Лука, 2011, стр. 507-512
- М. Zbačnik Senegačnik: Pasivna kuća, San arh,Zagreb, 2009.
- М. Пуцар: Еколошки одржива архитектура у теорији и пракси, VII међународни научно-стручни скуп „Савремена теорија и пракса у градитељству", Бања Лука, Завод за изградњу Бањалука, АГФ Бањалука, стр 69-80
- М. Pucar: Bioklimatska arhitektura – zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi, Monografija, IAUS, 2006., Beograd.
- Pucar Mila, Brankov Borjan: Possibility of using the solar energy by installing the PV panels on flat roofs of public buildings. Case study: Market in block 44 in New Belgrade - model-based approach - PROCEEDINGS 5th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Ed. Stević Zoran 2017 SMEITS, Društvo za obnovljive izvore električne energije 12.10.2017 13.10.2017 Serbia 163-168 ISBN: 978-86-81505-84-7 <https://doi.org/10.24094/mkoiee.017.5.1.163>
- Borjan Brankov. Ana Stanojevic, Mila Pucar, Marina Nenkovic-Riznic POSSIBILITIES OF IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PANELS IN MULTI-FAMILY HOUSING AREAS Proceedings of 8th International Conference of Renewable Electrical Power Sources ed. prof Zoran Stevic 2020. Union of Mechanical and Electrotechnical Engineers and Technicians of Serbia (SMEITS) Society for Renewable Electrical Power Sources 16.10.2020 16.10.2020. Srbija ISBN 978-86-85535-06-2
- Mila Pucar: PRINCIPLES OF ECOLOGICAL AND ENERGY EFFICIENT URBAN PLANNING AND APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES – PRESENT CONDITIONS AND POSSIBILITIES, International Scientific Conference: "Sustainable Spatial Development of Towns and Cities, Thematic Conference Proceedings - Volume 1, 2007.str. 247-278. www.passiv.de
- <http://www.predmer2.npnetwork.co.rs/Obnovljivi-izvori-energije/solarna-kuca-pasivan-solarni-zahvat.html>
- Solar House: A Guide for the Solar Designer, Terry Galloway, Architectural Press. An Imprint of Elsevier Limited Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803 Torrent downloaded from <http://www.Demonoid.me>

C. Петровић, М. Пуцар: Energy Certification Experience and Requirements in Republika Srpska/Iskustvo i uslovi za energetska sertifikaciju u Republici Srpskoj, The Proceedings of the 42nd Congress on HVAC&R/Međunarodni 42. kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji (Beograd, 30. novembra –2. decembra 2011.) str.230-239

<http://www.solaris-energy.com>

http://www.bine.info/fprog_fiskus.php

<http://www.energiefoerderung.info>

<http://www.thema-energie.de>

http://europa.eu.int/comm/energy/intelligent/index_en.html