

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Енергетска ефикасност објеката

Број индекса: 915/2015

Марина В. Лековић

**Моделирање и симулација различитих грејних
система у циљу унапређења енергетске
ефикасности стамбеног објекта**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Данијела Николић доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да проучи литературу која се односи на унапређење енергетске ефикасности стамбених објеката, при чему акценат треба да буде на повећању енергетске ефикасности и енергетској анализи једнопородичног стамбеног објекта у коме се користе различити системи грејања. Неопходно је да се на бази стечених знања, користећи софтвер URSA 2 – Грађевинска физика, на примеру конкретне зграде ураде симулације потрошње енергије за случајеве примена различитих грејних система и различитих енергената.

Кроз приказ добијених резултата, потребно је анализирати потрошњу финалне и примарне енергије на годишњем нивоу, потрошњу енергије за грејање, као и годишњу емисију угљен-диоксида у анализираној згради и дати поређење потрошње енергије при примени различитих грејних система, различитих енергената и различите дебљине изолационог слоја у омотачу зграде. На основу добијених резултата и препорука, дефинисати унапређени модел стамбеног објекта са минимализованом потрошњом енергије.

Препоручена литература:

- [1] Стојиљковић М. , Тодоровић М., Основе енергетског билансирања зграде, Београд, 2017.
- [2] Тодоровић Б.: Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет, Београд 2009.
- [3] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС, број 61/2011
- [4] RAISA, Metod Saje s.p., Упутство за употребу програма URSA GF 2

Крагујевац, април 2019.

ментор:

Др Данијела Николић, доцент

Резиме

У раду је извршена анализа потрошње енергије у једнопородичној стамбеној згради са акцентом на потрошњи енергије за грејање. Модел објекта у коме живи четворочлана породица нацртан је у Autocad-у, а затим је анализиран утицај различитих система грејања и различитих енергената на потрошњу енергије у згради. Подаци о потрошњи енергије добијени су на основу извршених симулација у софтверу URSA GF 2. У анализираним случајевима варирани су параметри попут различитих дебљина изолационог слоја и различитих система грејања. На крају су предложене мере за побољшање енергетске ефикасности.

Кључне речи: зграда, потрошња енергије, грејање, симулација, уштеда енергије

Abstract

In this thesis an building energy consumption analysis is performed focusing on the energy consumption for heating. The model of the object in which the four member family live is drawn up in Autocad program and influence of different heating systems and different energy source on building energy consumption is analyzed. The data about energy consumption is obtained on the basis of simulations performed in the URSA GF 2 software. In the analyzed cases parameters such as different thicknesses of the insulation layer and different heating systems are varied. At the end, measures are proposed for improving energy efficiency.

Keywords: building, energy consumption, heating, simulation, energy saving

Садржај

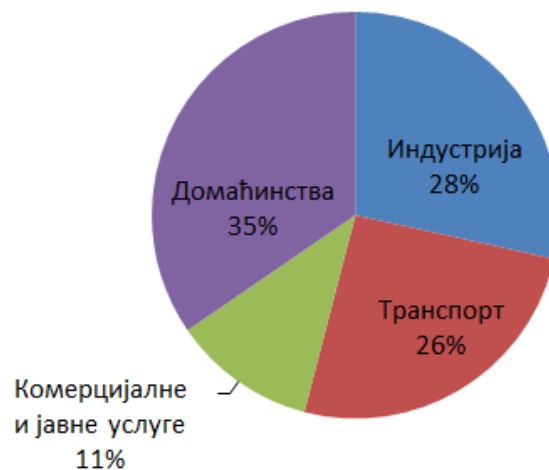
1.	Увод.....	1
2.	Потрошња енергије за грејање	3
2.1.	Потрошња енергије у зградама	3
2.2.	Потреба и значај грејања	6
2.3.	Задатак грејања	6
2.4.	Топлотни биланс зграде – губици и добици топлоте	7
3.	Врсте грејних система	10
3.1.	Постројења централног грејања	10
3.1.1.	Електрична енергија	10
3.1.2.	Природни (земни) гас	11
3.1.3.	Смеђи угаљ	13
3.1.4.	Дрвена биомаса.....	14
3.2.	Даљински систем грејања.....	16
3.2.1.	Производња топлотне енергије – топлане (ТО)	16
3.2.2.	Комбинована производња топлотне и електричне енергије (ТЕ-ТО) ...	17
4.	Симулациони софтвер	18
5.	Модел и енергетска анализа стамбеног објекта.....	22
5.1.	Подаци о објекту.....	22
5.2.	Омотач објекта	26
5.2.1.	Спољашњи зидови	26
5.2.2.	Кровна конструкција	27
5.2.3.	Прозори и врата	28
5.2.4.	Под	30
5.3.	Систем грејања.....	30
5.4.	Вентилациони систем	34
5.5.	Систем снабдевања питком и санитарном водом.....	34
5.6.	Систем за припрему санитарне топле воде.....	37
5.7.	Подаци о потрошњи електричне енергије	38
5.7.1.	Систем снабдевања електричном енергијом и мерење потрошње	39
5.7.2.	Електрични уређаји	41
5.7.3.	Систем расвете (унутрашње и спољашње).....	46

6.	Резултати и анализа	51
6.1.	Преглед постојећег стања	51
6.2.	Анализа потрошње енергије у кући у зависности од дебљине изолационог слоја.....	59
6.3.	Анализа различитих система грејања	62
7.	Мере за побољшање енергетске ефикасности	65
8.	Закључак.....	67
9.	Литература	68

1. Увод

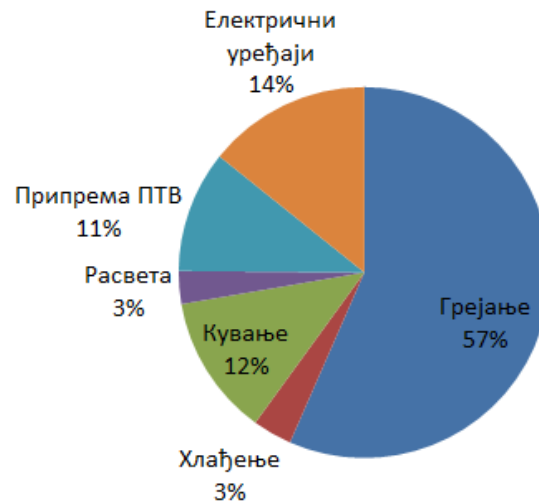
Смањење специфичне потрошње енергије и повећање енергетске ефикасности су активности светске заједнице о којима практично постоји једногласно одобрење. Дистрибуција финалне потрошње енергије по секторима је важна информација која утиче на стратегију повећања енергетске ефикасности. Сектор који троши највећи део финалне енергије у свету је сектор зградарства. Према томе, сектор зградарства у ЕУ троши 41% финалне енергије. Због географског положаја већине држава чланица ЕУ, односно због хладнијих климатских услова, већи део финалне потрошње у зградама ЕУ односи се на грејање и обезбеђивање топлотне удобности у просторијама. У ЕУ постоји јасна тенденција да се удео енергетских извора за грејање зграда замени ефикаснијим и еколошки прихватљивијим. Природни гас и електрична енергија су извори енергије зграда које преовладавају у ЕУ (39% и 25%). Системи даљинског грејања, некада значајан извор грејања у урбаним срединама, чине удео само од 7% у ЕУ. Сагоревање фосилних горива у електранама система даљинског грејања доноси са собом додатне трошкове транспорта топлоте, а повећавају се и губици система у прелазним периодима грејања. Економска изводљивост система даљинског грејања још увек се може наћи у когенерацији или специфичним системима као што су спалионице. У Србији, земљи кандидату за чланство у ЕУ, сектор зградарства троши 38% финалне енергије. Удео система даљинског грејања у Србији је значајан и износи 26%. [1]

Према *Eurostatu* за 2017. годину у Србији се на домаћинства потроши 2853,553 Мтое (милиона тона еквивалентне нафте) што представља 33,79% укупне потрошње финалне енергије. Потрошња финалне енергије по секторима у 2017. години у Србији приказана је на слици 1.



Слика 1. Потрошња финалне енергије у Србији по секторима [2]

У домаћинствима у Србији од укупне енергије за потребе грејања се троши 57%, за хлађење 3%, за кување 12%, за расвету 3%, за припрему потрошне топле воде 11% и за електричне уређаје 14%. На слици 2 приказана је употреба финалне енергије у домаћинствима у Србији.



Слика 2. Потрошња финалне енергије у домаћинствима у Србији [3]

Због велике потрошње енергије у зградама, а истовремено и највећег потенцијала енергетских и еколошких уштеда, енергетска ефикасност и одржива градња данас постају приоритет савремене архитектуре и енергетике. Ово је подручје препознато као подручје које има највећи потенцијал за смањење укупне потрошње енергије на националном нивоу, чиме се директно утиче на квалитетнији боравак у згради, дужи животног век зграде, те допринос заштити животне средине. Акциони план за енергетску ефикасност, низ директива и подстицајних механизма, те обавезна сертификација зграда, свакако говоре у прилог значају управљања енергијом у зградама. [4]

2. Потрошња енергије за грејање

2.1. Потрошња енергије у зградама

Заостајање у енергетској ефикасности у зградарству у Србији, у односу на европске земље је евидентно још из периода раних 90-тих година [5]. Потврда о овоме су:

- просечна потрошња финалне енергије у стамбеним зградама у ЕУ у топлотне сврхе износи 138 kWh/m^2 ,
- у Данској у зградама прикљученим на даљинске системе грејања специфична потрошња топлоте за грејање износи 96 kWh/m^2 , а у објектима који користе ложуље или гас 131 kWh/m^2 , односно 106 kWh/m^2 ,
- у зградама грађеним по новим прописима у Пољској, земљи са оштријом климом, специфична потрошња енергије износи $90\text{-}120 \text{ kWh/m}^2$,
- у Шведској са хладнијом и дужом грејном сезонском потрошњом то износи 120 kWh/m^2 , а у најновијим зградама са најнижим захтевима за енергијом не прелази $60\text{-}80 \text{ kWh/m}^2$.

Начини загревања зграда у Републици Србији су следећи: 26% укупне површине се загрева из система даљинских грејања и локалних котларница са централним грејањем, 14% из електроенергетског система, 10 % из система природног гаса и 50% укупних површина користи чврста горива у локалним пећима (угаљ, огревно дрво, биомаса из пољопривреде, отпад и др.).

Средње годишње специфичне потрошње енергије за објекте грејане из система даљинског грејања и локалних котларница износе:

- за стамбене зграде 171 kWh/m^2 , а за нестамбене зграде 194 kWh/m^2 ,
- за приему топле воде у стамбеним зградама 55 kWh/m^2 а у нестамбеним зградама 12 kWh/m^2 .

То даје средњу специфичну потрошњу топлоте за грејање и припрему топле воде у стамбеним и нестамбеним зградама сведену на 1 m^2 нето стамбене површине од 228 kWh/m^2 .

Средње годишње специфичне потрошње енергије за грејање објеката који користе остале начине загревања износе:

- за објекте грејане електричном енергијом 130 kWh/m^2 , природним гасом 230 kWh/m^2 и из локалних пећи на чврста горива 57 kWh/m^2 .

Број домаћинстава која се греју на електричну енергију износи 15% од укупног броја, а само за грејање потроши се 24% од укупне потрошње електричне енергије у свим домаћинствима. Преостала електрична енергија у домаћинствима 10500 GWh користи се за:

- осветљење 735 GWh (7%),
- акумулационе бојлере 2145 GWh (23%),
- шпорете 3150 GWh (30%),
- машине за прање 893 GWh (8,5%),
- фрижидере и замрзиваче 2625 GWh (25%) и
- 952 GWh или (6,5%) за остале потребе. [5]

Посебна пажња мора се посветити потрошњи енергије у зградарству, јер је оно један од највећих потрошача енергије.

Под термином зградарство подразумева се простор намењен за краћи или дужи боравак, обављање неиндустријских услуга, културних и спортских манифестација, образовања итд. Зградарство као енергетски сектор чини велики број малих потрошача, који користи око 40% примарне енергије на светском нивоу.

Потрошња енергије у зградарству Србије (јавни и приватни сектор) у потрошњи финалне енергије је већа од индустрије и саобраћаја појединачно. Потрошња електричне енергије у зградарству је око 60%.

Због велике потрошње примарне енергије, изражене енергетске неефикасности и чињенице да су зграде пасивни потрошачи, треба очекивати велике промене у овом енергетском сектору.

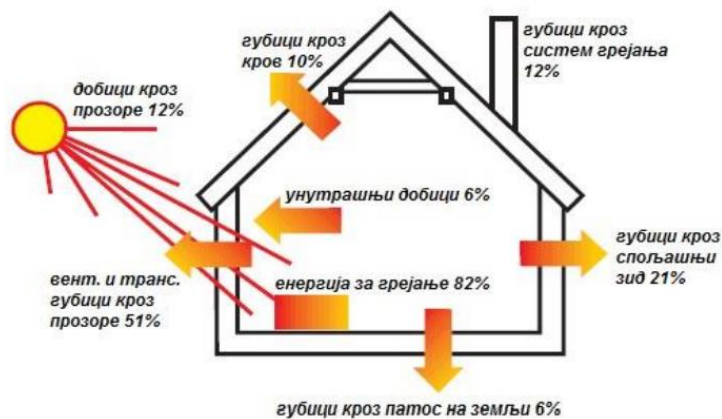
Циљ свеобухватних, енергетски ефикасних, еколошки позитивних и економски прихватљивих мера јесте стварање услова за систематску санацију и реконструкцију постојећих зграда и повећање обавезне топлотне заштите нових зграда.

Просечне старе куће годишње троше 200-300 kWh/m² енергије за грејање, стандардно изоловане куће испод 100, савремене нискоенергетске куће око 40, а пасивне 15 kWh/m² и мање. [5]

Енергијом која се данас потроши у просечној кући у Србији, може се загрејати 3-4 нискоенергетске куће или чак 8-10 пасивних кућа.

Недовољна топлотна изолација доводи до повећаних топлотних губитака зими, хладних спољних конструкција, оштећења насталих кондензацијом влаге и прегревањем простора лети. Последице су оштећења конструкције и некомфорно и нездраво становање и рад. Загревање таквих простора захтева већу количину енергије, што доводи до повећања цене коришћења и одржавања простора, али и до већег загађења животне средине. Побољшањем изолационих карактеристика зграде могуће је постићи смањење укупних губитака топлоте грађевине за око 40 до 80%. Велики распон указује и на велике разлике у стању постојећих зграда што свакако зависи од старости зграде, коришћених материјала и нивоа одржавања.

Оријентационе вредности губитака у једној кући су дате на слици 3. Губици истовремено приказују и потенцијал за уштеду енергије и повећање енергетске ефикасности.



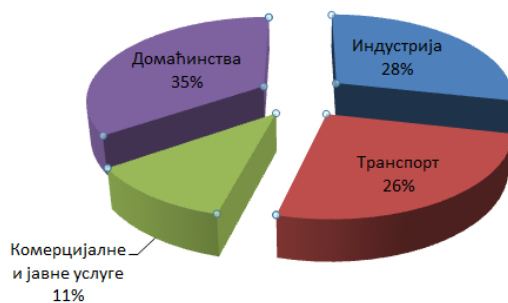
Слика 3. Топлотни губици и добици у кући у току грејне сезоне

Енергетском обновом старих кућа и зграда, нарочито оних грађених пре 1980. године, могуће је постићи уштеду у потрошњи топлотне енергије и преко 60%. Осим заменом прозора, највеће уштеде могу се постићи изолацијом спољних зидова. Додатна улагања у топлотну изолацију при обнови дотрајале фасаде крећу се у укупној цени санације фасаде 20-40%, што даје повољне економске резултате.

Код градње нове зграде важно је да је већ у фази идејног пројектовања предвидети све што је потребно да се добије оптимална енергетски ефикасна зграда. Зато је потребно:

- анализирати локацију, оријентацију и облик куће,
- применити високи ниво термичке изолације плашта куће и избегавати топлотне мостове,
- искористити топлотне добитке од сунца и заштитити се од претеране инсолације,
- користити енергетски ефикасан систем грејања, хлађења и вентилације и комбиновати их с оновљивим изворима енергије.

Потрошња енергије у зградама узима значајан удео у укупној потрошњи енергије док су тенденције у будућности да се тај удео смањи унапређењем енергетске ефикасности.



Слика 4. Значајан удео потрошње енергије у домаћинствима

2.2. Потреба и значај грејања

Човек се штити од зиме оделом и кућом. Да би се у кући остварили оптимални услови за живот и рад потребно је да ваздух у затвореним просторијама има температуру од 16 до 22°C. У оквиру овог интервала узети су у обзир разни облици људског рада и индивидуалне осетљивости. Узевши у обзир разне физичке и психичке факторе усвојено је да се при спољашњој температури од 12°C мора почети са загревањем просторија. Период грејања зависи од климе одређене географске области.

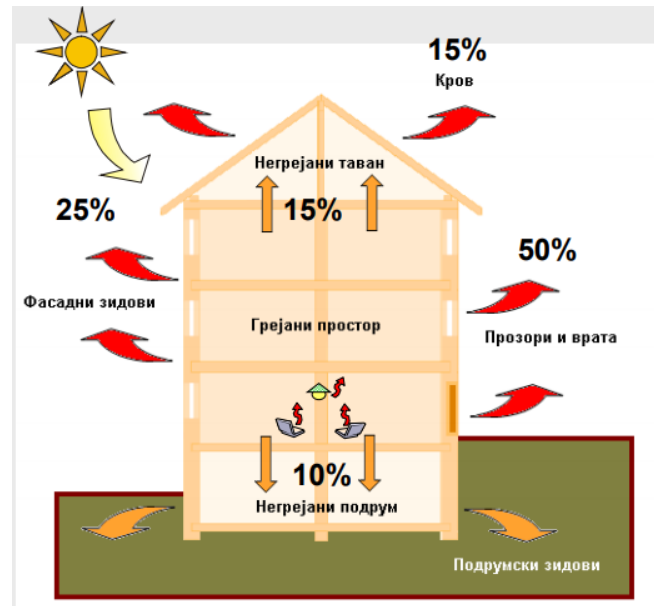
Исправном конструкцијом топлотних извора и инсталација, правилном оријентацијом зграда, добрим основама и конструкцијом, а најзад и правилним руковањем и ложењем може се поправити термички комфор, а истовремено постићи уштеде у утрошку енергије. Уз те уштеде смањује се и рад око ложења и издаци за довожење горива и одвожење отпадака. Бољим искоришћењем горива смањује се стварање дима и чађи, угљена прашина и pepeo мање се разносе по зградама и улицама, што је важно са хигијенског становишта.

2.3. Задатак грејања

Задатак грејања је да у затвореним просторијама, независно од спољне температуре, одржи сталну, нормама прописану температуру.

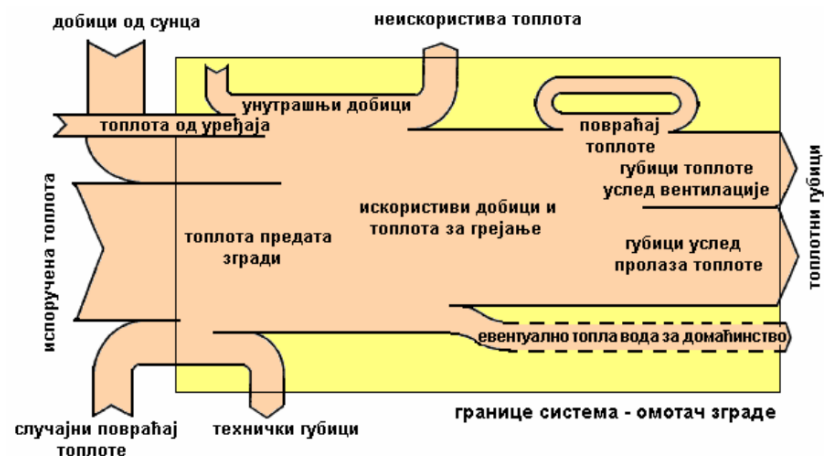
Да би се могла одржавати одређена температура у просторијама користе се уређаји за грејање. У њима и помоћу њих ствара се топлота потребна за загревање просторија. Ова топлота ствара се у уређајима за грејање сагоревањем горива. Колика количина топлоте је потребна, показује прорачун губитака топлоте, односно топлотни биланс зграде, који је неопходно поставити.

2.4. Топлотни биланс зграде – губици и добици топлоте



Слика 5. Губици и добици топлоте

- Прозори и застакљене површине су термички најосетљивији делови омотача, утичу на вентилационе и трансмисионе губитке.
- Узимају се у обзир корисни добици топлоте од Сунца и унутрашњих извора.
- Систем за грејање треба да надокнади само тренутне губитке топлоте током целе грејне сезоне, кроз правилну регулацију топлотног учинка.
- Извор снабдевања енергијом треба да буде ефикасан.
- Топлота коју је потребно испоручити згради ради финалне потрошње увећава се због техничких губитака (у производњи, трансформацији и дистрибуцији).



Слика 6. Губици и добици топлоте

Потрошња енергије у згради зависи од карактеристика саме зграде (облика и материјала који је коришћен), енергетске инфраструктуре у њој (систем грејања, електричних апарата и уређаја, осветљења, итд.) од климатских услова у којима се зграда налази, али и од начина коришћења зграде. Свака зграда треба да се разматра као посебан систем.

Енергетски биланс зграде подразумева систематско установљивање енергетских токова у згради (слика 7). Без обзира на спољашње услове, енергетска инфраструктура треба да обезбеди да унутрашњи услови комфора буду баш онакви какви су прописани и задати делатности које се у згради обављају.



Слика 7. Енергетски биланс зграде

Трансмисиони губици топлоте (Q_{trans}) настају пролазом топлоте кроз елементе омотача зграде. Зависе од конструктивних елемената зграде (цигла, армирани бетон...), дебљине топлотне изолације зидова, термичких карактеристика прозора и врата, таванице итд.

Вентилациони губици топлоте (Q_{vent}) одређују се на основу потребног броја измена ваздуха, у зависности од делатности која се обавља.

Поред поменутих губитака топлоте у зградама постоје и топлотни добици, који нису директно повезани са системом грејања. То су добици који настају од особа које се налазе у просторијама и од различитих уређаја. То су такозвани интерни добици топлоте (Q_{in}). Поред ових добитака могу бити значајни и добици топлоте од сунчевог зрачења—соларни добици (Q_{sun}).

Енергија коју систем грејања треба да испоручи згради (Q_k) да би се обезбедила потребна и довољна температура у просторијама зграде је:

$$Q_k = Q_{trans} + Q_{vent} - Q_{in} - Q_{sun}$$

Енергија Q_k је потребна да задовољи потребе зграде. То је у ствари енергија која је директно предата згради. Да би се она припремла у неком интерном или екстерном систему грејања потребно је утрошити већу количину примарне енергије. Разлог је што у

току енергетске трансформације која прати припрему енергије Q_k долази до одређених губитака. Тако је примарна енергија једнака:

$$Q_{pr} = \frac{Q_k}{\eta}$$

где је η степен корисности енергетске трансформације. Ако је зграда прикључена на даљински систем грејања онда ће финална енергија бити топла вода која се директно користи за грејање без додатних енергетских трансформација, тј. када је $\eta = 1$. Ако зграда користи природни гас као примарну енергију, онда ће се локално или централно у згради обавити енергетска трансформација, при којој ће се припремити топла вода за грејање.

Енергетски биланс зграде исказује основни задатак енергетске ефикасности у зградарству. То је смањење потребне енергије за грејање, уз остваривање стандардних задатих услова угодности у просторијама зграде, при свим могућим променљивим параметрима ради система грејања. Из приказане једноставне анализе намеће се логичан редослед акција на повећању енергетске ефикасности у зградарству. Као прво, потребно је детаљно смањити све топлотне губитке. Тек након тога треба рационализовати енергетску инфраструктуру зграде и посебно обратити пажњу на регулационе системе. [5]

3. Врсте грејних система

Сви уређаји који се данас користе за грејање просторија деле се на две основне групе: на локалне уређаје и постројења централног грејања. Локални уређаји су они код којих се топлота производи и одаје у просторији која се греје. Уређаји код којих се топлота развија на једном централном месту, а троши на више различитих места, до којих се транспортује помоћу неког посредника, представљају постројења централног грејања. Елементи централног постројења преко којих се врши одавање топлоте околини називају се грејна тела.

3.1. Постројења централног грејања

Постројења за грејање, код којих се топлота развија на једном централном месту и одатле разводи преко тзв. носиоца топлоте до елемената за одавање топлоте који се налазе на више различитих места у згради, називају се системима за централно грејање.

Уређаји централног грејања су у ствари енергетска постројења, пошто обједињавају више елемената различитих основних функција, међусобно спојених у целину. Ови елементи производе, транспортују и одају топлоту на местима где је то потребно а комбинују се са помоћним уређајима који само допуњују постројења утичући на његов правилнији, економичнији и безбеднији рад. У ове помоћне уређаје спадају регулациони, контролни и сигурносни уређаји.

Као елементи за производњу топлоте најчешће се примењују котлови који углавном искоришћавају хемијску енергију горива и сагоревањем је трансформишу у топлотну.

Сваки котао је својом конструкцијом прилагођен врсти горива којој је намењен, па се разликују котлови за чврсто, течнo и гасовито гориво. На конструкцију котлова утиче и хемијски састав горива. [6]

Чврста горива су: камени угаљ, мрки угаљ, лигнит, тресет, дрво, слама, кокс, дрвени угаљ.

Течна горива су: бензин, лож уље, петролеј, метанол, дизел уље, мазут.

Гасовита горива су: природни гас (земни гас), метан, генераторски гас каменог угља, генераторски гас мрког угља, пропан, бутан. [7]

3.1.1. Електрична енергија

У системима кућних централних грејања примењују се и котлови на електричну енергију. Не узимајући у обзир цену електричне енергије сви остали показатељи иду у прилог коришћења ових котлова: једноставност руковања и одржавања, прецизно евидентирање потрошње, незагађивање животне околине, лака монтажа, мале димензије. Да би се електрична енергија користила у току дана равномерно, израђују се котлови са

акумулацијом топлотне енергије произведене у периоду мање потрошње што се бенефицира нижом тарифом. [6]

Коришћење електричне енергије као енергента не спада у јефтине системе за грејање, али за станове мање површине где су и инсталисане снаге уређаја мање, овај систем грејања је конкурентан. Ово посебно долази до изражаја ако се упореде цене опреме за грејање електричном енергијом и опреме за остале енергенте као што су гас, пелет или чврсто гориво где разлика у цени може бити и 50% у корист електричне енергије. Разлика у цени се може користити за набавку термоизолације чиме се смањују топлотни губици објекта и смањује месечни рачун за потрошену електричну енергију. Уградњом акумулатора топлоте одговарајуће запремине могуће је користити електричну енергију ноћу за загревање акумулације по нижој тарифи чиме се смањују трошкови грејања. На страну електричне енергије иде и једноставна монтажа и употреба.

Електрични котлови који се користе за инсталације грејања у становима су најчешће "блок котлови" где се у једном уређају налазе сви потребни сигурносни, мерни и регулациони елементи. Уређаји су компактних димензија, потпуно бешумног рада и није проблем наћи им одговарајуће место у стану. Рад ових котлова је потпуно аутоматски и карактерише га модулација снаге и економично ангажовање електричне енергије. Котлови се прикључују на извор трофазног напона, мада поједини произвођачи у понуди за мање снаге до 9 kW имају могућност повезивања и на монофазни напон. Котлови садрже и циркулационе пумпе са функцијом деблокаде и аутоматским испуштањем ваздуха.

Грејање по принципу топлотних пумпи је тренутно најисплативији, најјефтинији начин грејања, ако се изузму већа почетна улагања. Једино топлотна пумпа даје више kW топлоте од потрошене количине електричне енергије. Улагање у систем грејања помоћу топлотних пумпи гарантује најбржи поврат уложених средстава. Кроз уштеду на цени грејања на овај начин се уложена средства врате за око пет година. Углавном је акценат на грејању, мада једно свеобухватно решење топлотном пумпом, поред грејања решава и питање расхлађивања у време врућина као и питање загревања санитарне воде. [8]

3.1.2. Природни (земни) гас

Природни гас је природно гасовито фосилно гориво, са великим уделом метана који се у великој мери користи у домаћинствима за грејање. То је гас без боје, укуса и мириса, неотрован је и гори плавим пламеном.

Захваљујући томе што му је главни састојак метан, у поређењу са осталим фосилним горивима има најмањи коефицијент емисије угљен-диоксида (CO_2) по јединици ослобођене енергије. Зато се сматра да је природни гас еколошко гориво.

Састав природног гаса знатно варира у зависности од места где се јавља. Тамо где се јавља заједно са нафтом, обично има већи удео гасова са више угљеникових атома (са 2,3 и 4 атома угљеника: етана, пропана и бутана). Од угљеводоника, земни гас садржи метан, етан, пропан, бутан, а јавља се и први у низу течних угљеводоника-пентан.

Када се природни гас јавља самостално тада је учешће метана око 98%, па и до скоро 100%. Примесе које се јављају у природном гасу су: водоник, угљен-моноксид, угљен-диоксид, кисеоник, а понекад има и азотних и сумпорних једињења, која се уклањају у процесу пречишћавања природног гаса (рафинације) и пре испоруке у гасоводни систем.

Топлотна вредност природног гаса се мења у зависности од састава: уколико је већи удео гасовитих угљоводоника са већим бројем угљеникових атома, расте и топлотна вредност природног гаса. Топлотна вредност природног гаса износи 31-37 kJ/m³.

Природни гас се најчешће налази као гасна капа у нафтним лежиштима, али нису ретка ни чиста гасна поља, без присутности нафте. Широко је распрострањен у седиментним, а налази се и у еруптивним стенама.

Највећа налазишта природног гаса су у Русији, САД, Ирану, Холандији, Алжиру и на Блиском истоку. У Србији се најважнија налазишта налазе у Војводини (Елемир, Кикинда и Пландиште).

Након што се црпљењем доведе на земљину површину, природни гас се чисти од примеса као што су вода, други гасови, остаци нафте и механичке нечистоће, да би се довео у границе прописаног квалитета.

Након пречишћавања, природни гас се транспортује гасоводима великих пречника у чијем саставу су компресорске станице, складишта, мерне и регулационе станице до примопредајних станица, а затим се системима дистрибуције доводи до крајњих корисника.

Природни гас се користи у домаћинствима, као енергент за грејање и хлађење, припрему топле потрошне воде и припрему хране, као и у пољопривреди и за производњу топлотне енергије и технолошке паре у топланама и у индустријским енерганама.

Предности природног гаса као енергента:

- директно је доступан кориснику у сваком тренутку и за сваки вид коришћења,
- нема потребе за улагањем у интерне складиштене просторе,
- инсталације природног гаса пружају једноставност употребе и регулације свих врста уређаја на гас,
- економичан је-постиже се далеко већи степен искоришћења у односу на друге енергенте,
- доказане резерве природног гаса у свету гарантују његову расположивост за дуг период,
- еколошки најпогодније гориво (при сагоревању не оставља пепео, нема емисије продуката који би узроковали аерозагађење),
- широка потрошња у насељеним срединама,
- коришћење гаса за централну производњу топлотне енергије,
- коришћење гаса за производњу електричне енергије,
- коришћење гаса као хемијске сировине,
- економичност,

- обрачун потрошње гаса је објективан, сваки потрошач одлучује када и колико ће трошити. [9]

Систем грејања са котлом на природни гас свакако може довести до значајне уштеде примарне енергије, нарочито у односу на електрично грејање. Код ових система грејања топлотна енергија се генерише у котлу и преноси радним флуидом до грејних тела – радијатора. Систем гасног грејања се састоји од циркулационе пумпе, гасног котла, заобилазног вода, разделника, сабирника, грејних тела по постројењима референтне зграде.

Данашњи типови гасних котлова имају тробрзинске пумпе које гарантују минималне шуме, па их то чини јако погодним и за уградњу у малим становима. [10]

3.1.3. Смеђи угаљ

Угаљ је органогено седиментна стена мрке до црне боје, која има способност да гори и може се користити као гориво. Настао је акумулацијом остатака копнених, ређе водених биљака и ретко од фито и зоопланктона, у слатководној средини (језера, мочваре, делтне равнице). Осим органске материје угаљ садржи чврсте минералне примесе.

Угаљ се јавља у виду слојева заједно са другим седиментним стенама. У елементарном саставу органске масе угљева преовладава угљеник (од 65% код мрких до 98% код антрацита), кисеоник (од 30% код мрких до 1% код антрацита) и водоник (од 6% код мрких до 1% код антрацита).

Према степену карбонације (хемијске зрелости) угаљ се дели на:

- мрки,
- камени,
- антраците. [11]

Ниски трошкови и екстензивне резерве су главни фактори који узрокују повећање броја примена мрког угља. Овај тип фосилног чврстог горива, најранији тип угља, човек је минирао више од стотину година. Смеђи угаљ је производ метаморфизма тресета, у фази између лигнита и угља. У поређењу са потоњим, ова врста горива је мање популарна, међутим, због ниских трошкова, широко се користи за производњу електричне енергије, грејања и других врста горива.



Слика 8. Смеђи угаљ [12]

Смеђи угаљ је густа, земљана или влакнаста карбонатна маса браон или катран-црне боје са високим садржајем испарљивих битуменских супстанци. Структура биља, шкољке и дрвна пулпа су по правилу добро очуване. Лако гори, пламен је задимљен и емитује се необичан мирис горења. Реагује са калијум хидроксидом и формира тамно браон течност. Хемијски састав (просечно):

- угљеник 63%,
- кисеоник 32%,
- водоник 3-5%,
- азот 0-2%.

Смеђи угаљ чине слојеви седиментних наслага стена. Материјал за формирање мрког угља су разне врсте биљака пајпија, црногорице, дрвећа и тресета. Депозити ових супстанци се постепено раслажу без присуства ваздуха, под водом, под капом смеше глине и песка. Смеђи угаљ је једна од првих фаза метаморфизма ових биљних седимената, након тресета. [12]

Код котлова који користе горива богата испарљивим материјама, као што су домаћи лигнити или мрки угаљ, неопходно је присуство секундарног ваздуха, који се доводи изнад самог слоја сагоревајућег горива које омогућава потпуније сагоревање. [6]

3.1.4. Дрвена биомаса

Биомаса је чврсто гориво биолошког порекла, односно обновљиви извор енергије, а може бити у разним облицима: огревно дрво, осушена слама и животињски измет, итд. За примену у системима грејања породичних кућа, стамбених и пословних зграда по правилу се користи огревно дрво или разни производи који се добијају обрадом дрвета, дрвних остатака као што су пиљевина, брикети и сл.

Више од 30% домаћинстава у Србији се греје на дрва. Ако се користи ефикасно, та врста грејања може бити економична при чему се користи обновљив извор енергије.

Заменом старе пећи на дрва или котла, могуће је уштедети и до 50% огревних дрва.

Биомаса је обновљив извор енергије који укључује огревно дрво, гране и дрвни отпад из шумарства, пиљевину, кору и дрвни остатак из дрвне индустрије као и сламу, кукурузовину, стабљике сунцокрета, остатке при резидби винове лозе и маслина, коштице вишања и коре од јабука из пољопривреде, животињски измет и остатке из сточарства, комунални и индустријски отпад. Између различитих врста биомасе, дрвна има најширу примену.

Биомаса акумулира енергију сунца помоћу фотосинтезе. Она из воде и угљен-диоксида и енергије сунца ствара глукозу, при чему се ослобађа кисеоник. Приликом сагоревања глукозе у затвореном систему ослобађа се приближно 0,78 kWh/mol енергије по јединици масе глукозе. На тај начин у биомаси акумулирана енергија од сунца се добија сагоревањем у облику топлотне енергије.

Упоређујући цене различитих горива на европском тржишту, дрвна маса је најјефтинија. [13]

Сагоревањем дрвета и других дрвних горива количина CO₂ која се емитује у атмосферу за 1 kWh добијене енергије мања је 18 пута у односу на угаљ и 12 пута у односу на мазут.

Испуштене количине угљен-диоксида настале током сагоревања дрвета поново везују друго дрвеће, што значи да се не појављује вишак угљен-диоксида у атмосфери као последица коришћења дрвета као горива.

Угљен-диоксид настао сагоревањем дрвета и других дрвних горива се кроз процес фотосинтезе уз помоћ сунчеве енергије користи за производњу нове биомасе.

Цена 1 kWh енергије из огревног дрвета нижа је за 2,6 пута у односу на мазут, 1,7 пута у односу на природни гас и око 10% у односу на угаљ.

Огревно дрво и дрвена биомаса за производњу пелета, брикета и сечке производе се из дрвета најниже класе које се не може користити у друге сврхе. Када се не би користило за огрев и производњу енергије такво дрво би иструлило у шуми и тиме не би имало никаквих економских користи.

За производњу органског дрвета и других дрвених горива троши се значајно мање енергије него што је то случај код производње осталих горива.

Складиштење органског дрвета је једноставно и не захтева посебне услове и додатне инвестиције као што је то случај са другим горивима.

Модерни уређаји за сагоревање огревног дрвета и других дрвних горива имају високу ефикасност што смањује потрошњу горива, а тиме и укупне трошкове грејања за једну грејну сезону. Поред тога, висок ниво аутоматизације ових уређаја омогућава велики комфор у њиховом коришћењу.

Количине пепела које настају у процесу сагоревања дрвених горива мање су за 2-3 пута у односу на угаљ при чему се њихов пепео може користити као еколошко ђубриво за ђубрење земљишта. На тај начин у процесу коришћења дрвених горива, не појављује се отпад што је у еколошком смислу од изузетне важности. [14]

3.2. Даљински систем грејања

Појединачно загревање објеката са сопственим централним грејањем подразумева да свака зграда има самостални извор топлоте. А то повлачи издвајање простора за лагеревање горива, угља односно уља за ложење или мазута, коришћење сопственог димњака и издвојени простор за шљаку ако је котао на чврсто гориво.

У насељима са већим бројем објеката, појединачна грејна постројења са својим котлом и димњаком, велики су извори загађења околине, како због дима и осталих продуката сагоревања, тако и услед допремања горива и каснијег одвожења шљаке ако се користи угаљ.

Ефикасност појединачних котлова који су увек релативно малих капацитета је увек мања од већих снага, па је све то довело до снабдевања топлотном енергијом насеља, реона и градова у целини, централизовано, у оквиру даљинских система грејања, са заједничким извором топлоте и њеним развођењем до сваког потрошача.

Систем даљинског грејања се састоји од топлотног извора, цевовода за развод топлотне енергије, топлотних предајних станица (тзв. кућне подстанице) и грејног постројења са својим цевоводом и грејним телима у самој згради.

Топлотна енергија се производи у топланама или у термоелектранама, а као топлотни извор користи се гас, угаљ, мазут, нуклеарна енергија, енергија воде али данас и геотермална и сунчева енергија, биогаз и топлотне пумпе.

Ако се врши само производња топлотне енергије, без обзира да ли са водом или паром као примарним флуидима за пренос топлоте, онда је реч о топланама (ТО). Када се на истом месту производе топлотна и електрична енергија, онда се ради о термоелектранама (ТЕ-ТО).

3.2.1. Производња топлотне енергије – топлане (ТО)

Постројење за производњу топлотне енергије односно топлана, састоји се од котлова који потенцијалну енергију горива претварају у топлотну, система пумпи за циркулацију воде и просторије са мерном опремом и регулационим уређајима, одакле се управља радом топлане. Осим тога, топлане имају електроенергетско постројење из којег се напајају електрични уређаји у њој, радионице за одржавање опреме, просторија за особље, складиште чврстог или течног горива као и постројења за хемијску и термичку припрему воде.

Из економских разлога, локација топлане треба да буде у близини потрошача, јер су тада трошкови израде цевне мреже најнижи. Међутим многе околности намећу потребу за удаљавањем топлана у односу на градска језера, нарочито због депоновања горива, снабдевања свежеом водом, депоновања пепела, изградње високих димњака и сл.

Енергенти који се користе у топланама су: гас, мазут, уље за ложење и угаљ. При избору енергената треба обратити пажњу на цене, сигурност у снабдевању, услове транспорта, могућности складиштења, трошкове и слично.

У Србији се у топланама највише користе, појединачно или комбиновано гас и мазут. Данас све веће топлане употребљавају гас као основно гориво.

3.2.2. Комбинована производња топлотне и електричне енергије (ТЕ-ТО)

Комбинована производња електричне и топлотне енергије или тзв. когенерација, је процес истовремене производње електричне и топлотне енергије у истом процесу. Топлотна енергија добијена на овај начин може се користити за потребе даљинског грејања, али и у индустријским процесима.

Процес комбиноване производње спроводи се у парној или гасној турбини и моторима за унутрашње сагоревање. Извор примарне енергије (гориво) може бити различит: чврста и течна фосилна горива, природан или депониски гас, биомаса и градски отпад.

Степен корисности когенеративних постројења је значајно већи него код одвојене производње. При производњи електричне енергије у конвенционалним кондензационим системима постиже се степен корисног дејства од 35%, уз губитке од 65%. У комбинованој производњи губици су свега десетак процената, а произведена корисна топлотна и електрична енергија чини 90%.

Предности комбиноване производње су вишеструки. Поред очувања примарних резерви фосилних горива, значајни су еколошки ефекти, јер је смањено загађење као и емисија CO_2 , као веома утицајног једињења на ефекат стаклене баште, односно глобално загревање. Захваљујући високом степену конверзије комбинована производња захтева мању количину горива, а тиме и мање штетних емисија у околину. [6]

4. Симулациони софтвер

Програм УРСА Грађевинска физика је намењен изради елабората енергетске ефикасности објеката у зградарству према стандардима EN ISO 13790. SRPS EN 15315; SRPS EN 15217; SRPS. U. J5. 520; SRPS. U. J5. 530; и осталих.

Стандарди прописују основне техничке захтеве који морају бити задовољени у погледу рационалне потрошње енергије зграде, топлотне заштите и хигијене у објектима, намењеним за живот и рад људи, без угрожавања комфора корисника. Нови правилник о енергетској ефикасности зграда из 2011. г одине доноси доста новина (у односу на стари) у погледу начина рачунања одређених параметара и другачији поглед на зграду као објекат који троши енергију, али и генерише:

- Прва већа промена се запажа код спољашњих пројектних температура у зимском периоду, које су за нека места више у односу на стари правилник, што је у сагласности са новим климатским условима, и што у крајњем случају смањује потрошњу енергије објекта. На основу спољашњих пројектних температура у зимском периоду извршена је и подела на зоне А и Б које одређују температуру спољњег ваздуха на основу којих се врши прорачун кондензације у конструкцији у грејној сезони. Места која не постоје на листи се раде са климатским подацима за најближе место.
- Новина су и нове конструкције које подлежу провери као што су зидови и међуспратне конструкције између грејних просторија различитих корисника или власника, што је у сагласности са новим режимом грејања који ће се примењивати на нове зграде, где ће се грејање плаћати по учинку, па власници станова могу да искључе своја грејна тела по жељи.
- Нови правилник има доста строжије захтеве у погледу минималних коефицијената пролаза топлоте које треба да задовољи одређена конструкција (за новоградњу 300%, а за реновацију 250%).
- Доста су строжији захтеви за коефицијенте пролаза топлоте транспарентних површина ($1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- За прорачун потрошње енергије се уводи појам степен дана HDD.
- Поред стандардних провера конструкција (коефицијент пролаза топлоте, пародифузија и топлотна стабилност) нови правилник је за разлику од старог донео доста новина у смислу посматрања зграде као потрошача и генератора енергије то се пре свега односи на то да се сада у енергетски биланс потрошње узимају у обзир и вентилациони губици преко столарије у зависности од њеног квалитета и положаја зграде на терену као и положаја зграде у односу на суседне објекте.
- Новина у новом правилнику је и да се у енергетски биланс објекта узимају у обзир топлотни добици од сунца зрачењем кроз транспарентне и нетранспарентне површине у зависности од положаја и нагиба тих површина као и њихове засенчености, затим добици од људи који бораве у згради, као и добици од

електричних уређаја или машина које се налазе у згради. На овај начин се смањује укупна годишња потребна енергија објекта и реалније се процењују потребе једне зграде за енергијом.

- На крају се узима биланс између топлотних губитака и добитака у једној згради и израчунава се укупна годишња потребна количина енергије за грејање.

Програм укључује УРСА и остале материјале, предложене саставе конструкција и преко 150 детаља правилне употребе УРСА материјала. Детаљи су у програму, као и на интернет страници на располагању и у dwg формату. [15]

У складу са новим Правилником програм омогућава бирање система и уређаја који представља извор топлотне енергије, затим, начин простирања и изоловања цевне мреже, као и начин и врсту регулације. Све ове величине утичу на степен ефикасности система грејања и на испоручену енергију уређаја који снабдева потрошача. Касније, у зависности од врсте горива израчунава се и примарна енергија коју је потребно утрошити за добијање испоручене енергије потрошачу.

Пошто се тренутно по новом Правилнику зграде сврставају у енергетски разред према потребној годишњој енергији за грејање онда је и програм тако конципиран да израчунава испоручену енергију за грејање и узима у обзир губитке само у систему грејања.

Прво се бира уређај који се користи као извор топлотне енергије. За котла су дефинисане врсте котла у зависности од енергента који се користи, као и њихови степени корисности.

На основу одабраних коефицијената η_k (степен корисности котла), η_c (степен корисности цевне мреже) и η_r (степен корисности аутоматске регулације) рачуна се укупан коефицијент корисности система грејања $\eta = \eta_k * \eta_c * \eta_r$.

Испоручена топлотна енергија се одређује према формули $Q_H = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_k \eta_c \eta_r}$

Постоји још и додатак за убацивање просечне снаге пумпе одакле програм израчунава енергију за рад циркулационе пумпе $Q_{aux} = n * P$, где је n број часова рада пумпе у току грејне сезоне.

$$n = HD * h$$

Где је:

HD-број дана грејне сезоне за одређено место,

h-број часова рада у току дана.

Потрошња примарне енергије се израчунава тако што се потрошња финалне енергије помножи одговарајућим коефицијентом конверзије финалне у примарну енергију.

Коефицијенти конверзије финалне у примарну енергију се израчунавају и њихова вредност зависи од начина добијања финалне енергије. Нпр. у Србији се електрична енергија добија 71% из термоелектрана, 28% из хидроенергије и 1% из осталих извора (претежно когенерацијом). На основу ових података, одређеном методологијом се израчунава одговарајући коефицијент конверзије (табела 1).

Табела 1. Фактори конверзије финалне у примарну енергију

	Коефицијент конверзије
Електрична енергија	3,04
Природни гас	1,1
Угаљ	1,3
Дрвена биомаса	0,1
Даљинско грејање на фосилна горива	1,8
Даљинско грејање когенерацијом	1,0

На основу свих ових података програм рачуна примарну енергију за рад система по формули:

$$E_{prim} = Q_H * f_{prim,1} + Q_{aux} * f_{prim,2}$$

где је:

$f_{prim,1}$ - фактор претварања испоручене енергије у примарну енергента који је коришћен за грејање,

$f_{prim,2}$ – фактор претварања електричне енергије за рад циркулационе пумпе у примарну.

Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије у зависности од енергента се узимају из табеле 6.12 новог Правилника.

Треба обратити пажњу на случај када постоји прекид у загревању код система грејања. Онда програм израчунава фактор редукације у загревању и на основу њега смањује годишњу потребну енергију за грејање, као и примарну енергију и емисију CO₂.

Редукована потребна годишња енергија за грејање се добија на основу новог Правилника као:

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} * Q_{H,nd}$$

где је:

$$a_{H,red} = 1 - 3 * \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr}),$$

$\frac{\tau_{H,0}}{\tau}$ - је однос временских константи који је (0,2 за лаки тип градње; 0,3 за средње тешки тип и 0,4 за тешки тип градње),

$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$ - је однос годишње добијене енергије од унутрашњих добитака и сунчевог зрачења $Q_{H,gn}$ и енергије која се губи трансмисијом $Q_{H,ht}$,

$f_{H,hr}$ – је однос броја сати у току недеље према укупном броју сати у недељи (нпр за прекид од 8h, $f_{H,hr} = \frac{16*7}{24*7} = 0,667$. [16]

Коефицијент трансмисионог губитка топлоте зграде, H_T [W/K], израчунава се по обрасцу:

$$H_T = \sum_i (F_{xi} * U_i * A_i) + H_{TB}$$

где је:

F_{xi} – фактор корекције температуре за i -ти грађевински елемент, који се усваја према табели 3.4.1.1 новог правилника,

U_i [W/(m²K)] – коефицијент пролаза топлоте i -тог грађевинског елемента, површине A_i [m²].

Коефицијент вентилационог губитка топлоте зграде, H_V [W/K], израчунава се по обрасцу:

$$H_V = \rho_a * c_p * V * n$$

где је:

V – запремина грејаног простора [m³],

n – број измена ваздуха на час [h⁻¹],

$\rho_a * c_p = 0,33$ [Wh/(m³K)].

Укупни коефицијент топлотног губитка израчунава се по обрасцу:

$$H = H_T + H_V \text{ [W/K]} [17]$$

5. Модел и енергетска анализа стамбеног објекта

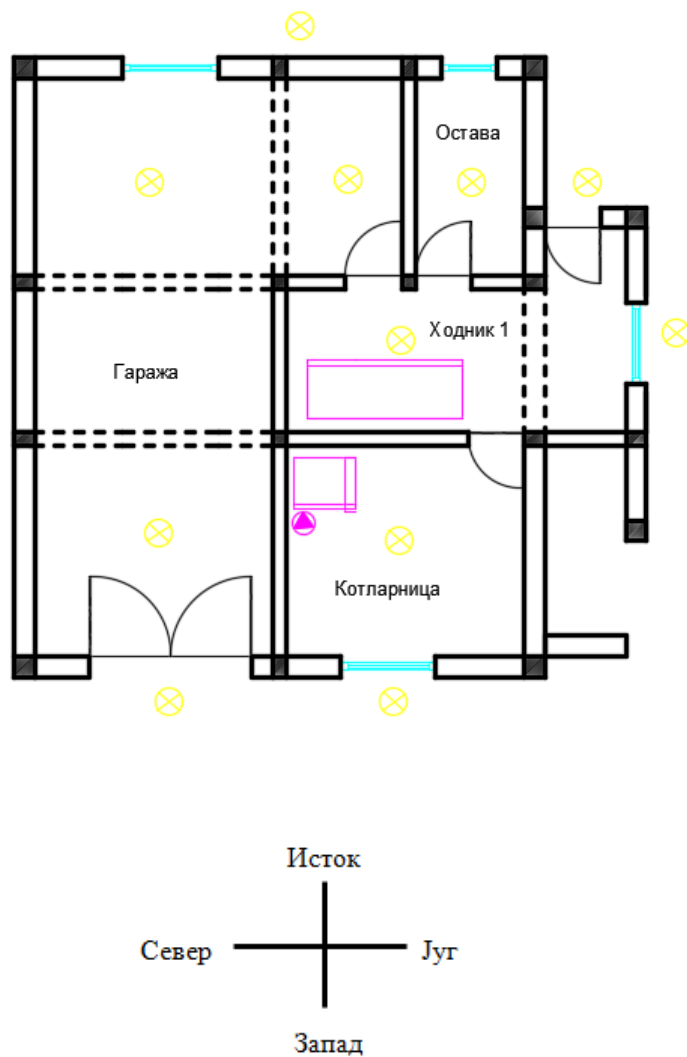
5.1. Подаци о објекту

Објекат се налази у Цветној улици (насеље Денино брдо) у Крагујевцу. Локација објекта је приказана на слици 9. Објекат је пројектован као слободно стојећи са подрумом, приземљем и поткровљем на датој грађевинској парцели. Постављање објекта на терен врши се у складу са постојећим урбанистичко-техничким условима, узимајући у обзир и повољне оријентације у односу на функционално решење. На сликама 10, 11 и 12 приказане су основе подрума, приземља и поткровља.



Слика 9. Локација објекта

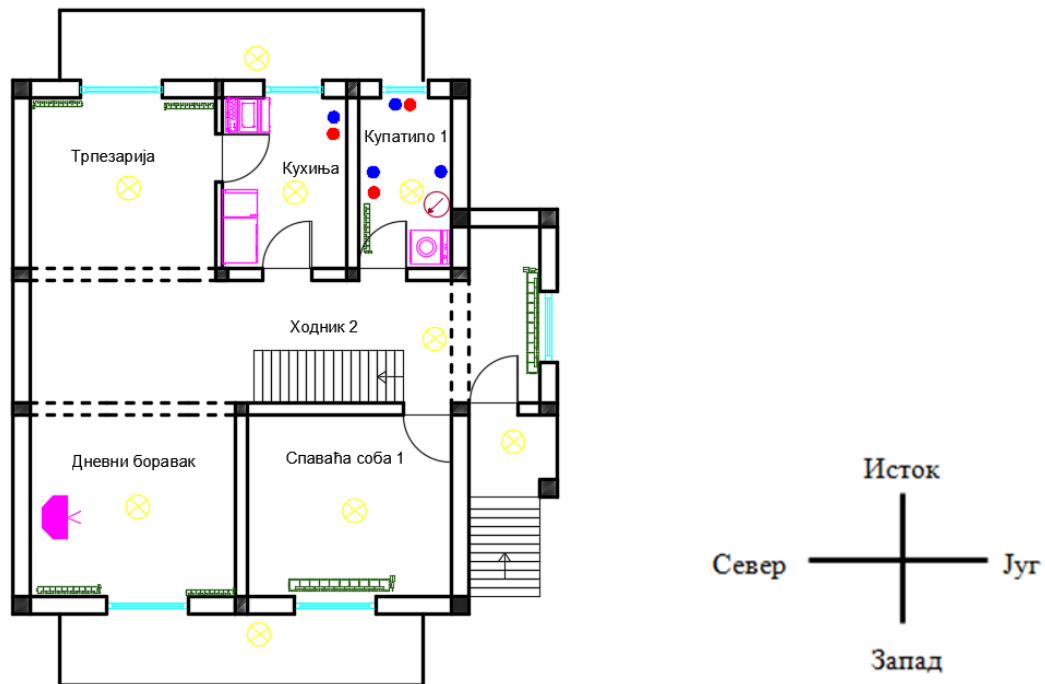
- Корисна површина: 168,29 m² (табеле 2,3 и 4)
- Спратност: По+2
- Година изградње: 1991.
- Грађевинска запремина: 380,01 m³



Слика 10. Основа подрума (полу укопан)

Табела 2. Површине просторија у подруму

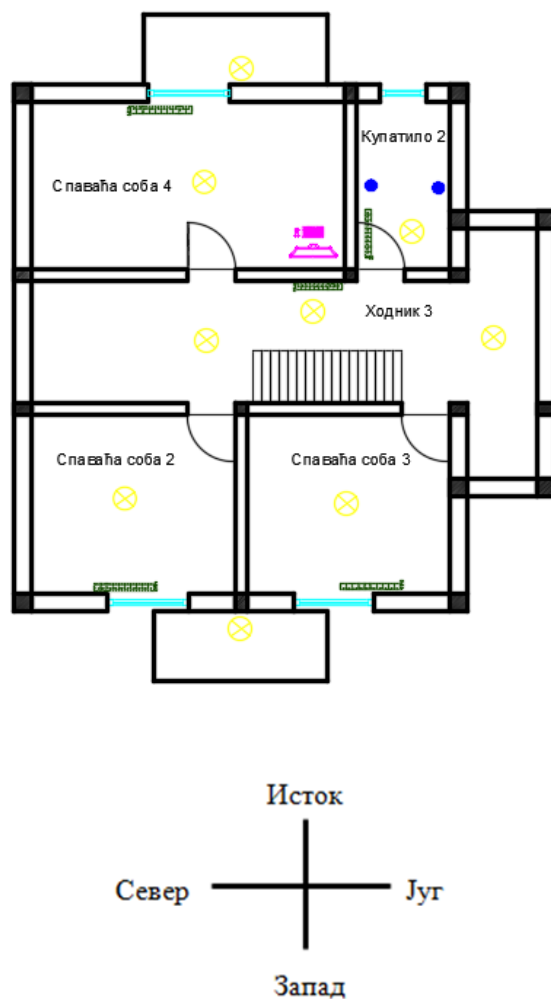
Просторија	Површина (m ²)
Остава	4,32
Ходник 1	10
Котларница	10,5
Гаража	32,78



Слика 11. Основа приземља

Табела 3. Површине просторија у приземљу

Просторија	Површина (m ²)
Купатило 1	4,32
Кухиња	6,13
Трпезарија	9,28
Ходник 2	7,78
Спаваћа соба 1	10,5
Дневни боравак	22,2



Слика 12. Основа поткровља

Табела 4. Површине просторија у потровљу

Просторија	Површина (m ²)
Ходник 3	7,70
Купатило 2	4,32
Спаваћа соба 2	15,41
Спаваћа соба 3	10,5
Спаваћа соба 4	12,25

	Телевизор
	Машина за прање веша
	Бојлер
	Фрижидер
	Електрични шпорет
	Замрзивач
	Котао
	Пумпа
	Рачунар

	Бојлер
	Потрошна места хладне и топле воде

	Котао
	Радијатор

Слика 13. Легенда уређаја у објекту

5.2. Омотач објекта

5.2.1. Спољашњи зидови

Објекат је пројектован са масивним конструктивним зидовима од гитер блокова дебљине 25 cm зиданих у продужном малтеру 1:3:9. Зидови су у међусобном склопу са армирано бетонским сеизмичким стубовима и серклажама чиме је постигнута сеизмичка стабилност објекта за седму сеизмичку зону.

Преградни зидови су од шупље опеке дебљине 7 cm обострано малтерисаним, са провученим армирано-бетонским серклажима, висине 20 cm у дебљини зида, на висини надвратника, ради хоризонталног укрућења. Темелји су тракасти од набијеног бетона према статичком прорачуну МБ15 са армирано-бетонским серклажама као хоризонталним укрућењем.

Сви унутрашњи зидови су малтерисани кречним малтером, осим на местима где је то назначено пројектом. У кухињи и купатилу је предвиђено облагање керамичким

плочицама до 1,5 m висине од пода док се део изнад њих малтерише и боји поликолор бојом.

Сви плафони су малтерисани кречним или продужним малтером, у зависности од намене просторије.

Топлотна изолација изведена је лепљењем изолационог материјала на зидну конструкцију који је причвршћен типловима. Наредни слој је лепак са арматурном мрежицом и завршна облога. Коришћени изолациони материјал је експандирани полистирен. Дебљина изолационог материјала је 13 cm на свим зидовима. Последња плоча објекта изолована је са 15 cm експандираног полистирена и пресвучена кошуљицом од 5 cm бетона.

5.2.2. Кровна конструкција

Кровна конструкција објекта изведена је на две воде са нагибом од 33° (коса конструкција). Направљена је од чамовог дрвета (смрче и јеле), подашчана је са водоотпорним панелним плочама дебљине 11 mm преко којих је постављена паропропустљива фолија, на њима је урађена подлетка дебљине 5x5 cm за циркулацију ваздуха а затим су урађене главне летве дебљине 5x3,5 cm за слагање црепа (димензија 27,2x44,5 cm). На плочи је изведена топлотна изолација дебљине 15 cm и превучена бетонском кошуљицом од 5 cm. Хидроизолација крова није изведена а на крову не постоје никаква оштећења.

Атмосферске воде се одводе помоћу хоризонталних (полукрожног облика) и вертикалних (кружног облика) олука, лежећег и висећег типа од поцинкованог лима дебљине 0,55 mm. На објекту је постављено 4 вертикале за одвођење воде и нема оштећења.

Кровна конструкција се ослања на међуспратну конструкцију за коју је анкерована металним вијцима претходно утопљених у серклажну бетонску греду.

Кроз кровну конструкцију пролазе два димњака кроз централни зид објекта, један кроз дневну собу а други кроз кухињу. На кровној конструкцији остављен је отвор за пријем кабла за електро инсталацију и телефонски антенски прикључак. Отвори су урађени од поцинкованог лима са наставком гркљан црева за пролазак каблова.

5.2.3. Прозори и врата

На објекту су урађени дрвени прозори и врата застакљени стаклом дебљине 4 mm као и гаражна врата (у комбинацији са експандираним полистиреном). Улазна врата су једнокрилна, димензија 105x205 cm а гаражна врата су двокрилан димензија 260x220cm. Унутрашња врата су једнокрилна, дрвена, димензија 0,9x200 cm, (спаваће собе 1,2,3 и 4, дневна соба, трпезарија са кухињом), купатило 1 и 2 димензија 0,7x200cm. Рамови унутрашњих врата су израђени од дрвета дебљине 4 cm и ширине 24 cm са украсним лајснама 5x0,2 cm.

Табела 5. Приказ потребних података за прозоре

Тип прозора	Просторија	Димензије прозора/димензије врата (cm)	Дебљина стакла (mm)	Дебљина појединачног рама (cm)	Оријентација
Двокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Трпезарија	140x200	6	4	Исток
Једнокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Кухиња	60x100	6	4	Исток
Једнокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Купатило 1	60x60	6	4	Исток
Двокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Дневни боравак	140x200	6	4	Запад
Двокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Спаваћа соба 1	140x140	6	4	Запад

Двокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Гаража	140x140	6	4	Исток
Једнокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Остава	60x60	6	4	Исток
Једнокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Ходник 1	80x120	6	4	Југ
Двокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Котларница	140x80	6	4	Запад
Једнокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Ходник 2	80x120	6	4	Југ
Прозор+врата	Спаваћа соба 2	70x140/70x200	6	4	Запад
Прозор+врата	Спаваћа соба 3	70x140/70x200	6	4	Запад
Прозор+врата	Спаваћа соба 4	70x140/70x200	6	4	Исток
Једнокрилни прозор са дуплим вакуум стаклом	Купатило 2	60x60	6	4	Исток

На прозорима нема видних оштећења осим што кондезују влагу јер немају унутрашњу изолацију а то питање је решено постављањем алуминијумских ролетни које поседују изолацију (у приземљу и поткровљу). На свим прозорима урађени су венедијанери за заштиту од сунца и ролетне за заштиту од хладноће зими и топлоте лети.

5.2.4. Под

У свим стамбеним просторијама урађен је паркет као завршни под а у кухињи и купатилу подови су од керамичких плочица. У нестамбеним и помоћним просторијама под је од тераца или цементне кошуљице. Испод паркета постављен је стиродур 5 cm пресвучен бетонском кошуљицом од 5 cm.

5.3. Систем грејања

Објект се греје системом централног грејања помоћу једног извора топлоте тј. котла на чврсто гориво (дрво-храст) чија је номинална топлотна снага 24 kW (табела 6). Уређај се налази у котларници која је смештена у подруму објекта и служи за грејање приземља и поткровља (подрум се не греје). Температура у просторијама се подешава ручном регулацијом протока ваздуха према тренутним потребама. Котао се користи само у току грејне сезоне оријентационо од средине октобра до краја априла месеца. Ложење се врши свакодневно у периоду од 8h до 20h са смањеном регулацијом протока ваздуха, пуњењем енергентом (дрвима) 4 пута дневно.

На котлу се налазе подаци о температури и притиску ваздуха који се читавају са плочице котла. Просечна температура у котлу је између 60-65°C. Котао је у добром стању, израђен је од челика и изолован минералном вуном преко које је урађена опшивка од лима и офарбана у одговарајућој боји како би задовољила естетске услове. Инсталација се састоји од прикључка довода и одвода воде за пуњење и пражњење котла као и од прикључка струје за пумпу и у одличном је стању.

Котао поседује сигурносни вентил у случају прекомерног загревања како не би дошло до хаварије.

Димњак је озидан опеком димезија 12x6x25 cm а отвор канала за димњак је 27x14 cm. Димњак и котао су повезани помоћу цеви пречника 120 mm.

Цевни развод је урађен од бакарних цеви које нису изоловане како би одавале топлоту и у подрумским просторијама које се не греју. Котао користи *GRUNDFOS* пумпу која служи за циркулацију воде у систему грејања, одликује је низак ниво буке, мала потрошња енергије и одржавање није потребно. У инсталацији је сталан проток стога се у систему користи ручни вентил за балансирање.

У објекту се налази 12 грејних тела (панелних радијатора), висине се крећу од 600 до 900 mm а дужине иду од 600 до 1600 mm, њихов распоред је приказан на сликама 15,16 и 17. Грејна тела не поседују регулационе вентиле.

Као енергент користе се искључиво дрва (храст) која се добављају од познатих снабдевача огрева у месецу јулу или августу како би била што сувља за правилније сагоревање, и складиште се у дворишту прекривена најлоном.

У току једне сезоне просечно се потроши 12 m³ дрва. Топлотна моћ горива је 2100 kWh/m³. Укупна потрошња топлотне енергије је 25200 kWh, потрошња топлотне енергије по члану домаћинства је 6300 kWh/корисник. Укупни трошак за топлотну енергију је 56160 РСД, док је специфични трошак топлотне енергије 14040 РСД/корисник а просечна цена топлотне енергије за домаћинство износи 2229 РСД/kWh.

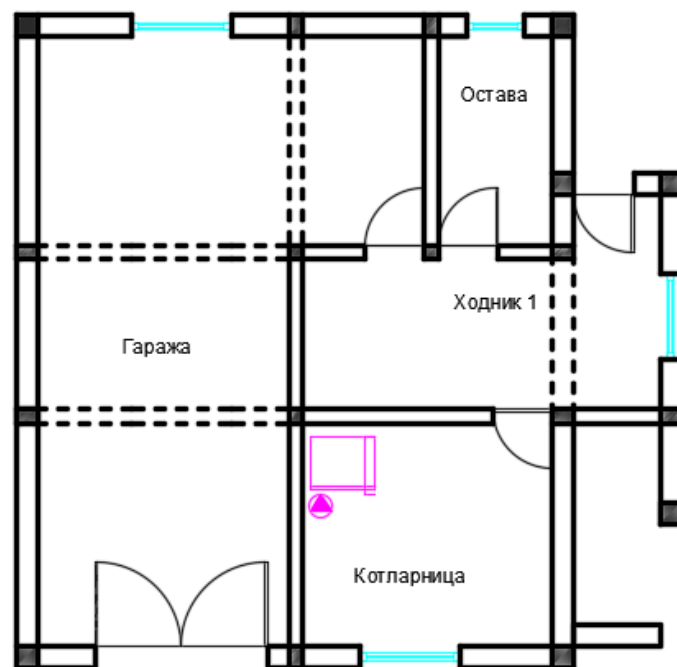
Систем се повремено контролише у виду доливања воде у котло и провере рада пумпе. Пре сваког ложења потребно је избацивање пепела претходно насталог у процесу сагоревања. Котло се чисти једном месечно (детаљно) и димњак се чисти на крају сезоне.

Табела 6. Подаци о котлу

Произвођач	Dakon
Котло на чврсто гориво:	DOR 24
Енергент:	дрво
Топлотна снага:	24kW

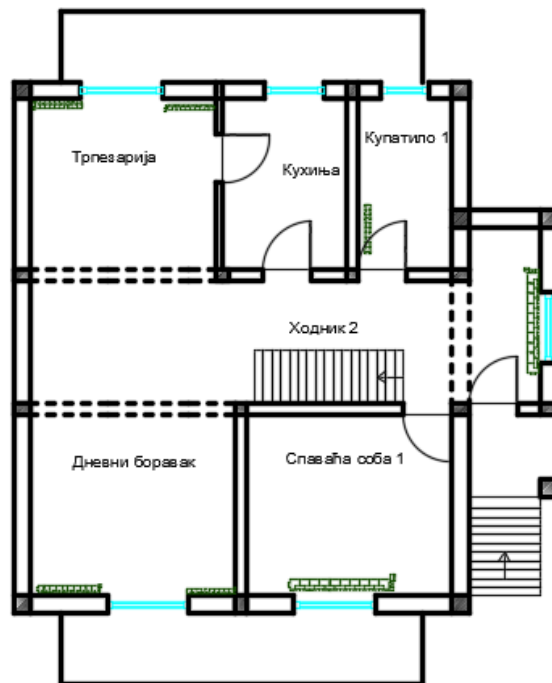


Слика 14. Котло Dakon

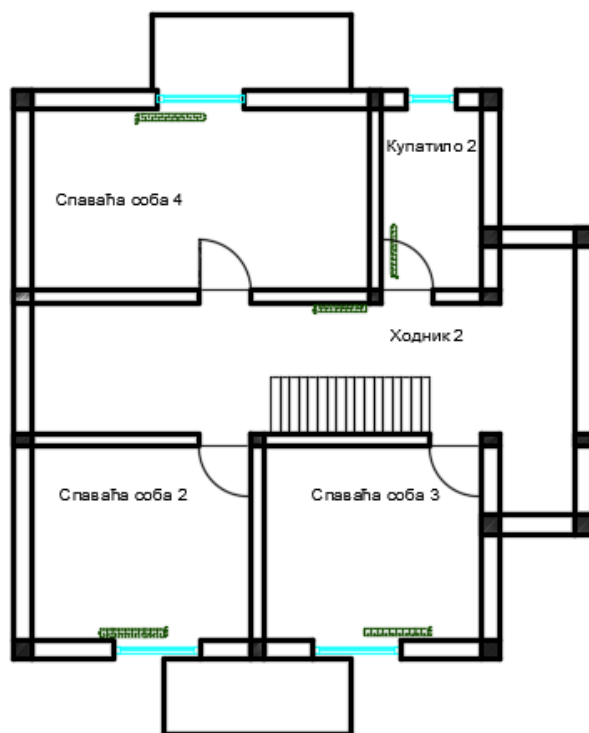


	Котао
	Радијатор

Слика 15. Приказ локације котларнице и извора топлоте (подрум)



Слика 16. Распоред грејних тела (радијатора) у приземљу



Слика 17. Распоред грејних тела (радијатора) у поткровљу

5.4. Вентиляциони систем

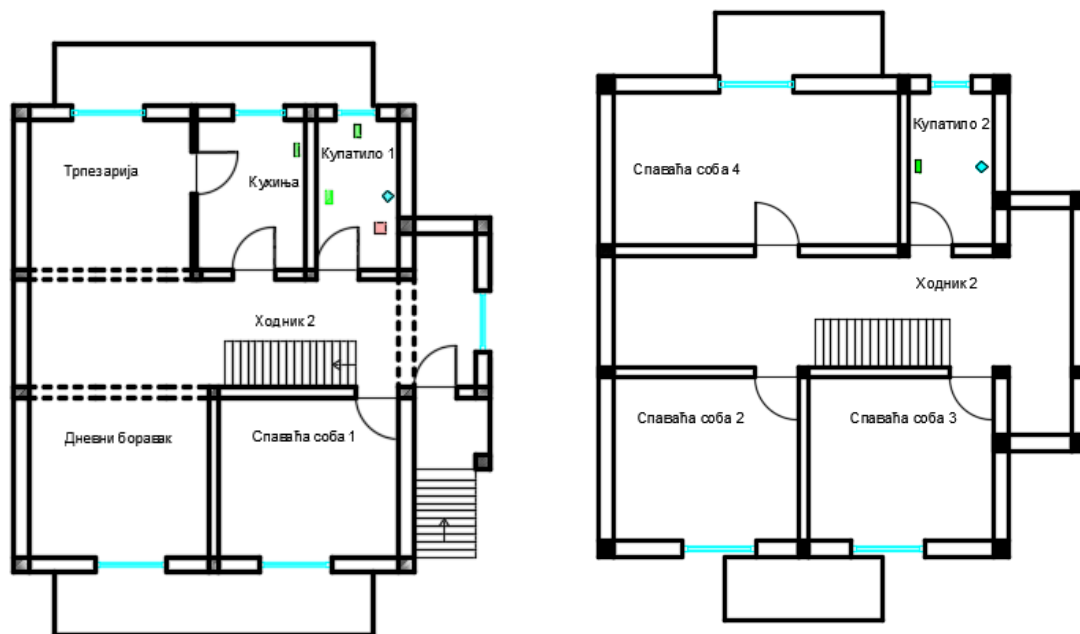
Функција вентилације је осигурање квалитетног ваздуха који удишу корисници када бораве у затвореним просторијама која се огледа у обезбеђењу неопходног кисеоника, одстрањивању мириса и разних загађивача, одстрањивању вишка влаге у ваздуху и у пружању осећаја угодности. Анализирани објект не поседује систем за вентилацију већ се природна вентилација врши отварањем прозора по потреби (врши се уклањање устајалог ваздуха и довођење свежег).

5.5. Систем снабдевања питком и санитарном водом

Мерење потрошње воде у домаћинству врши се помоћу водомера који се налази у шахти преко које је домаћинство повезано са водоводном мрежом. Вода потиче из градске водоводне мреже. Водоводна мрежа је у добром стању јер је насеље такоређи младо и све инсталације су релативно нове, мрежа унутар објекта је такође у добром стању.

У оквиру објекта постоје 4 славине (на слици означене зеленим правоугаоником), прикључак за веш машину (розе квадрат) и два уређаја за испирање тоалета (плави четвороугао) приказане на слици 18.

За одржавање градске водоводне мреже брине ЈКП „Водовод и канализација“, што се тиче мреже у оквиру објекта конкретно одржавање не постоји већ уколико дође до одређеног квара у том тренутку се приступа проблему (нпр. цурење славине-замена новом).

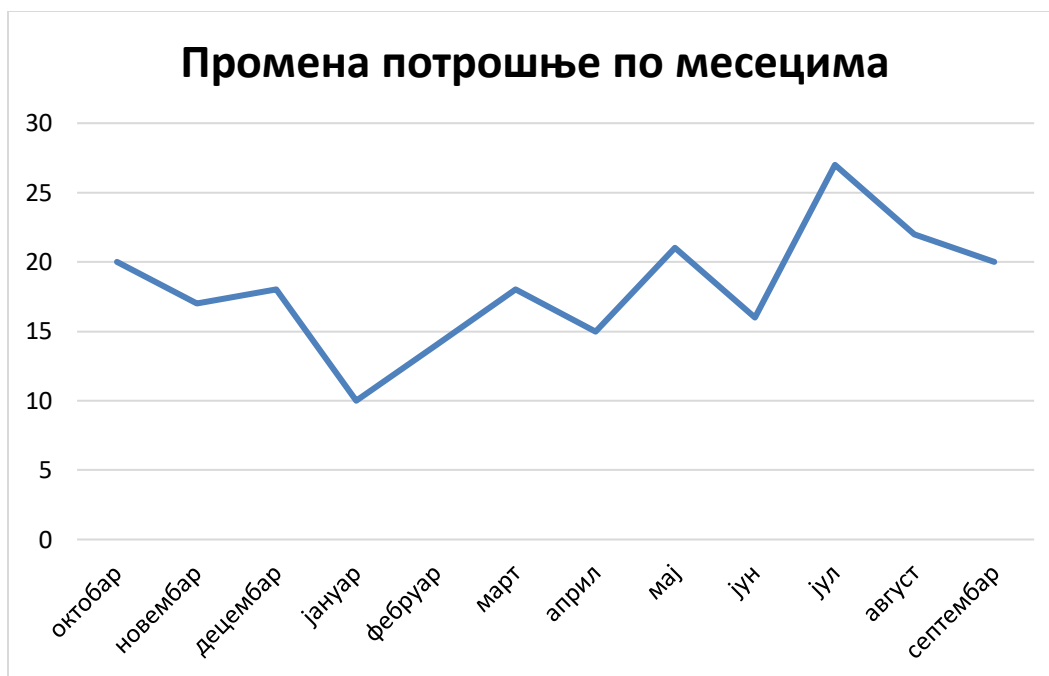


Слика 18. Приказ потрошних места у приземљу и поткровљу: правоугаоник-славине, квадрат-прикључак за машину, четвороугао-уређаји за испирање тоалета

У табели 7 приказана је потрошња воде у периоду од 12 месеци. Највећа потрошња у анализираном домаћинству је у летњим и јесењим месецима из разлога што се врши поливање траве, цвећа... Потрошња воде је приказана и на слици 19.

Табела 7. Потрошња воде по месецима

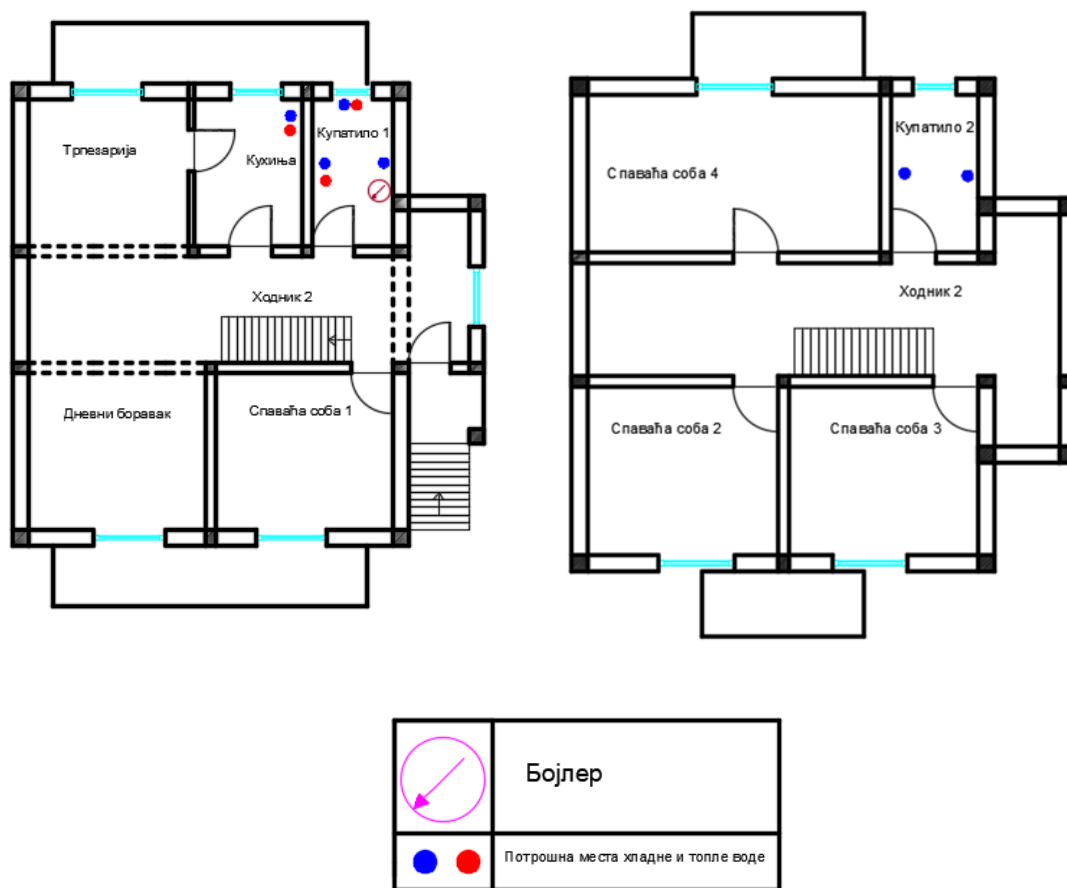
Месец	m ³	РСД
Октобар	20	1224.6
Новембар	17	1040.91
Децембар	18	1102.14
Јануар	10	612.3
Фебруар	14	857.22
Март	18	1102.14
Април	15	918.45
Мај	21	1285.83
Јун	16	979.68
Јул	27	1653.21
Август	22	1347.06
Септембар	20	1224.6
Вода са водовода	218	13348.14
Просечна цена воде [RSD/m ³]	61.23	
Специфична потрошња воде [m ³ / korisniku]	54.50	



Слика 19. Промена потрошње воде по месецима

5.6. Систем за припрему санитарне топле воде

Објекат поседује један акумулациони бојлер који у летњем периоду користи електричну енергију а у зимском енергију од извора толите (котла), капацитета 80 l и снаге 2000 W. Бојлер се налази у купатилу 1 и повезан је са кухињом. Користи се сезонски (око 6 месеци), укључен је 24 h али ефективно ради у просеку 4h, преосталих 6 месеци вода се загрева помоћу котла преко комбинованог грејача који је уграђен у бојлер. Потрошња електричне енергије коју бојлер користи у анализираном периоду је 1440 kWh. Потрошна места у објекту су кухиња, купатило 1 и купатило 2. Бојлер је лак за одржавање, после извесног времена (2 године) чисти се од наслага каменца, комбиновани грејач се мења по потреби (у случају кvara). Уређај је стар 20 година у којем је урађен прохромски казан тако да не изискује додатне трошкове и налази се у изузетно добром стању.



Слика 20. Приказ локација потрошних места и акумулационог бојлера у објекту

5.7. Подаци о потрошњи електричне енергије

Електричну енергију у анализираном домаћинству користе електрични уређаји и расвета. Енергију коју троше поменути системи могуће је изразити наредном формулом:

$$E = P \cdot h$$

где је:

P-називна снага [W],

h-просечно годишње ангажовање [h, dan].

5.7.1. Систем снабевања електричном енергијом и мерење потрошње

На улазу у објект у фасади налази се главни разводни ормар (ГРО) у коме је смештено трофазно електрично бројило које служи за мерење и регистровање потрошње електричне енергије (активна енергија 3x220/380 V, три главна аутоматска осигурача 10,20 и 25 А). Произвођач бројила је Искра Крањ, константа мерења бројила је 120обр./kWh, тип бројила је T29 CDV-3. У сва три ходника налази се по једна разводна табла са аутоматским осигурачима 10, 20 и 25 А.

Целокупна потрошња енергије одвија се у оквиру зелене зоне тачније до 350 kWh јер потрошња никада није прешла границу зелене зоне. Потрошена енергија у вишој тарифи се плаћа по цени од 5,962 дин. а у нижој тарифи се плаћа по цени од 1,491 дин. У табели 8 је дат приказ потрошене количине енергије изражене у kWh, затим изражене у динарима, и на крају укупан финансијски трошак за плаћање електричне енергије у који је урачуната и обрачунска снага, трошак јавног снабдевача, НОИЕ, акцизе, ПДВ.

Потрошња енергије у анализираном периоду је очитана са бројила и дата је у табели 8 и приказана на слици 21.

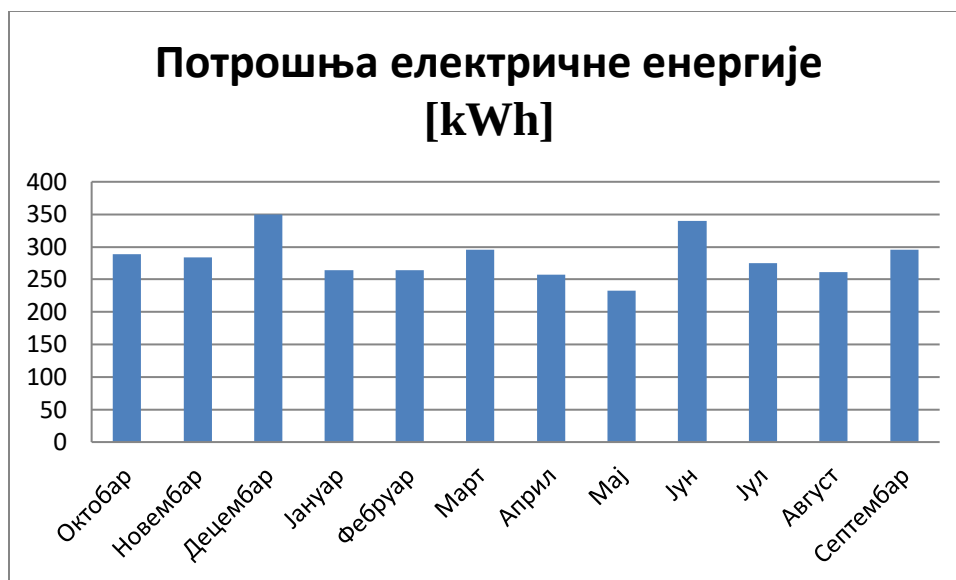
Табела 8. Потрошња електричне енергије

Месец	Датум читавања	Зелена зона VT [kWh]	Зелена зона NT [kWh]	Укупно енергија[kWh]	Укупно енергија [РСД]	Укупно[РСД]
Октобар	03.11.2017.	179	110	289	1681,27	1997,31
Новембар	02.12.2017.	166	118	284	1633,4	1976,09
Децембар	02.01.2018.	206	144	350	1910,64	2527,45
Јануар	02.02.2018.	167	97	264	1608,05	2130,27
Фебруар	02.03.2018.	167	97	264	1608,05	2130,27
Март	03.04.2018.	182	114	296	1722	2300,57
Април	03.05.2018.	162	95	257	1575,26	2101,37
Мај	01.06.2018.	157	76	233	1517,12	2032,81
Јун	02.07.2018.	245	95	340	2070,11	2756,18
Јул	02.07.2018.	155	120	275	1599,83	1900,56
Август	03.09.2018.	151	110	261	1518,38	1803,8
Септембар	03.10.2018.	182	114	296	1722	2300,57
Укупно		1940	1180	3409	20196,11	25957,25

Одобрена снага је 17,25 kW а свакога месеца у анализираном периоду била је 6,9 kW. Напонски ниво електричне енергије је 220/380 V(ниско напонска мрежа)–широка потрошња. У оквиру широке потрошње, објекат је повезан на мрежу ниског напона и не врши се мерење реактивне енергије.

Очитавање тренутног стања бројила врши се једном месечно најчешће другог у месецу тако што представник дистрибуције долази до бројила и очитава стање. Објекат не поседује управљање вршном енергијом.

Електрична инсталација објекта стара је 27 година и није вршена никаква реконструкција.



Слика 21. Потрошња електричне енергије

На основу слике 21 може се закључити да је највећа потрошња у децембру (350 kWh) , као и у јуну (340 kWh) јер је бојлер најактивнији у том периоду.

Укупна потрошња електричне енергије четворочланог домаћинства на годишњем нивоу за анализирани период износи 3409 kWh, док сваки члан домаћинства троши 852,25 kWh електричне енергије. Наведена количина потрошене електричне енергије у динарима износи 25957,25 дин. Просечна цена само електричне енергије је 7,61 дин.

5.7.2. Електрични уређаји

Објекат поседује електричне уређаје неопходне за нормално функционисање корисника домаћинства, који су приказани на сликама 22, 23 и 24. У табели 9 приказани су детаљнији подаци о уређајима као што су тип уређаја, називна снага, просечно ангажовање и просечна годишња потрошња електричне енергије која се добија помоћу израза $E=P \cdot h$.

Време ангажовања уређаја је различито у зависности да ли су потребни за свакодневне или периодичне потребе станара а утврђено је на основу слободне процене па с тога неки подаци нису прецизни. Прво је одређено на дневном нивоу затим месечном како би се одредила просечна потрошња електричне енергије на годишњем нивоу. На пример, акумулациони бојлер и пумпа за котао троше електричну енергију у зависности од потребе иако су укључени 24h.

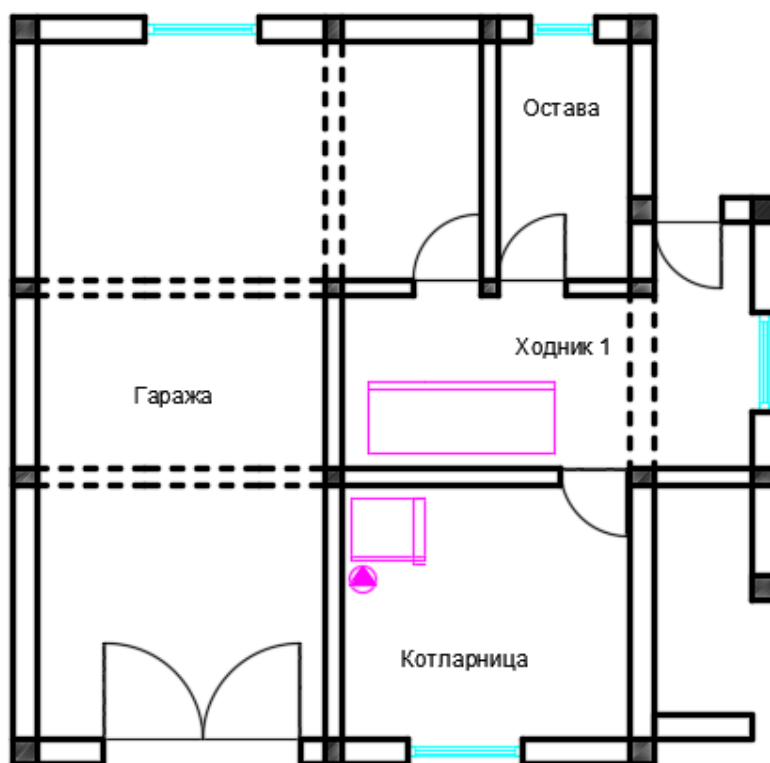
Замрзивач и шпорет су старости 25 година што их чини неефикасним и великим потрошачима, фрижидер и веш машина су замењени пре годину дана и имају енергетски разред A++. Котао и пумпа су старости 15 година и у одличном су стању.

Управљање уређајима није аутоматизовано већ се по потреби укључују од стране корисника.

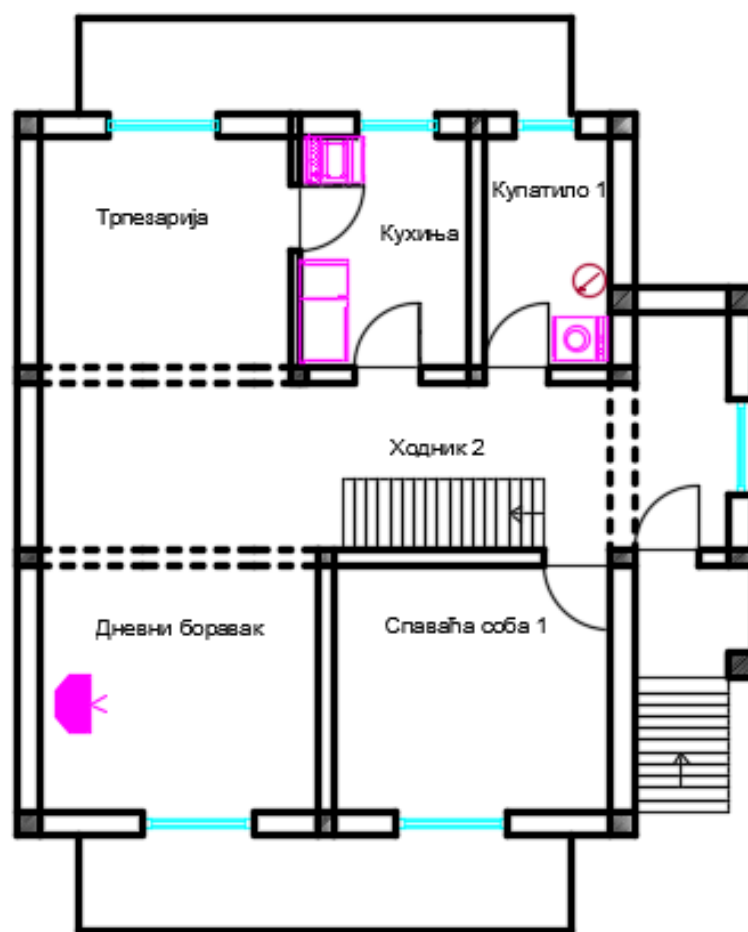
Највећи потрошач у домаћинству је акумулациони бојлер који троши 1440kWh на годишњем нивоу иако се не користи током целе године.

Одређени електрични уређаји утичу на топлотни биланс објекта што значи да имају утицај у загревању објекта, што је приказано у табели 10.

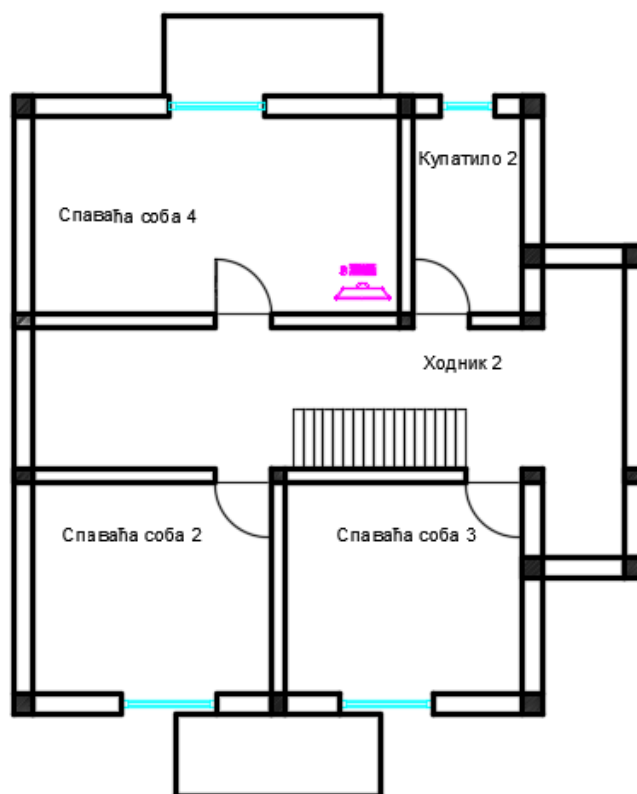
Распоред електричних уређаја приказан је на сликама 22, 23 и 24.



Слика 22. Распоред електричних уређаја у подруму



Слика 23. Распоред електричних уређаја у приземљу



Слика 24. Распоред електричних уређаја у поткровљу

	Телевизор
	Машина за прање веша
	Бојлер
	Фрижидер
	Електрични шпорет
	Замрзивач
	Котао
	Пумпа
	Рачунар

Слика 25. Значење симбола на цртежима

Табела 9. Листа електричних уређаја у домаћинству

Уређаји	Тип уређаја и основне карактеристике	(Називна) снага [W]/ енергија по циклусу[kWh]	Просечно годишње ангажовање [h], [дан]	Просечна годишња потршња струје [kWh]
1. Припрема топле воде				
Бојлер велики - купатилски	80l	2000	720(h)	1440
Укупно				1440
2. Грејање и хлађење простора				
Пумпа за котлао	Grundfos	220	150(h)	33
Укупно				33
3. Припрема и чување хране				
Електрични шпорет - рингла	Горење	1000	130(h)	130
Велики шпорет - рерна	Горење	1000	120(h)	120
Фрижидер	Bosch	67/0,2	365(дан)	73
Замрзивач	Gorenje 400l	1100/1,8	365(дан)	657
Укупно				980
4. Вешерај				
Веш машина	Bosch	2400/3	96(h)	163,2
Пегла	Braun	2,200	36(h)	43,2
Укупно				206,4
5. Електронски уређаји				
Телевизор	Philips	50	2920(h)	146
Лаптоп	Asus	20	182,5(h)	3,65
Усисивач	Vorner	800	60(h)	48
Модем	/	5	8760(h)	43,8
Рутер	/	5	8760(h)	43,8
Фен	Bosch	1600	48(h)	76,8
Укупно				362,05

Табела 10. Уређаји који утичу и не утичу на топлотни биланс

Уређај	Утиче на топлотни биланс	Не утиче на топлотни биланс
Телевизор	+	
Машина за прање веша	+	
Бојлер		+
Фрижидер		+
Електрични шпорет	+	
Замрзивач		+
Котао	+	
Пумпа		+
Усисивач	+	
Рачунар-лаптоп		+
Пегла	+	
Фен	+	
Модем		+
Рутер		+

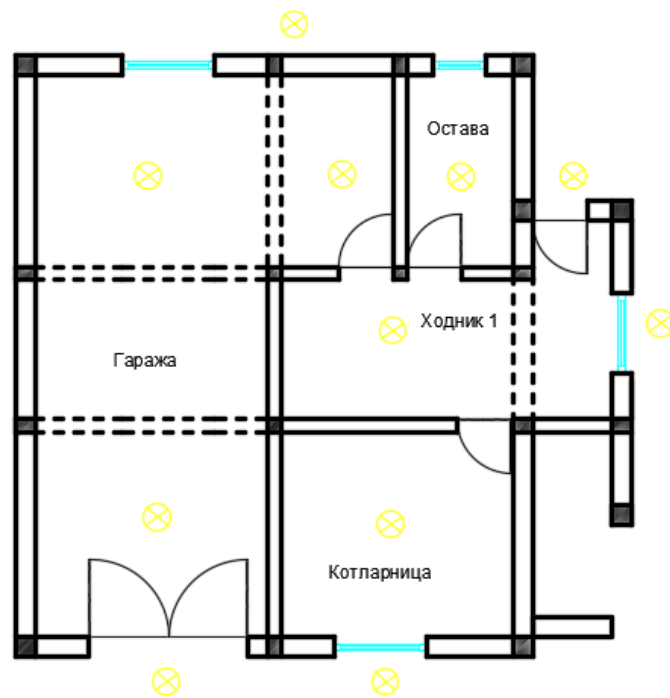
5.7.3. Систем расвете (унутрашње и спољашње)

Објект поседује у већој количини ЛЕД сијалице и то у просторијама где се осветљење највише користи док су у осталим просторијама заступљене инкадесцентне сијалице (IL) што је приказано у табели 11. На сликама 26, 27 и 28 приказан је распоред сијалица у објекту, приказана је и спољна расвета али она се не користи због непосредне близине уличне расвете. ЛЕД сијалице су снаге 5 и 7 W, чији је светлосни флуks 350 и 550lm и топло беле боје су.

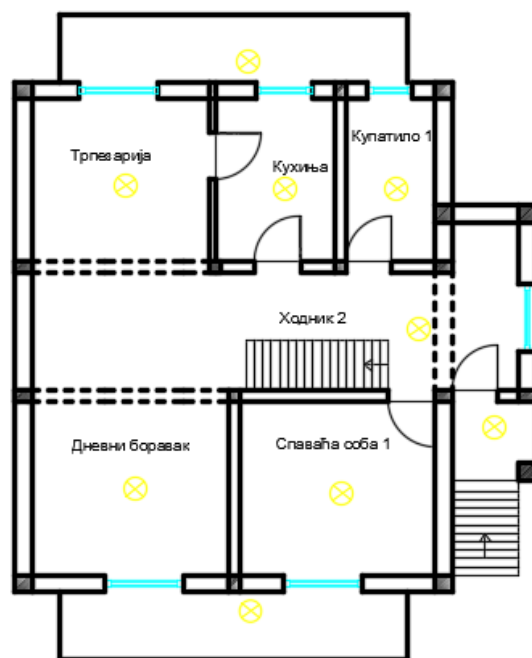
Расветна тела су постављена у унутрашњости објекта у виду плафоњера које су израђене од филипинске шкољке и због тога је светлост мање јачине што представља проблем у вечерњим сатима. Расветна тела стара су око 10 година, повремено се врши и њихово

чишћење како би се побољшао рад система расвете. Управљање тј. регулисање осветљења врши се ручном тј. локалном регулацијом. Сијалице које се користе за спољашњу расвету су инкадесцентне сијалице али као што је речено ретко се користи осим сијалице испред улазних врата. Регулација спољашње расвете врши се прекидачима из унутрашњости објекта али постоје и прекидачи испред улазних врата. Одржавање спољашње расвете се не врши.

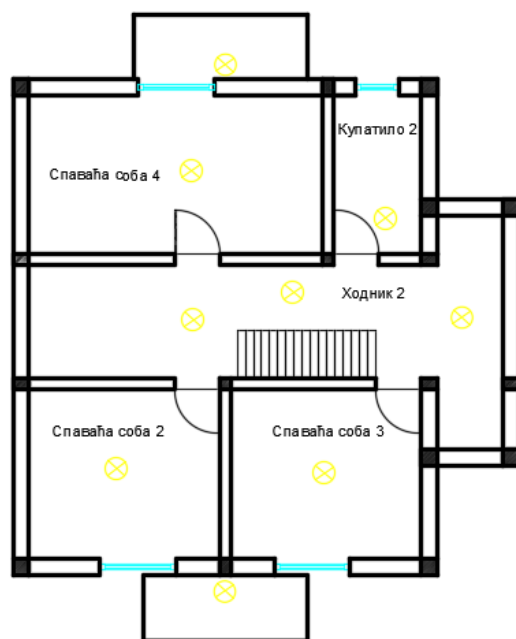
Могуће уштеде би се оствариле заменом инкадесцентних сијалица са ЛЕД сијалицама у свим просторијама.



Слика 26. Распоред расвете у подруму



Слика 27. Распоред расвете у приземљу

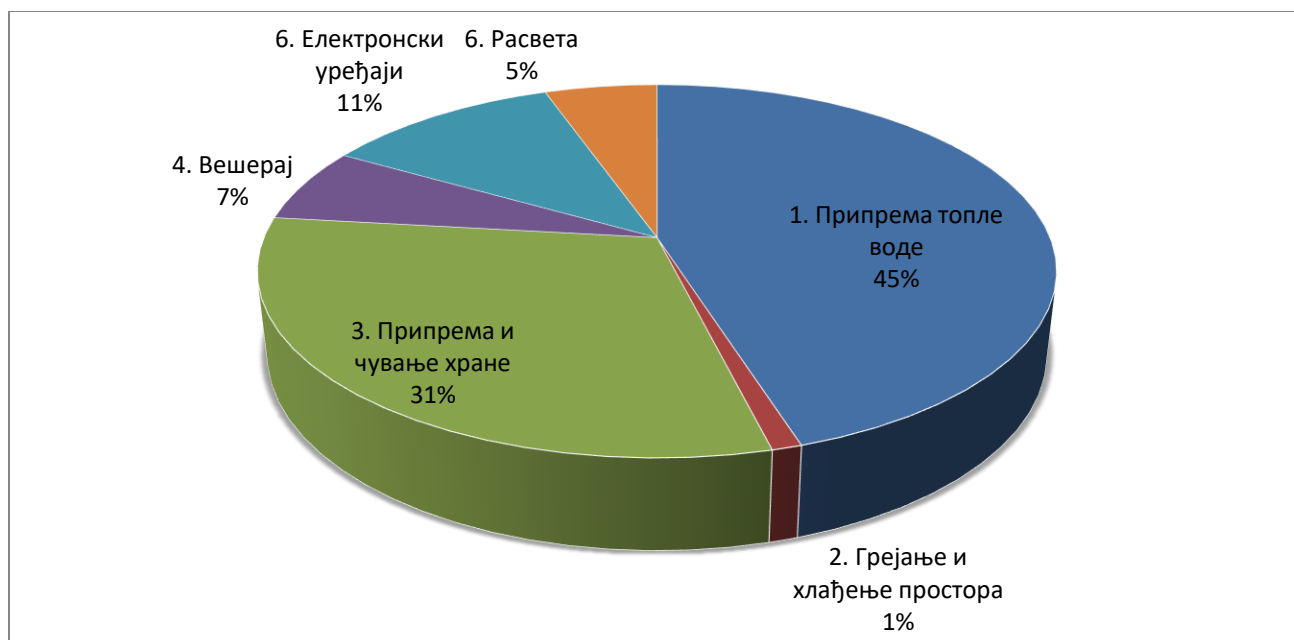


Слика 28. Распоред расвете у поткровљу

Табела 11. Приказ броја, типа сијалице, укупне снаге, годишњег ангажовања и просечне годишње потрошње електричне енергије

Просторија	Број сијалица	Тип сијалице	Укупна снага у [W]	Годишње временско ангажовање [h]	Просечна годишња потрошња у [kWh]
Остава	1	IL	40	10	0,4
Гаража	3	IL	60	10	1,8
Ходник 1	1	IL	75	10	0,75
Котларница	1	IL	60	20	1,2
Купатило 1	1	IL	60	365	21,9
Кухиња	1	LED	5	1460	7,3
Трпезарија	2	LED	5	730	7,3
Дневни боравак	2	LED	7	2190	30,66
Спаваћа соба 1	1	LED	5	182	0,91
Ходник 2	1	LED	7	2190	15,33
Купатило 2	1	LED	5	120	0,6
Спаваћа соба 2	1	LED	5	182	0,91
Спаваћа соба 3	1	LED	5	182	0,91
Спаваћа соба 4	1	LED	5	182	0,91
Ходник 3	1	IL	75	1090	81,75
Укупно на осветљење годишње					172,63
Укупно на осветљење годишње у дин.					1616,51 Дин.

На слици 29 приказана је расподела анализиране потрошње електричне енергије по областима. Највећа количина електричне енергије троши се за припрему топле воде чак 45% (1440 kWh) и за припрему и чување хране 31% (980 kWh). Остала потрошња односи се на електронске уређаје 11% (362,05 kWh), вешерај 7% (206,4 kWh), расвету 5% (172,63 kWh) и најмање за грејање простора 1% (33 kWh).



Слика 29. *Расподела потрошње електричне енергије*

6. Резултати и анализа

6.1. Преглед постојећег стања

Програм Урса-грађевинска физика 2 намењена је изради енергетске ефикасности као и енергетског пасоша стамбених објеката. Анализирањем постојећег објекта добијен је тренутни енергетски разред „C“.

Анализа је спроведена на породичној кући за становање чија је корисна површина 168,29 m², бруто грејана запремина 380,01 m³ а нето грејана запремина 333,07 m³, која се налази на подручју Крагујевца (слика 30).

Podaci o projektu i zgradi

Naziv projekta: Postojeće stanje 1

Broj projekta:

Investitor: Vukomir Lekovic

Izvođač: Vukomir Lekovic

Lokacija zgrade / Ulica: Cvetna 24

Mesto: Kragujevac

Katastarska parcela:

Godina izgradnje / rekonstrukcije: 1991

Projektantska firma:

Odgovorni projektant:

Autor proračuna: Marina Lekovic

Mesto: Kragujevac

Datum: 21/02/2019

Vrsta zgrade: Stambena zgrada sa jednim stanom-pojedinačna porodična kuća

Namena zgrade: za stanovanje

Bruto grejana zapremina zgrade V_g (m³): 380,01

Neto grejana zapremina zgrade V (m³): 333,07

Korisna površina zgrade A_f (m²): 168,29

Unutrašnja projektna temperatura za zimski period θ_{ni,i} (°C): 20,0

Unutrašnja projektna temperatura za letnji period (°C): 26,0

Temperatura spoljnog vazduha za proračun kondenzacije (°C): -5,0

Relativna vlažnost spoljnog vazduha za proračun kondenzacije (%): 55

Relativna vlažnost unutrašnjeg vazduha za proračun kondenzacije (%): 90

Nova ili postojeća zgrada: ☒ Postojeća zgrada

Tip gradnje: ☐ Teški tip gradnje, ☒ Srednje-teški tip gradnje, ☐ Laki tip gradnje

Režim grejanja:

Dnevni prekid u radu sistema (sati u danu): 12

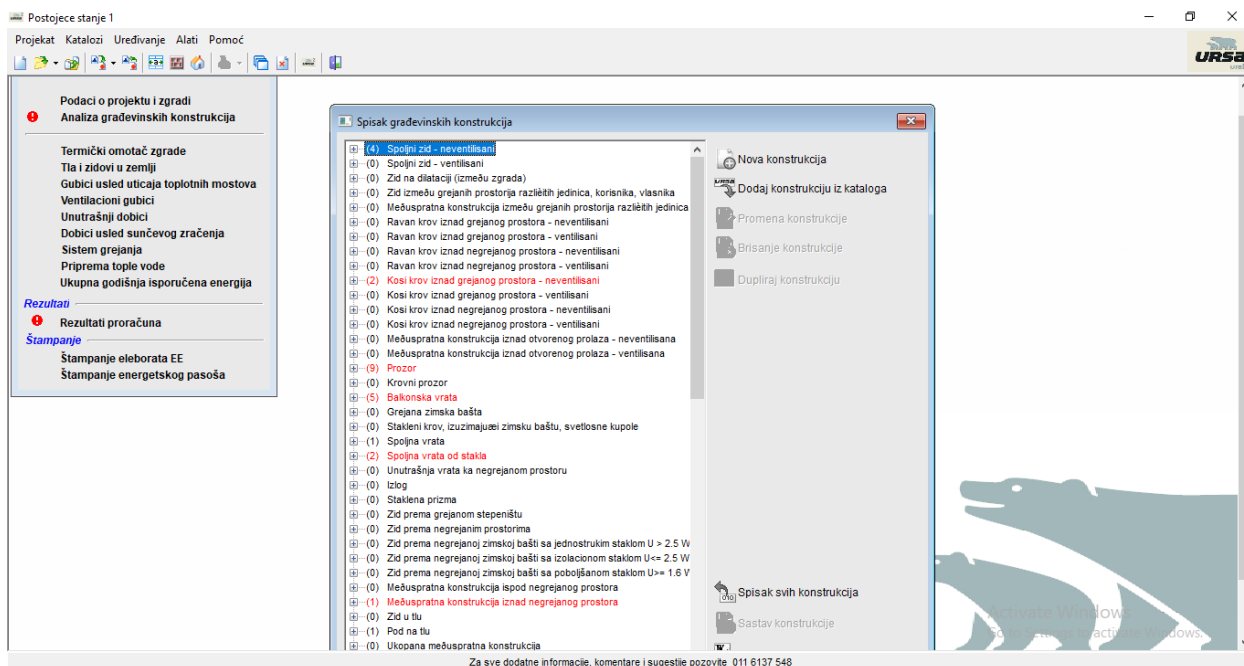
Nedeljni prekid u radu sistema (dana u nedelji):

Sezonski prekid u radu sistema (dana u sezoni grejanja):

	Srednje sume sunčevog zračenja (kWh/m ²)					Sred. mes. temp. BG (°C)	HDD
	HOR	S	I	J	Z		
Januar	42,75	17,42	32,57	64,25	32,57	0,90	
Februar	60,35	22,38	55,35	76,98	55,35	3,00	
Mart	103,86	36,04	79,80	96,43	79,80	7,30	
April	133,65	44,64	96,05	86,73	96,05	12,50	
Maj	170,43	55,69	112,90	86,28	112,90	17,60	
Jun	181,23	56,88	116,78	81,43	116,78	20,60	
Jul	192,83	58,27	125,22	90,31	125,22	22,30	
Avgust	170,43	52,83	114,37	99,43	114,37	22,00	
Septembar	127,58	38,78	91,32	107,38	91,32	17,70	
Oktoibar	88,94	29,16	67,21	109,22	67,21	12,70	
Novembar	45,50	17,93	34,67	66,52	34,67	7,20	
Decembar	33,87	14,31	25,53	52,80	25,53	2,60	

Слика 30. Подаци о пројекту и згради

Затим, утврђене су конструкције које чине објекат а то су спољашњи зидови-невентилисани, коси кров изнад грејаног простора-невентилисани, прозори, балконска врата, спољна врата од стакла (слика 31). Коефицијент пролаза топлоте за спољашње зидове је 0,265 W/(m²K), за кров 0,929 W/(m²K), за прозоре од 2,690 до 2,8 W/(m²K), за балконска врата 2,820 (W/m²K), за спољањља врата од стакла 2,710 W/(m²K), за међуспратну конструкцију изнад негрејаног простора 2,050 W/(m²K).



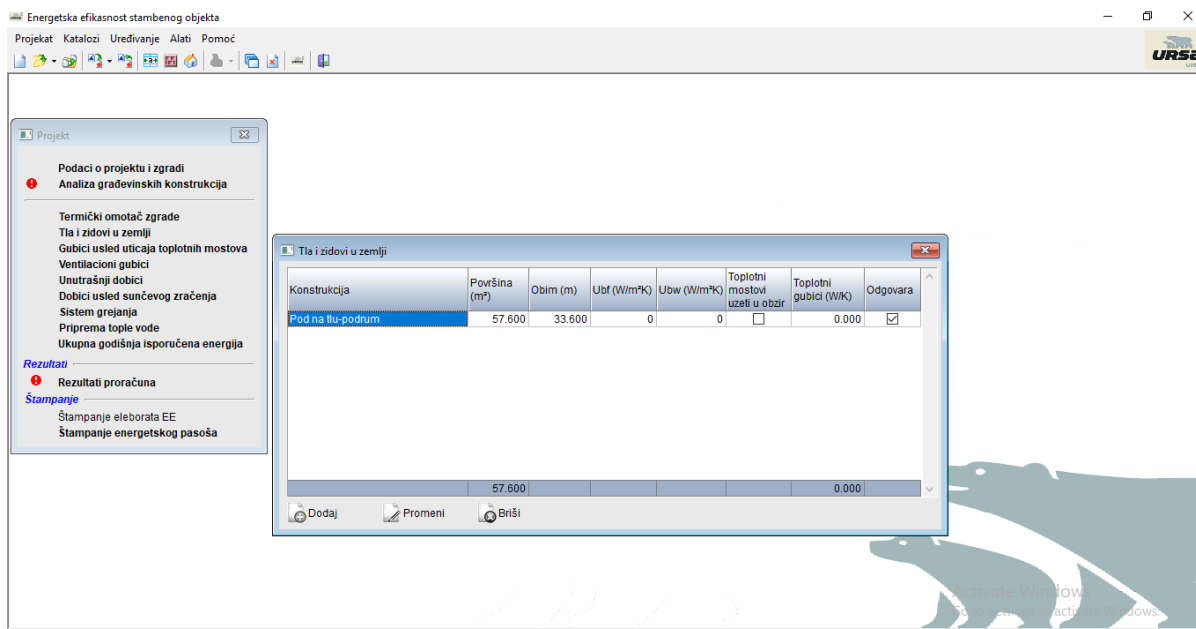
Слика 31. Анализа грађевинских конструкција

Како би се утврдили топлотни губици омотача објекта, у програм су унете нетранспарантне и транспарентне површине као и њихове карактеристике (нпр за прозоре, површина стакла, површина рама, коефицијент пролаза топлоте стакла, коефицијент пролаза топлоте оквира, фактор засенчења). (слика 32)

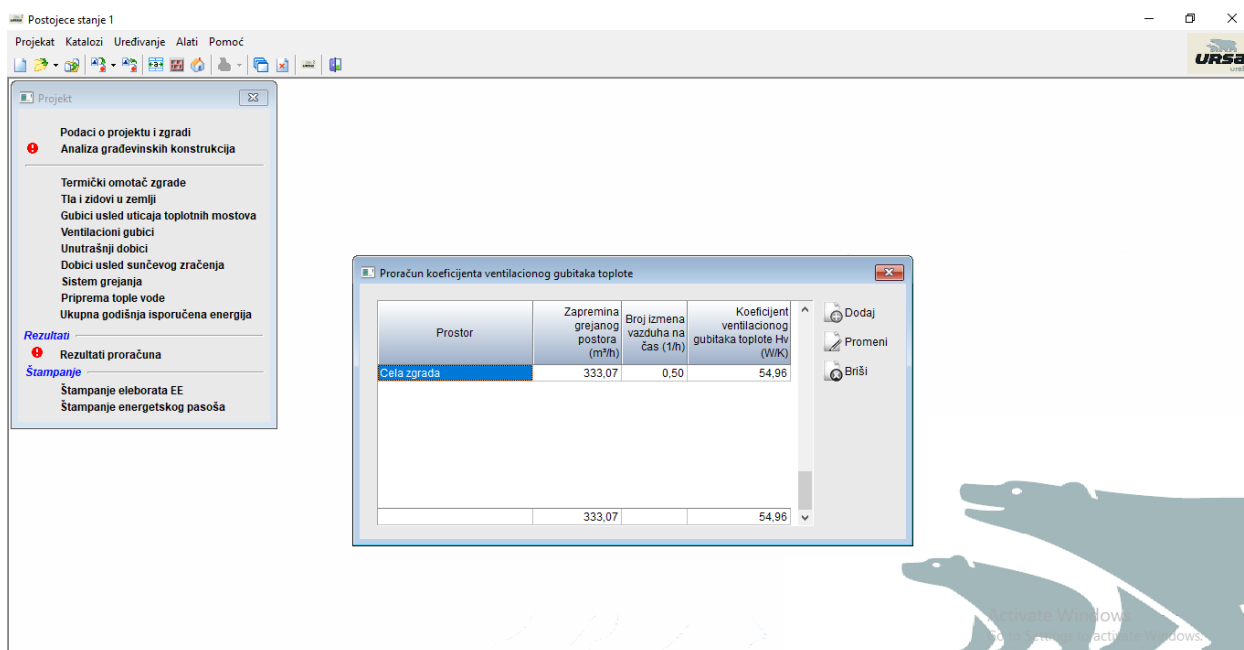
Šifra	Konstrukcija	Transpar. konstr.	Površina (m²)	Nagib	Orijent.	Faktor korekcije temper. Fx	Koeficijent prolaza toplote (W/Km²)	Toplotni mostovi uzeti u obzir	Transmisioni toplotni gubici (W/K)	Faktor zasenčenja
Spoljni zid-juzn	Spoljni zid-juzna strana	☐	20,18	0	J	1	0,265	☐	5,35	0,90
Spoljni zid-sev	Spoljni zid-severna strana	☐	22,10	0	S	1	0,265	☐	5,86	0,90
Spoljni zid-isto	Spoljni zid-istočna strana	☐	17,04	0	I	1	0,265	☐	4,52	0,90
Spoljni zid-zap	Spoljni zid-zapadna strana	☐	16,56	0	Z	1	0,265	☐	4,39	0,90
Krov-juzna str	Krov-juzna strana	☐	61,48	33	J	1	0,929	☐	57,11	0,90
Krov-severna s	Krov-severna strana	☐	61,48	33	S	1	0,929	☐	57,11	0,90
Jednokrnljni proz	Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-kuh	☒	0,60	0	I	1	2,800	☐	1,68	0,60
Jednokrnljni proz	Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-kup	☒	0,36	0	I	1	2,770	☐	1,00	0,90
Dvokrnljni prozor	Dvokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-spava	☒	1,96	0	Z	1	2,810	☐	5,51	0,60
Dvokrnljni prozor	Dvokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-paraz	☒	1,96	0	I	1	2,810	☐	5,49	0,60
Jednokrnljni proz	Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-ost	☒	0,36	0	I	1	2,690	☐	0,97	0,90
Jednokrnljni proz	Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-hod	☒	1,02	0	J	1	2,750	☐	2,81	0,90
Dvokrnljni prozor	Dvokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-kottar	☒	1,12	0	Z	1	2,750	☐	3,08	0,60
Jednokrnljni proz	Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-hod	☒	1,02	0	J	1	2,750	☐	2,81	0,90
Jednokrnljni proz	Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom-kup	☒	0,36	0	I	1	2,690	☐	0,97	0,60
Balkonska vrata	Balkonska vrata-trpezarija	☒	2,80	0	I	1	2,820	☐	7,90	0,60
Balkonska vrata	Balkonska vrata-dnevni boravak	☒	2,80	0	Z	1	2,820	☐	7,90	0,60
Balkonska vrata	Balkonska vrata-spavaca soba 2	☒	2,41	0	Z	1	2,820	☐	6,80	0,60
Balkonska vrata	Balkonska vrata-spavaca soba 3	☒	2,41	0	Z	1	2,820	☐	6,80	0,60
Balkonska vrata	Balkonska vrata-spavaca soba 4	☒	2,41	0	I	1	2,820	☐	6,80	0,60
Ulazna vrata	Ulazna vrata	☒	2,00	0	Z	1	2,710	☐	5,42	0,60
Ulazna vrata-pc	Ulazna vrata-podrum	☒	2,00	0	I	1	2,710	☐	5,42	0,60
Garazna vrata	Garazna vrata	☐	6,80	0	Z	1	1,600	☐	10,88	0,60
Ukupno			231,23						216,54	

Слика 32. Термички омотач зграде (трансмисиони топлотни губици=216,54 W/K)

Под на тлу не утиче на топлотне губитке јер се подрум не греје, с тога су топлотни губици једнаки нули (слика 33.).



Слика 33. Тло у земљи



Слика 34. Вентилациони губици, коефицијент вентилационог губитка топлоте $H_v=54,96 \text{ W/K}$

Након уношења конструкција и термичког омотача зграде, програм прерачунава добитке услед сунчевог зрачења (слика 35).

Projekat Katalozi Uređivanje Alati Pomoć

Postojeće stanje 1

Projekat

Podaci o projektu i zgradi
Analiza građevinskih konstrukcija

Termički oмотач zgrade
Tla i zidovi u zemlji
Gubici usled uticaja toplotnih mostova
Ventilacioni gubici
Unutrašnji dobici
Dobici usled sunčevog zračenja
Sistem grejanja
Priprema tople vode
Ukupna godišnja isporučena energija

Rezultati
Rezultati proračuna
Štampanje
Štampanje elaborata EE
Štampanje energetskog pasoša

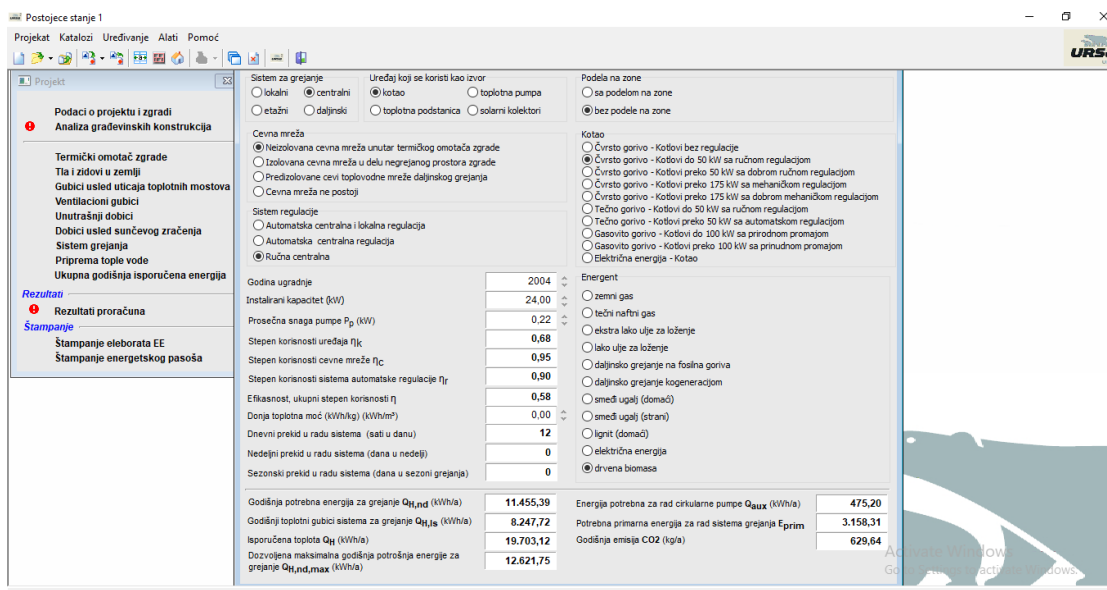
Dobici usled sunčevog zračenja

Šifra konstrukcije	Površina A (m²)	Efektivna površina Asol (m²)	Faktor zasen-čenja	Orijentacija	Nagib (°)	Sunčevo zračenje u zimskom periodu (kWh/m²)	Godišnji dobici sunčeve energije (kWh)
Spoljni zid-juzna strana	20.18	0.13	0.90	J	0	455.00	52.56
Spoljni zid-severna strana	22.10	0.14	0.90	S	0	145.00	18.34
Spoljni zid-istocna strana	17.04	0.11	0.90	I	0	310.00	30.24
Spoljni zid-zapadna strana	16.56	0.11	0.90	Z	0	310.00	29.38
Krov-juzna strana	61.48	1.37	0.90	J	33	381.60	470.77
Krov-severna strana	61.48	1.37	0.90	S	33	121.61	150.02
Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	0.60	0.29	0.60	I	0	310.00	53.48
Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	0.36	0.16	0.90	I	0	310.00	44.29
Dvokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	1.96	1.00	0.60	Z	0	310.00	186.36
Dvokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	1.96	1.00	0.60	I	0	310.00	186.36
Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	0.36	0.16	0.90	I	0	310.00	44.29
Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	1.02	0.49	0.90	J	0	455.00	200.18
Dvokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	1.12	0.54	0.60	Z	0	310.00	99.84
Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	1.02	0.49	0.90	J	0	455.00	200.18
Jednokrnljni prozor sa duplim vakuum staklom	0.36	0.16	0.60	I	0	310.00	29.52
Balkonska vrata-trpezarija	2.80	1.45	0.60	I	0	310.00	289.56
Balkonska vrata-dnevni boravak	2.80	1.45	0.60	Z	0	310.00	289.56
Balkonska vrata-spavaca soba 2	2.41	1.25	0.60	Z	0	310.00	232.01
Balkonska vrata-spavaca soba 3	2.41	1.25	0.60	Z	0	310.00	232.01
Ukupno							3412.34

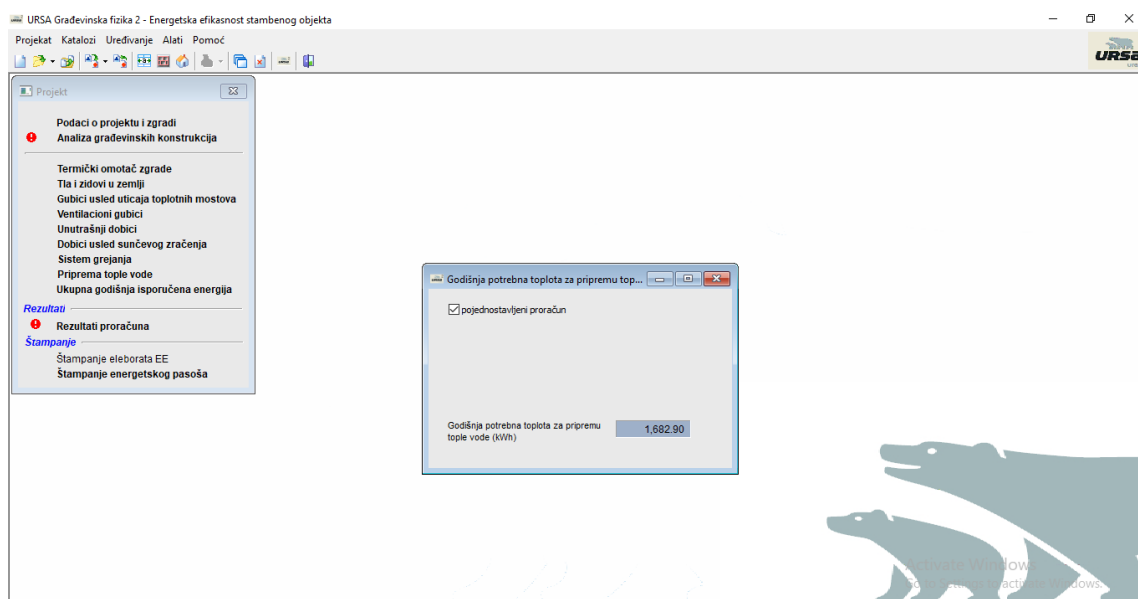
76 euz dostupna informacija, komentara i savetnika pozivite 011 2117 648

Слика 35. Добитци услед сунчевог зрачења (годишњи добитци сунчеве енергје=3412,34 kWh)

У оквиру картице „систем грејања“ унети су подаци о централном систему грејања без поделе на зоне који обухватају годину уградње (2004. године), инсталирани капацитет (24 kW), просечну снагу пумпе (0,22 kW) у коме се као енергент користи дрвена биомаса (слика 36).

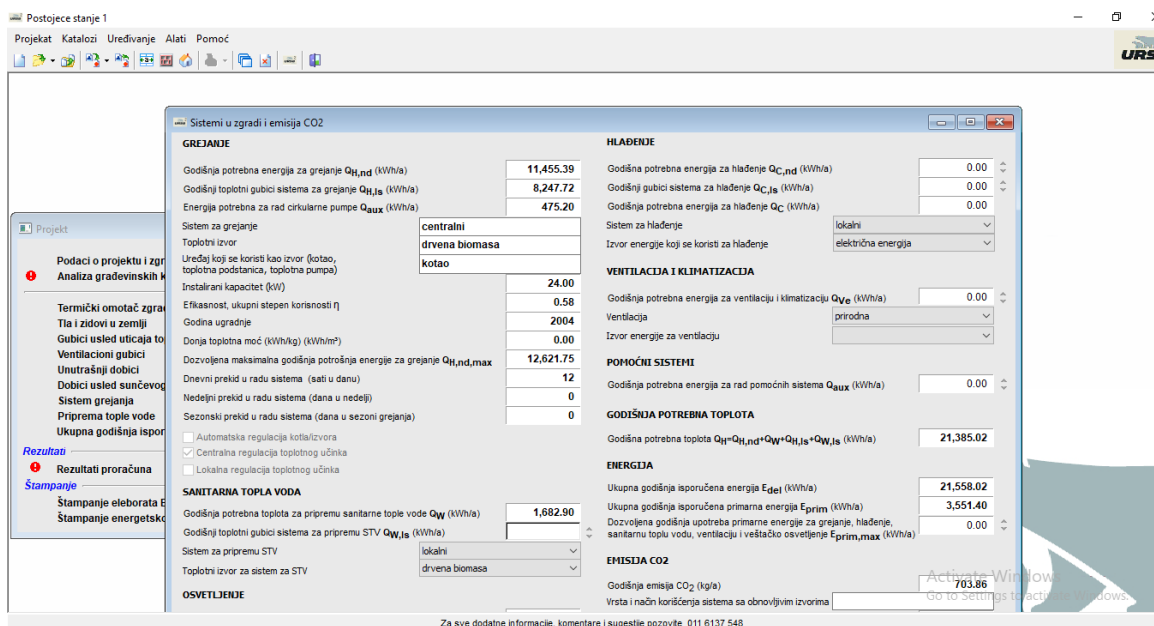


Слика 36. Систем грејања



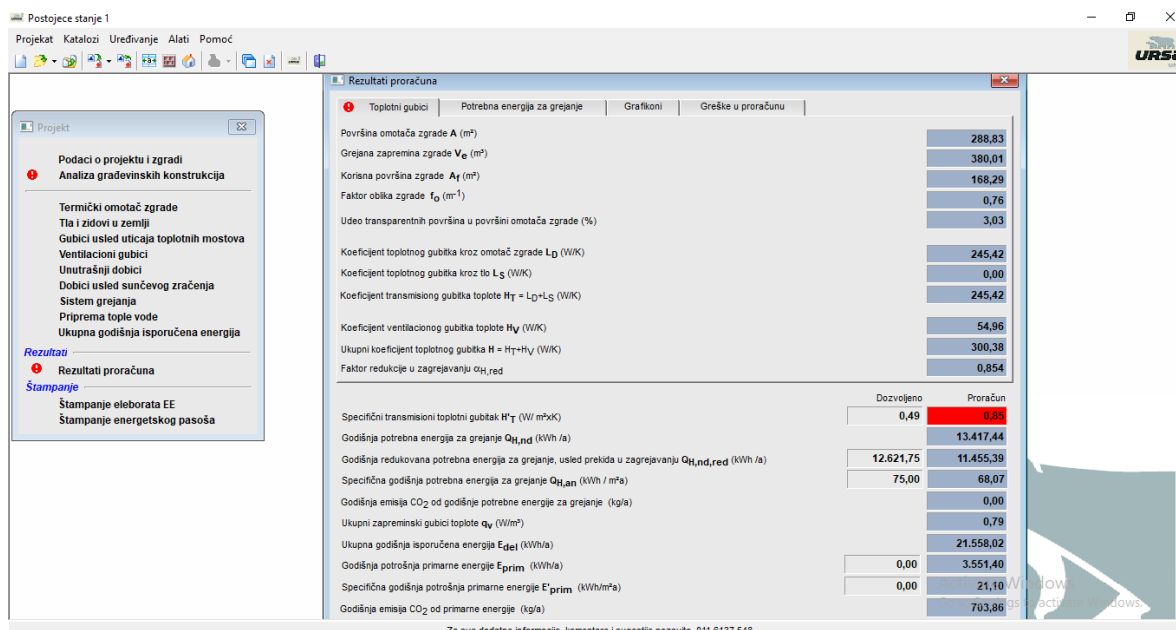
Слика 37. Годишња потребна топлота за припрему топле воде=1682,9 kWh

У картици „укупна годишња испоручена енергија“ уписују се подаци о потрошњи енергије за осветљење (173 kWh), о хлађењу (у објекту не постоје уређаји који се користе за хлађење) и вентилацији која је природна како би се добила укупна годишња испоручена енергија E_{del} .



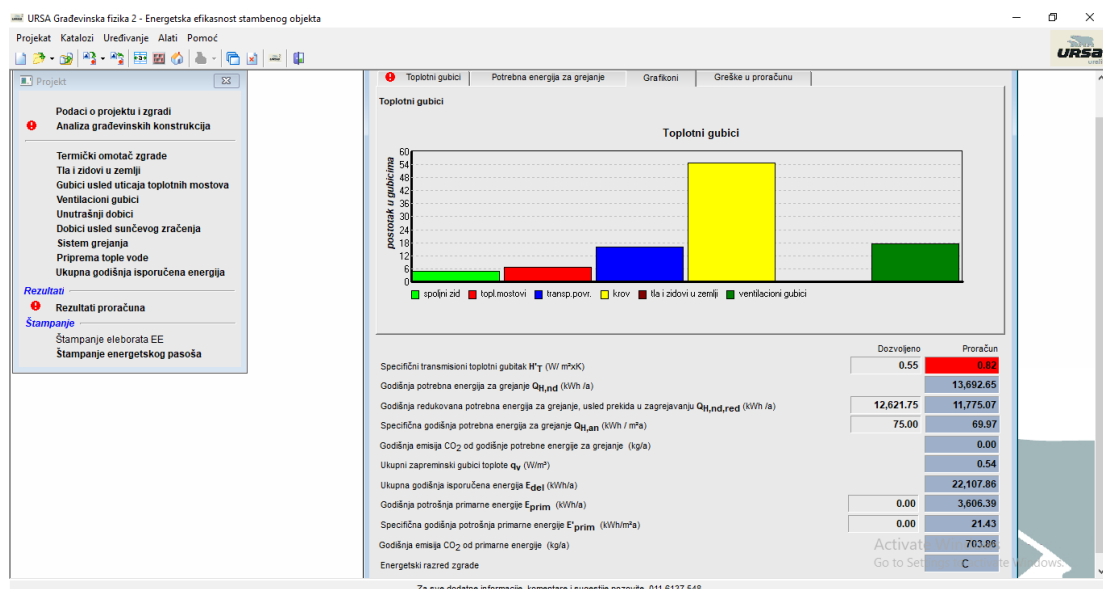
Слика 38. Укупна годишња испоручена енергија

На слици 39 дати су подаци који се односе на годишњу потребну енергију за грејање објекта, специфичну годишњу енергију за грејање, емисију угљен-диоксида услед коришћења примарне енергије. На основу наведених информација, одређен је енергетски разред објекта, а то је „С”.



Слика 39. Резултати прорачуна

На слици 40 је приказано да су највећи топлотни губици преко кровне конструкције затим преко транспарентних површина па преко вентилације.



Слика 40. Дијаграмски приказ топлотних губитака

Obrazac 1
ENERGETSKI PASOŠ ZA STAMBENE ZGRADE

Energetski pasoš za stambene zgrade	ZGRADA	postojeća zgrada	
	Kategorija zgrade	Zgrada sa jednim stanom	
	Mesto, adresa	Cvetna 24, Kragujevac	
	Katastarska parcela		
	Vlasnik/investitor/pravni zastupnik	Vukomir Lekovic	
	Izvođač	Vukomir Lekovic	
	Godina izgradnje	1991	
	Godina rekonstrukcije/ energetske sanacije		
	Neto površina A [m ²]	168,29	
	Proračun	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]
		91	68
			C
	Podaci o licu koje je izdalo energetski pasoš Ovlašćena organizacija: Potpis ovlašćenog lica i pečat organizacije M.P. (potpis) Odgovorni inženjer: Potpis i pečat odgovornog inženjera EE M.P. (potpis) Broj pasoša: Datum izdavanja/rok važenja 17.06.2019		

Слика 41. Енергетски разред „C“

Energetski pasoš za stambene zgrade	Proračun	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]
		91	68
	A+	≤ 15	C
	A	≤ 25	
	B	≤ 50	
	C	≤ 100	
	D	≤ 150	
	E	≤ 200	
	F	≤ 250	
	G	> 250	

Слика 42. Енергетски разред „C“

6.2. Анализа потрошње енергије у кући у зависности од дебљине изолационог слоја

У овом делу истраживања извршена је варијација дебљине изолационог слоја у софтверу, у циљу израчунавања годишње редуковане потребне енергије за грејање услед прекида у загревању $Q_{H,nd,red}$, специфичне годишње потребне енергије за грејање $Q_{H,nd,an}$, укупне годишње испоручене енергије E_{del} , годишње потрошње примарне енергије E_{prim} и укупног коефицијента топлотних губитака H . Разматрани случајеви зграде су:

- без изолације,
- дебљина изолације 5 cm,
- дебљина изолације 10 cm,
- постојеће стање изолације 13 cm.

У приложеном се види да је највише енергије за грејање потребно за објект без изолације јер долази до великих губитака кроз омотач зграде (табела 12). Објект без изолације карактерише и најлошији енергетски разред а то је D. Са порастом дебљине изолационог слоја смањују се топлотни губици кроз омотач, а самим тим и потрошња енергије за грејање.

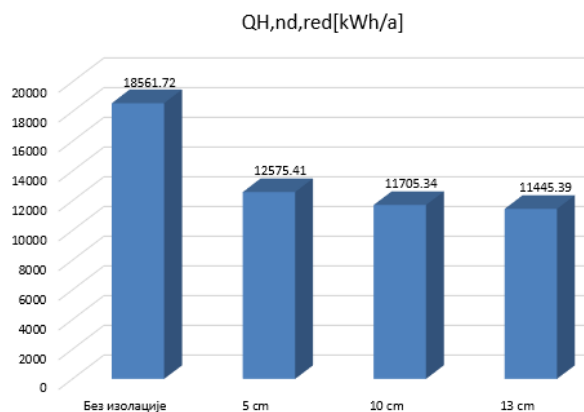
Табела 12. Анализа потрошње енергије у објекту

Стање	$Q_{H,nd,red}$ [kWh/a]	$Q_{H,nd,an}$ [kWh/m ² a]	E_{del} [kWh/a]	E_{prim} [kWh/a]	Енергетски разред	H [W/K]
Без изолације	18561,72	110,3	33780,81	4773,68	D	434,06
Са изолацијом 5 cm	12575,41	74,72	23484,44	3744,04	C	321,78
Са изолацијом 10 cm	11705,34	69,55	21987,93	3594,39	C	305,16
Постојеће стање 13 cm	11445,39	68,07	21558,02	3551,4	C	300,38

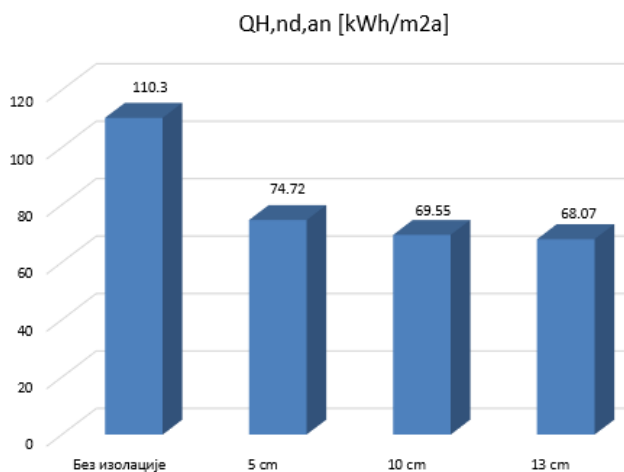
Као референтни случај посматра се објект са дебљином изолације 13 cm чија је годишња редукована потребна енергија за грејање услед прекида 11445,39 kWh/a, специфична годишња потребна енергија за грејање 68,07 kWh/(m²a), укупна годишња испоручена енергија 21558,02 kWh/a, годишња потрошња примарне енергије 3551,4 kWh/a и енергетски разред C.

Уколико на објекту не постоји изолација, годишња потрошња примарне енергије се повећава за 1222,28 kWh/a у односу на референтни случај. Уколико би се посматрао случај са изолационим слојем дебљине 5 cm, годишња потрошња примарне енергије би се

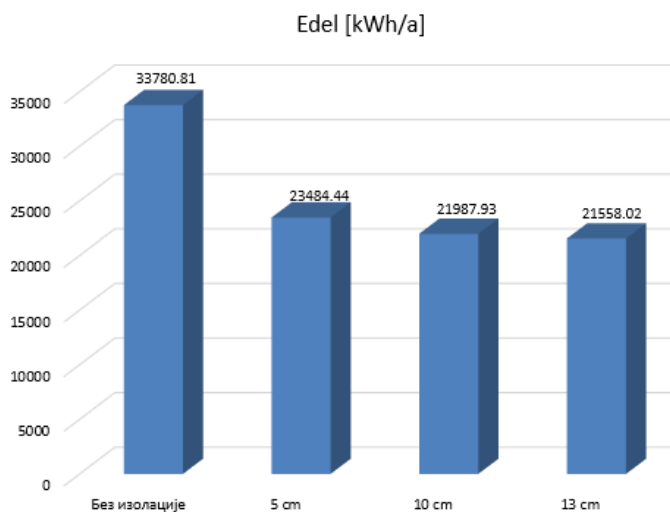
повећала за 192,64 kWh/a, док се за случај са изолационим слојем дебљине 10 cm повећава за 42,99 kWh/a.



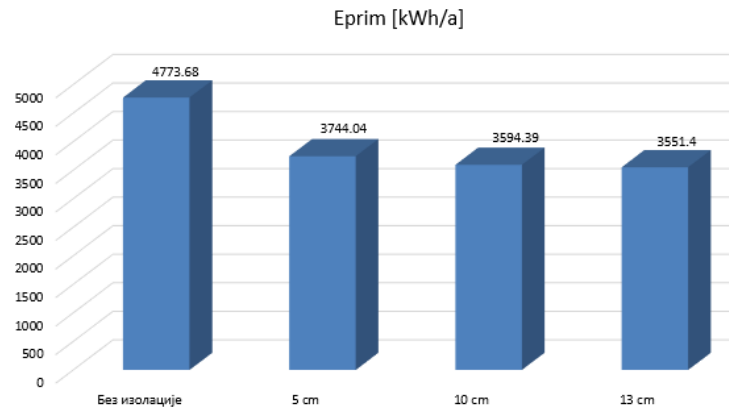
Слика 43. Промена годишње редуковане потребне енергије за грејање услед прекида у загревању



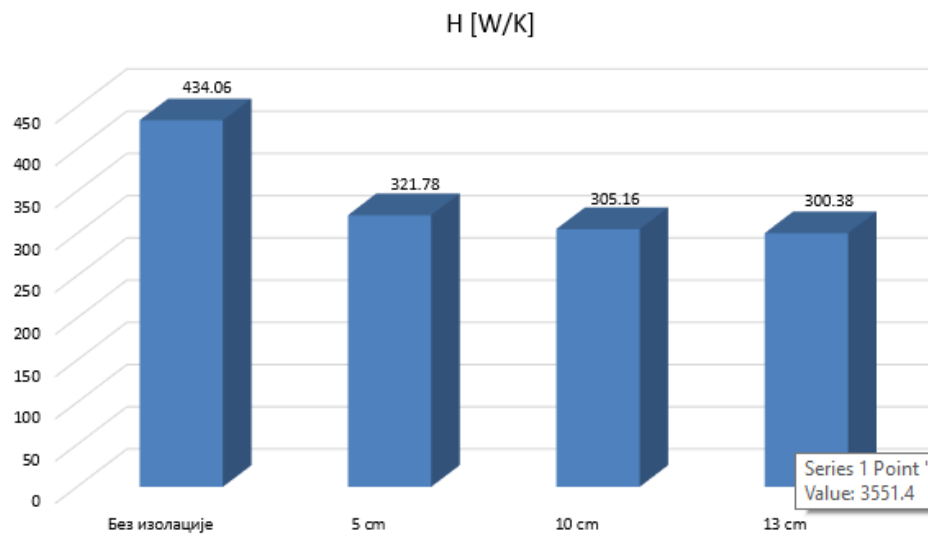
Слика 44. Промена специфичне годишње потребне енергије за грејање



Слика 45. Промена укупне годишње испоручене енергије



Слика 46. Промена годишње потрошње примарне енергје



Слика 47. Промена укупног коефицијента топлотних губитака

6.3. Анализа различитих система грејања

Анализа различитих система грејања подразумева варијације система грејања и енергената у софтверу. На основу врсте горива рачуна се примарна енергија коју је потребно утрошити за добијање испоручене енергије потрошачу као и енергетски разред зграде. Из табеле 13 може се уочити да се примарна енергија мења са променом извора енергије као и годишња емисија CO₂ од примарне енергије док енергетски разред остаје исти.

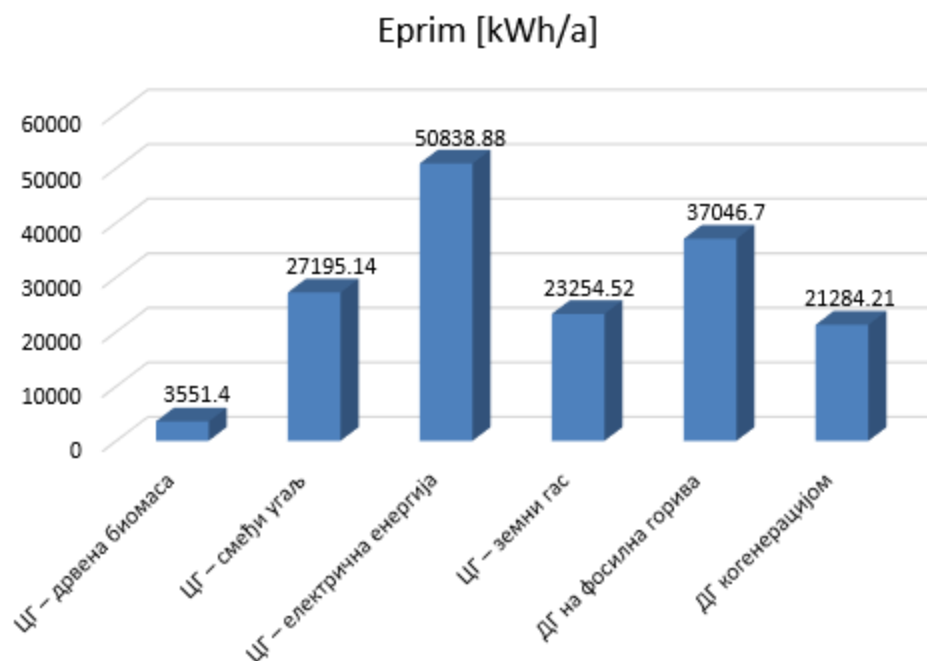
Табела 13. Анализа различитих система грејања

Врста система/енергента	E_{prim} [kWh/a]	Годишња емисија CO ₂ од примарне енергије [kg/a]	Енергетски разред
Централно грејање – дрвена биомаса	3551,4	703,86	C
Централно грејање – смеђи угаљ	27195,14	8900,35	C
Централно грејање – електрична енергија	50838,88	26810,49	C
Централно грејање – земни гас	23254,52	5038,54	C
Даљинско грејање на фосилна горива	37046,7	12407,51	C
Даљинско грејање когенерацијом	21284,21	7205,89	C

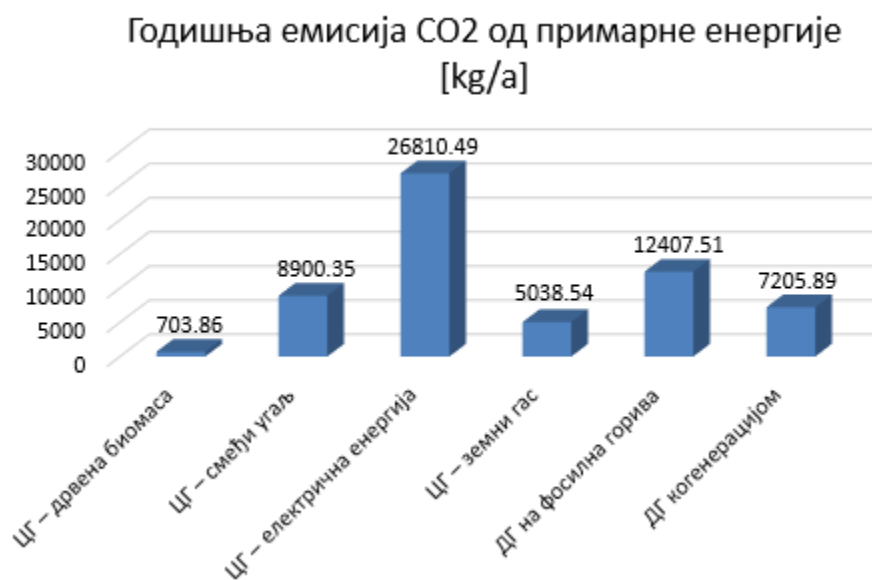
Најниже трошкове за грејање имају домаћинства која се греју на дрво у подручјима Србије у којима се оно може набавити по нижим ценама и ако имају новије котлове чија је ефикасност већа. Нешто више трошкове имала би домаћинства која се греју помоћу даљинског грејања когенерацијом.

Након вишеструког смањивања цена, повољно је грејање и на природни гас, чија је додатна предност комфор који пружа. Нешто виши су трошкови грејања на угаљ.

Највеће трошкове енергије за грејање имају домаћинства која користе електричну енергију.



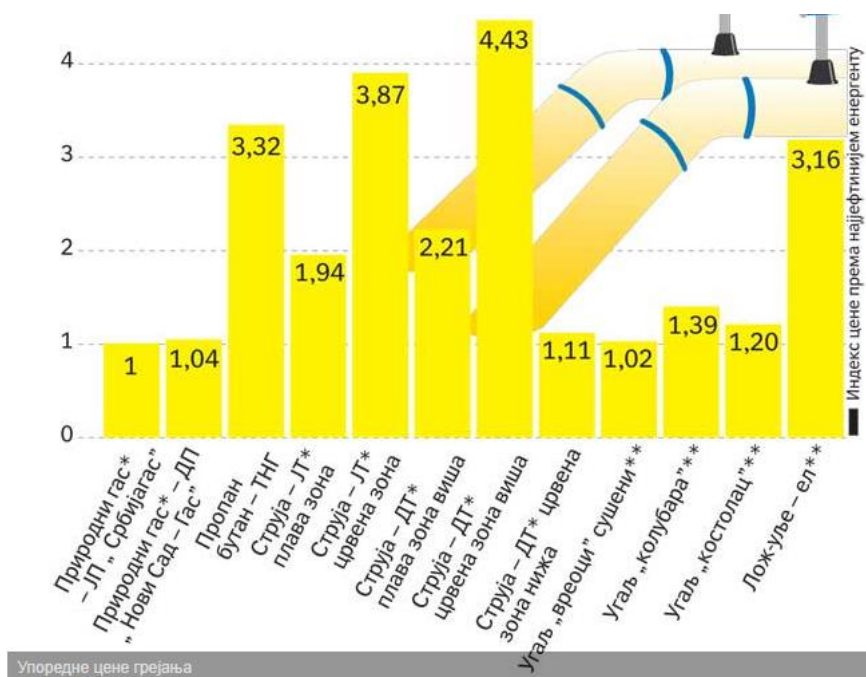
Слика 48. Промена годишње потрошње примарне енергије



Слика 49. Промена годишње емисије CO₂ од примарне енергије

Упоредна анализа цене енергената (изузев дрвене биомасе) показује да је гас прави избор за грејање, поготово ако се узме комфор који пружа (слика 50).

Ниједна земља не троши струју за грејање јер је гас у највећем броју европских земаља најјекономичнији енергент и све више потрошача га користи за грејање. Осим тога, реч је о еколошки чистом енергенту. [18]



Слика 50. Дијаграм са упоређеним индексима цена различитих енергената [18]

7. Мере за побољшање енергетске ефикасности

Иако губици енергије не могу бити сведени на нулу, они се могу смањити на разне начине коришћењем разних техника, а пажљивим или ефикасним приступом енергија може да се троши у оптималним количинама за неки процес или активност. Кад се она користи на неодговарајући начин, што значи да постоји разлика између доведене количине енергије и потребне количине енергије, то доводи до расипања а тиме и до финансијског губитка.

Неефикасно коришћење енергије махом је резултат лошег пројектовања, неадекватне радне карактеристике процеса, лошег одржавања, празног хода или рада опреме када то није потребно (укључена светла, вођење процеса на непотребно високим температурама и слично).

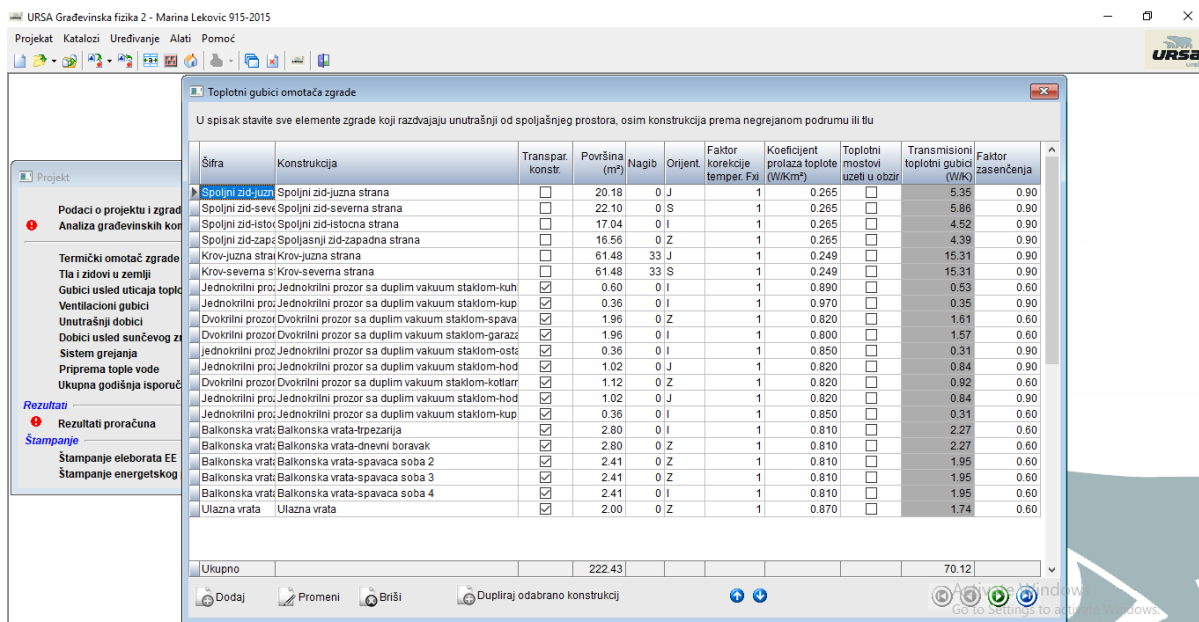
Додатне користи увођења мера за енергетску ефикасност обухватају мању енергетску зависност, смањење загађености, директно утицање на побољшање животних услова.

Зарад смањења трошкова енергије у анализираном објекту потребно је спровести мере којима би се смањили поменути трошкови али те мере захтевају велика улагања. Анализом у програму Урса-грађевинска физика 2 одређен је енергетски разред објекта „С“ и утврђено је да су највећи топлотни губици преко кровне конструкције и преко транспарентних површина тј. прозора, с тога је потребно баш на тим местима спровести мере побољшања.

Спровођење мера за унапређење енергетске ефикасности се врши за случај објекта са изолационим слојем 13 cm и централним грејањем на дрвену биомасу пошто се показало као најисплативије.

Као што је наведено раније у раду, кровна конструкција се налази изнад грејаног простора с тим што је урађена изолација на последњој плочи изнад које се налази кров. Уколико би се поставила изолација и на кров смањили би се топлотни губици и то коришћењем топлотноизолационог материјала URSA SF 34 дебљине 10cm.

Прозори су урађени од дрвета што утиче на велике вентилационе и трансмисионе губитке, при чему су коефицијенти пролаза топлоте стакла једнаки $3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ а коефицијенти пролаза топлоте рама једнаки $2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Пожељно би било да се уместо постојеће дрвене столарије постави ПВЦ оквир, 6-коморни са нижим коефицијентом пролаза топлоте $1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, и троструко, нискоемисионо стакло, 4-8-4-8-4 mm (Kg) испуњено криптоном чији је коефицијент пролаза топлоте $0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Након замене столарије и додавања изолације крову трансмисиони топлотни губици су се смањили са 200,24 W/K на 70,12 W/K и објект је добио нов енергетски разред и то „В“.



Слика 51. Термички омотач зграде (трансмисиони топлотни губици=70.12 W/K)

	Dozvoljeno	Proračun
Specifični transmisioni toplotni gubitak H'_T (W/ m²xK)	0.55	0.35
Godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,nd}$ (kWh /a)		6,763.84
Godišnja redukovana potrebna energija za grejanje, usled prekida u zagrevavanju $Q_{H,nd,red}$ (kWh /a)	12,621.75	5,489.63
Specifična godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,an}$ (kWh / m²a)	75.00	32.62
Godišnja emisija CO ₂ od godišnje potrebne energije za grejanje (kg/a)		0.00
Ukupni zapreminski gubici toplote q_v (W/m²)		0.31
Ukupna godišnja isporučena energija E_{del} (kWh/a)		11,296.98
Godišnja potrošnja primarne energije E_{prim} (kWh/a)	0.00	2,525.30
Specifična godišnja potrošnja primarne energije E'_{prim} (kWh/m²a)	0.00	15.01
Godišnja emisija CO ₂ od primarne energije (kg/a)		703.86
Energetski razred zgrade		B

Слика 52. Резултати прорачуна након спровођења мера

8. Закључак

Енергетска ефикасност значи искоришћење мање количине енергије за обављање неког посла или одређене активности. Када се говори о енергетски ефикасним зградама, онда се мисли на зграде које троше мање енергије за задовољење животних потреба, а мисли се на одржавање угодне температуре, неопходно осветљење и друге потребе за боравак и рад људи у затвореном простору. Обично штедња подразумева одрицање одређених добара или комфора, док мере енергетске ефикасности не смеју да умањују квалитет услова за рад и живот људи, односно да наруше осећај угодности.

Добро термички изолована зграда троши мање енергије за грејање зими и за хлађење лети, а боравак у њој је угоднији и квалитетнији, тј. енергетски ефикасна зграда чува енергију, а њен животни век је дужи. Такође, унапређењем енергетске ефикасности у зградама доприноси се заштити животне средине и смањењу емисије штетних гасова која настају сагоревањем енергената која се користе за загревање простора.

У раду је представљен стамбени објект на територији Крагујевца у коме живи четворочлана породица. На основу анализе постојећег објекта прикупљени су подаци на годишњем нивоу о електричној енергији која се троши у домаћинству и износи 3409 kWh, односно 25957,25 динара. Објект се греје посредством котла на чврсто гориво (дрво-храст) за које се годишње издвоји 50160 динара. Домаћинство се питком и санитарном водом снабдева из градске водоводне мреже и у анализираном периоду је потрошено 218 m³ што износи 13348,14 динара. Изолација објекта је веома добра (13cm) што оправдава добијени енергетски разред.

Вршене су симулације потрошње финалне, примарне и енергије потребне за грејање објекта у случајевима промене дебљине изолационог слоја (без изолације, 5, 10 и 13 cm) као и разлититих енергената и система грејања (дрвена биомаса, смеђи угаљ, електрична енергија, природни гас, даљинско грејање на фосилна горива и даљинско грејање когенерацијом). Најповољнији случај је зграда са централним грејањем на биомасу, која је имала најмању потрошњу примарне енергије (3551,4 kWh). Коришћењем софтвера URSA, за ову зграду добијен је енергетски разред „C“ са годишњом потребном финалном енергијом за грејање од 13417,44 kWh/a. Након примењених мера за унапређење енергетске ефикасности (добијених као препоруку од софтвера URSA), унапређена је енергетска ефикасност анализираног објекта тако да се потребна топлотна енергија редуковала на вредност од 6763,84 kWh/a и објекту је додељен енергетски разред „B“.

Прегледом анализираних случајева различитих система грејања, различитих енергената, као и применом опсежних мера за повећање енергетске ефикасности зграда (изолација, прозори), може се закључити да се може уштедети значајна количина енергије потребне за грејање на годишњем нивоу.

9. Литература

- [1] Лукић Н., Николић Н., Тимотијевић С., Тасић С.: Influence of an unheated apartment on the heating consumption of residential building considering current regulations – Case of Serbia, Faculty of Engineering, Kragujevac, 2017.
- [2] Интернет страница:
<https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=ten00124>
приступљено 15.06.2019.
- [3] Интернет страница:
<https://vtsnis.edu.rs/wpcontent/plugins/vtspredmeti/uploads/EnergetskaEfikasnostZgradarstvo.pdf>
f, приступљено 15.06.2019.
- [4] Интернет страница: <http://alupress.rs/istrazujemo/aktuelno/item/201-energetska-efikasnost-u-zgradarstvu>, приступљено 15.06.2019.
- [5] Стојиљковић М. , Тодоровић М., Основе енергетског билансирања зграде, Београд, 2017.
- [6] Тодоровић Б.: Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет, Београд 2009,
- [7] Николић Н., Литература за предавање, Даљинско грејање и снабдевање гасом, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2019.
- [8] Интернет страница <http://www.kolikokostagrejanje.rs/grejanje-na-struju.html>,
приступљено 16.06.2019.
- [9] Интернет страница:
<http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/V%20semestar/Hemija%20i%20prerada%20nafte%20i%20gasa/Predavanja/10predavanje%20X.pdf>, приступљено 16.06.2019.
- [10] Николић Д., Докторска дисертација, Енергетско-ексергетска оптимизација величина фотонапонских панела и соларних колектора код кућа нето-нулте потрошње енергије, Крагујевац, 2015.
- [11] Интернет страница:
<http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/II%20semestar/Lezista%20mineralnih%20sirovina%20i%20osnovi%20petrografije/Predavanja/Predavanja%20ugalj%20RO.pdf>, приступљено 16.06.2019.
- [12] Интернет страница: <https://sr.puntomarinero.com/brown-coal-mining-methods/>,
приступљено 16.06.2019.
- [13] Интернет страница: <https://www.eevrbas.org/korisni-saveti/grejanje/81-grejanje-biomasom>, приступљено 16.06.2019.
- [14] Интернет страница: <https://istmedia.rs/efikasniya-upotreba-drva-za-ogrev/> приступљено 18.06.2019.

- [15] Интернет страница: <https://www.ursa.rs/softver-gradevinska-fizika>, приступљено 21.06.2019.
- [16] RAISA, Metod Saje s.p., Упутство за употребу програма URSA GF 2
- [17] Министарство животне средине, рударства и просторног планирања, Правилник о енергетској ефикасности зграда, Београд, 2011.
- [18] Интернет страница: <http://www.politika.rs/sr/clanak/410319/Gas-i-ove-godine-najjeftiniji-za-grejanje>, приступљено 21.06.2019.