

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Грејање, климатизација и соларна енергија

Број индекса: 46/2013

Стефан З. Тимотијевић

**Утицај негрејаног стана на потрошњу
енергије потребне за загревање суседних
станава стамбене зграде**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доцент, Новак Николић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У овом раду кандидат треба да објасни утицај негрејаног стана (стан 8) на повећање потрошње енергије потребне за загревање станова који се налазе у његовој околини, као и промене температура у негрејаном стану. Укупно је анализирано 4 случаја: неизолована зграда (елементи конструкције не испуњавају коефицијенте пролаза топлоте које захтева правилник о енергетској ефикасности); изолован спољни зид и кров на посматраном објекту (према правилнику о енергетској ефикасности); изолован стан 8 (постављена изолација ка суседним становима, према правилнику о енергетској ефикасности); потпуно изолована зграда (објект има све елементе конструкције са вредношћу коефицијента пролаза топлоте какве захтева правилник о енергетској ефикасности зграда). Треба напоменути да сваки случај садржи три сценарија (у свим становима раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи; искључена су грејна тела у стану 8, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи; искључена су грејна тела у стану 8, електрични уређаји и осветљење и нема присуства људи (неусељен стан)).

Препоручена литература:

- [1] Агенција за енергетску ефикасност-Енергетска ефикасност у зградарству. Преузето са: <http://www.gradjevinarstvo.rs/>
- [2] EnergyPlus Simulation Software. Преузето са: <https://energyplus.net/>
- [3] Тасић С., Расподела топлотне енергије у згради, мастер рад

Крагујевац, септембар 2016.

Ментор:
Др Новак Николић, доцент

Захваљујем се свом ментору, доценту др Новаку Николићу на помоћи и бројним сугестијама које ми је пружао приликом израде овог рада.

Посебну захвалност упућујем свом колеги Зорану Кончаловићу на заједничкој сарадњи приликом анализирања овог стамбеног објекта. Поред њега захваљујем се колеги Александру, колегиници Јелени и свим осталим колегама и пријатељима који су веровали у мене и пружали ми несебичну подршку.

Највећу захвалност дугујем својим родитељима Весни и Зорану на неизмерној моралној подршци, као и љубави коју ми пружају све ове године.

Хвала свима.

Крагујевац, Србија, септембар 2016. године

Стефан Тимотијевић

Abstract

In this paper the impact of unheated rooms (apartment 8) on the energy consumption of adjacent heated apartments, as well as change of temperature in unheated apartment is analyzed. A total of 4 cases are analyzed: completely uninsulated building (none of the building construction does not meet the Regulations on energy efficiency (case 1)); insulated exterior wall and roof (according to Regulations on energy efficiency (case 2)); insulated apartment 8 (insulated constructions toward the adjacent apartments 2, 7, 9 and 14 according to the Regulations on energy efficiency (case 3)); completely insulated building (heat transfer coefficient for each construction meets the Regulations on energy efficiency (case 4)). It should be noted that each case includes three scenarios: in all apartments the heaters, electrical appliances and lighting are turned on and people are present (scenario 1); in apartment 8 heaters are turned off, electrical appliances and lighting are turned on and people are present (scenario 2); in apartment 8 heaters, electrical appliances and lighting are turned off and people are not present (scenario 3). According to the simulation results it can be concluded that the lowest percentage increase of energy consumption is for case 3. On the other side the highest percentage increase of energy consumption is for case 4. The lowest air temperature in the living room and bathroom are registered for case 3 (scenario 3), while the highest air temperature in the living room is for case 4 (scenario 2), and in the bathroom for case 2 (scenario 2).

Keywords: energy consumption, heat transfer coefficient, residential building.

Резиме

У овом раду анализиран је утицај негрејаних просторија (стан 8) на потрошњу енергије загреваних станова који се налазе у његовој околини, као и промена температура у негрејаном стану. Укупно је анализирано 4 случаја: потпуно неизолована зграда (ниједна конструкција не испуњава правилник о енергетској ефикасности (Случај 1)); изолован спољни зид и кров (према правилнику о енергетској ефикасности (Случај 2)); изолован стан 8 (постављена изолација ка суседним становима 2, 7, 9 и 14 према правилнику о енергетској ефикасности (Случај 3)); потпуно изолована зграда (коэффициент пролаза топлоте за сваку конструкцију испуњава правилник о енергетској ефикасности (Случај 4)). Треба напоменути да се сваки случај састоји од три сценарија: у свим становима раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи (сценарио 1); у стану 8 не раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни су људи (сценарио 2); у стану 8 не раде грејна тела, искључени су електрични уређаји и осветљење и нема присуства људи (сценарио 3). На основу резултата симулација може се закључити да су најмања процентуална повећања потрошње енергије за случај 3. С друге стране највећа процентуална повећања потрошње енергије су за случај 4. Најниже температуре ваздуха у дневној соби и купатилу су регистроване за случај 3 (сценарио 3), док је највиша температура за дневну собу у случају 4 (сценарио 2), а у купатилу за случај 2 (сценарио 2).

Кључне речи: потрошња енергије, коефицијент пролаза топлоте, стамбена зграда.

Садржај

1. Увод	6
2. Уштеда енергије у стамбеним објектима	7
3. Опис постојећег објекта	9
3.1. Опис стамбеног објекта	9
3.2. Конструкција стамбеног објекта	12
4. Опис софтвера за симулирање	17
4.1. Google SketchUp	17
4.2. EnergyPlus	18
5. Анализа резултата симулација	23
5.1. Случај 1 - Неизолована зграда	24
5.1.1. Сценарио 1	24
5.1.2. Сценарио 2	26
5.1.3. Сценарио 3	28
5.2. Случај 2 - Изолован спољни зид и кров на посматраном објекту	30
5.2.1. Сценарио 1	31
5.2.2. Сценарио 2	32
5.2.3. Сценарио 3	35
5.3. Случај 3 - Изолован стан 8 (изолован према суседним становима 2, 7, 9 и 14) ...	37
5.3.1. Сценарио 1	37
5.3.2. Сценарио 2	39
5.3.3. Сценарио 3	41
5.4. Случај 4 - Потпуно изолована зграда	43
5.4.1. Сценарио 1	43
5.4.2. Сценарио 2	45
5.4.3. Сценарио 3	47
6. Закључак	50
7. Литература	51

1. Увод

Човекова неизмерна тежња ка повећању животног стандарда, комфорнијим и лагоднијим животом траје од његовог настанка па до дан данас. Један од главних елемената угодности је грејање које је од великог значаја по човеково здравље. Много векова је прошло док је човек стекао искуство да на погодан начин дође то топлоте. До напретка долази убрзаним развојем човечанства у 20. веку и коришћењем фосилних горива. Успех је био очигледан, док се на другим пољима као што су неконтролисана експлоатација руда, изградња неизолованих објеката и загађење околине није створио велики проблем, којим се поставља питање одрживости планете у њеној будућности. Неизоловани објекти, од којих је већина саграђена у прошлом веку, не испуњавају правилник о енергетској ефикасности, тачније коефицијенти пролаза топлоте њихових конструкција су изнад дозвољених вредности, чиме се губи велика количина топлотне енергије. Тема овог рада јесте праћење повећања потрошње енергије потребне за загревање станова и температура у просторијама негрејаног стана постојеће зграде, која има 24 стана распоређених на 4 етаже. У циљу унапређена енергетске ефикасности зграда, у овом раду анализиран је утицај негрејаних просторија (стан 8) на потрошњу енергије загреваних станова који се налазе у његовој околини, као и промена температура у негрејаном стану. Укупно је анализирано 4 случаја. Сваки случај је имао различите промене грађевинских конструкција, почев од потпуно неизоловане зграде до потпуно изоловане у којој све конструкције испуњавају правилник о енергетској ефикасности. Треба напоменути да сваки случај садржи три сценарија (у свим становима раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи; искључена су грејна тела у стану 8, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи; искључена су грејна тела у стану 8, електрични уређаји и осветљење и нема присуства људи (неусељен стан)).

2. Уштеда енергије у стамбеним објектима

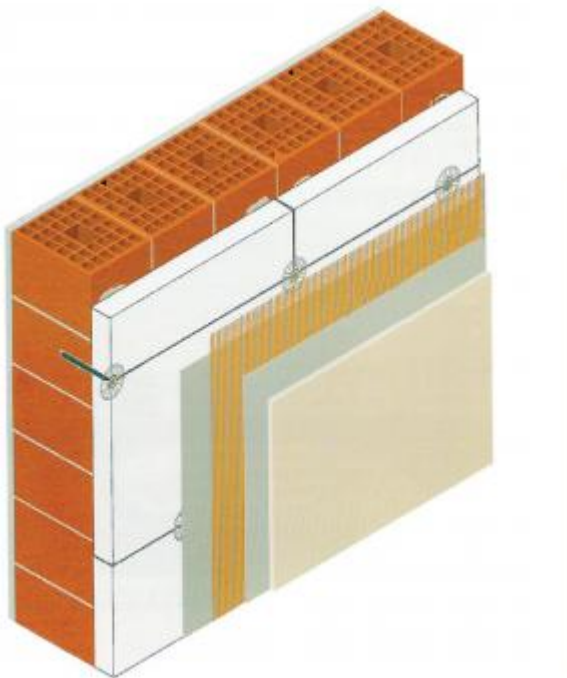
Постоји велики потенцијал за уштеду енергије и широк спектар различитих мера енергетске ефикасности у стамбеним објектима. Енергетска ефикасност се најкраће може описати као коришћење мање енергије уз пружање истих услуга, без нарушавања комфора, животног стандарда. Најефикасније решење за штедњу енергије јесте уградња савремених и доступних термоизолационих материјала (слика 1). Изолован зид ће преко зиме спречавати губитак топлоте при чему је остварена уштеда енергије извора топлоте којим се кућа греје. Лети тај исти зид задржава топлоту са спољашње стране и тако штеди струју коју користи клима уређај јер се ређе укључује.

Мере које се примењују за побољшање енергетске ефикасности у зградама могу се поделити у три основне групе:

Мере побољшања карактеристика саме зграде кроз смањење потреба за грејањем у зимском и хлађења у летњем периоду (термичка изолованост и заптивеност, заштита од Сунчевог зрачења лети);

Мере унапређења термотехничких инсталација кроз примену опреме и уређаја са високим степеном корисности, коришћење отпадне топлоте и обновљивих извора енергије (боље искоришћење примарне енергије);

Мере оптимизације експлоатације техничких система кроз увођење аутоматског управљања рада инсталација грејања, хлађења, вентилације и вештачког осветљења (термички параметри средине се одржавају на жељеном нивоу само у периоду коришћења просторија у згради).



Слика 1. Термоизолациони материјали [2]

Према подацима Агенције за енергетску ефикасност, највећи потрошачи енергије су зграде у којима се утроши скоро половина укупне произведене енергије у Србији - од тога две трећине у стамбеним објектима, а остатак у пословним и индустријским зградама. Потрошњу енергије у зградама потребно је минимизирати на начин тако да не дође до нарушавања услова комфора, што значи да је неопходно, током целе године, одржавати термичке параметре унутрашње средине, квалитет ваздуха, потребан ниво осветљености, довољну количину топле санитарне воде. Технички системи у згради, који обезбеђују услове комфора јесу потрошачи енергије. Применом различитих мера могуће је побољшати енергетску ефикасност, при чему треба водити рачуна о финансијским ефектима примењених мера.

Удео зградарства у укупној потрошњи финалне енергије износи 48 %, а 65 % од тога одлази на стамбени сектор. Просечна годишња потрошња топлотне енергије у ЕУ и Србији износи:

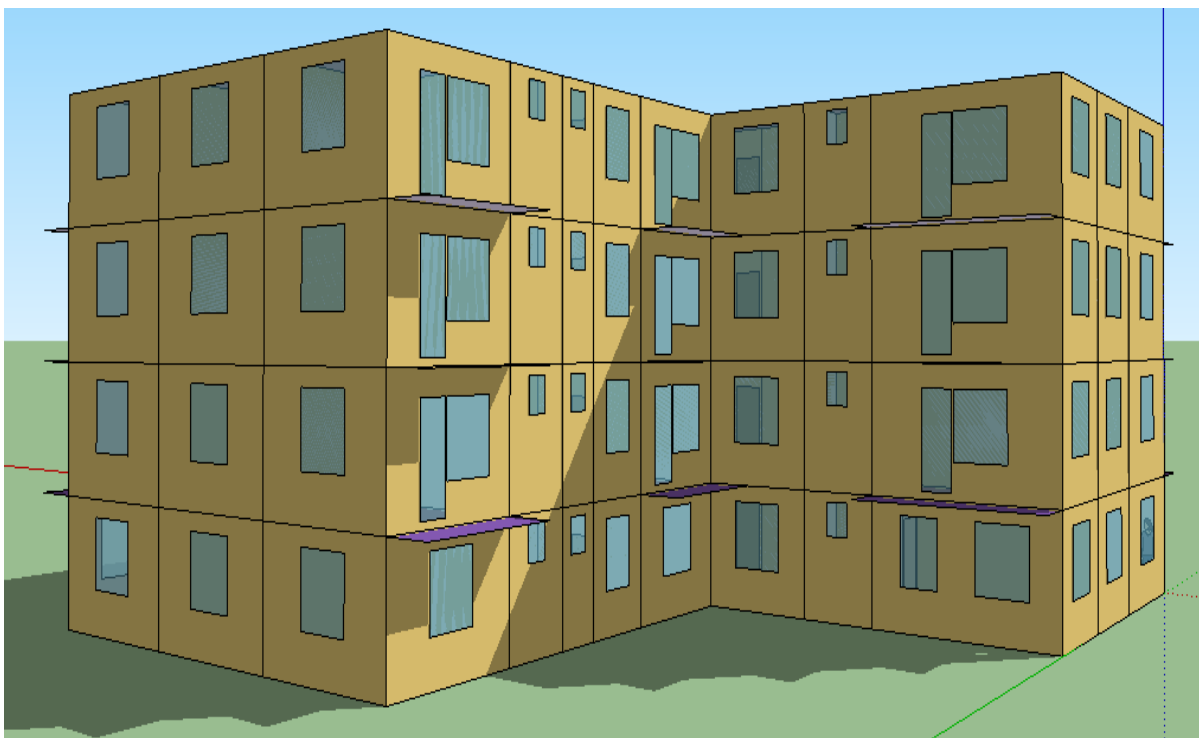
ЕУ:	138	kWh/m ² /год
Данска:	96	kWh/m ² /год- ДГ
	131/138	kWh/m ² /год- грејање лож уљем
Шведска:	120	kWh/m ² /год
	60-80	kWh/m ² /год- најјновији захтеви
Пољска	90-120	kWh/m ² /год- зграде изграђене по новим прописима
Србија	171	kWh/m ² /год- ДГ и 55 kWh/m ² /год - ПТВ – стамбене зграде
	194	kWh/m ² /год- ДГ и 12 kWh/m ² /год - ПТВ – нестамбене зграде
	228	kWh/m ² /год - укупна средња специфична потрошња за ДГ (даљ. греј.) и ПТВ (припрема топле воде)
	130	kWh/m ² /год- грејање електричном енергијом
	230	kWh/m ² /год- грејање природним гасом

[1]

3. Опис постојећег објекта

3.1. Опис стамбеног објекта

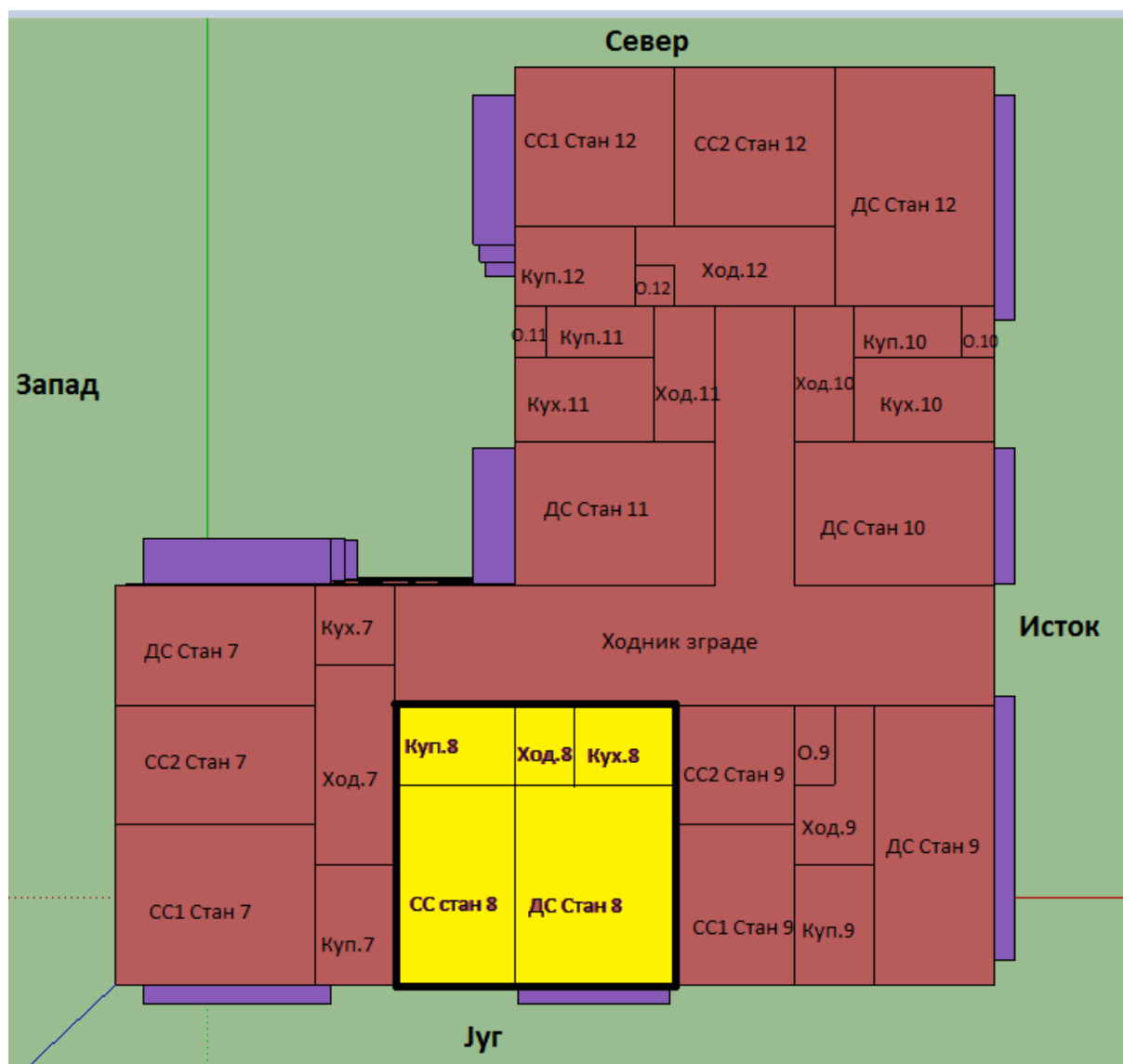
Предмет проучавања је стамбени објекат (слика 2), у коме се налазе 24 стана распоређена на 4 нивоа. Свака етажа садржи 6 станова који су по вертикали међусобно идентичног распореда и површине. Укупна бруто површина објекта је 1504 m^2 , а нето површина која се загрева износи $1247,68 \text{ m}^2$. Чиста висина стамбених просторија је 265 см.



Слика 2. Анализирани стамбени објекат

Структура зграде је рађена као тешки тип градње са носећом хоризонталном и вертикалном армиранобетонском конструкцијом. Све собе у згради имају природно осветљење и вентилацију са прозорима [3].

Објект на једној етажи (слика 3) садржи 6 стамбених јединица. Етаже (од приземља до 3. спрата), не разликују се у распореду унутрашњег стамбеног простора. Од укупне површине зграде, за прорачун енергије потребне за загревање, биће изузете површине ходника зграде и површине остава пошто оне представљају негрејани простор. Површина негрејаног простора на једној етажи износи $64,08 \text{ m}^2$. Укупна површина приземља је 376 m^2 . Корисна грејна површина приземља износи $311,9 \text{ m}^2$. Оставе и ходници зграде представљају негрејани простор.

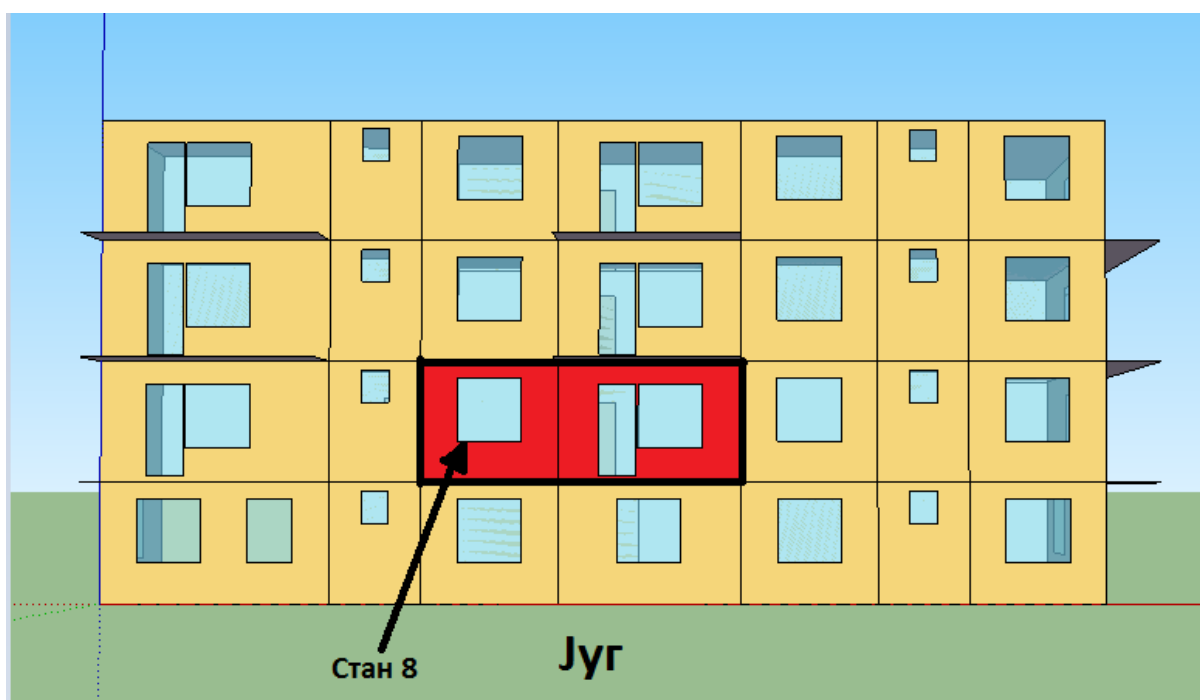


Слика 3. Распоред просторија на једној етажи

Ради лакшег разумевања слике 3 у табели 1 приказано је пуно значење скраћеница које су коришћене на поменутој слици. Љубичасти елементи на сликама представљају терасе. Посебан акценат у даљем делу рада биће стављен на стан 8 (означен жутом бојом). Поменути стан има 49 m^2 и један спољашњи зид окренут ка јужној страни (слика 4).

Табела 1. Ознаке просторија

Скраћеница са слике	Значење скраћенице
ДС	Дневна соба
СС	Спаваћа соба
СС 1	Спаваћа соба 1
СС 2	Спаваћа соба 2
Куп.	Купатило
Ход.	Ходник
Кух.	Кухиња
О.	Остава



Слика 4. Поглед на стан 8 са јужне стране

Како је распоред станова на приземљу стамбеног објекта исти као и на спратовима, у табели 2 је дата површина сваког стана са површинама просторија које припадају тим становима.

Табела 2. Површина просторија у становима

Број стана	Просторија	Површина просторије [m ²]	Површина стана [m ²]
1 (п.) 7 (I) 13 (II) 19 (III)	Дневна соба	20	70
	Спаваћа соба 1	20	
	Спаваћа соба 2	15	
	Купатило	6	
	Ходник	5	
	Кухиња	4	
2 (п.) 8 (I) 14 (II) 20 (III)	Дневна соба	20	49
	Спаваћа соба	15	
	Купатило	6	
	Ходник	3	
	Кухиња	5	
3 (п.) 9 (I) 15 (II) 21 (III)	Дневна соба	21	56
	Спаваћа соба 1	12	
	Спаваћа соба 2	9	
	Купатило	6	
	Ходник	6	
4 (п.) 10 (I) 16 (II) 22 (III)	Дневна соба	18	35
	Купатило	3,5	
	Ходник	5,1	
	Кухиња	7,35	
	Остава	1,05	
5 (п.) 11 (I) 17 (II) 23 (III)	Дневна соба	18	35
	Купатило	3,5	
	Ходник	5,1	
	Кухиња	7,35	
	Остава	1,05	
6 (п.) 12 (I) 18 (II) 24 (III)	Дневна соба	24	72
	Спаваћа соба 1	16	
	Спаваћа соба 2	16	
	Купатило	6	
	Ходник	9	
п., I, II, III	Остава	1	59
	Ходник зграде	59	

3.2. Конструкција стамбеног објекта

Основне карактеристике грађевинског материјала као што су (густина, специфична топлота, дебљина и коефицијент провођења топлоте), од кога је изграђен стамбени објекат наведене су табели 3. Пошто већина грађевинских конструкција не задовољава вредности коефицијента пролаза топлоте за постојећу зграду према правилнику о енергетској ефикасности зграда (табела 4), у табели 5 је дат списак термоизолационог и хидроизолационог грађевинског материјала додатог на слојеве конструкције како би вредности коефицијента пролаза топлоте за потребе прорачуна биле у дозвољеним границама.

Табела 3. Грађевински материјал постојећег објекта

Материјал	Дебљина δ [m]	Густина ρ [kg/m ³]	Специфична топлота c [J/kgK]	Коефицијент провођења топлоте λ [W/mK]
Кречни малтер (1)	0,025	1600	1050	0,81
Цементна кошуљица (2)	0,04	2100	1050	1,4
Памук (3)	0,05	20	840	0,04
Керамичке плочице (4)	0,015	1700	920	0,87
Паркет (5)	0,02	700	1670	0,21
Пуна опека (6)	0,12	1600	920	0,64
Армирани бетон (7)	0,04	2400	960	2,04
Шљунак (8)	0,05	1700	840	0,81
Полиестирен (9)	0,15	20	1260	0,041
Монта (10)	0,16	1200	920	0,6
Камен (11)	0,25	2000	920	1,16
Хидроизолација (12)	0,002	1100	1460	0,19
Шупљи блок (13)	0,25	1400	920	0,61
Бетон за поравнавање (14)	0,05	1200	920	0,52
Парна брана (15)	0,002	900	960	0,19
Боровина (16)	0,035	550	2090	0,14

Табела 4. Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте, $U_{\max}$ [W/(m²K)], за елементе термичког омотача зграде [4]

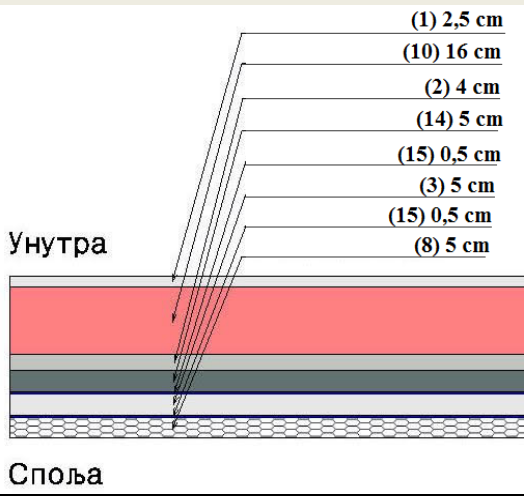
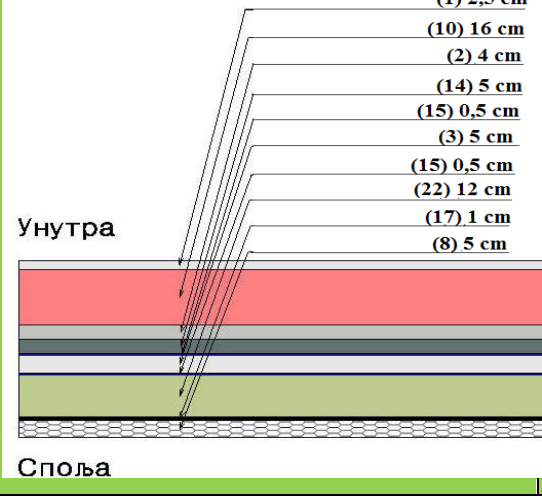
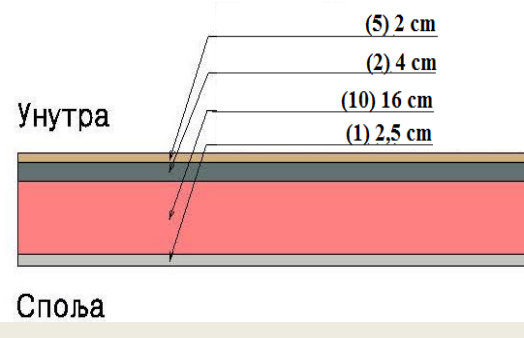
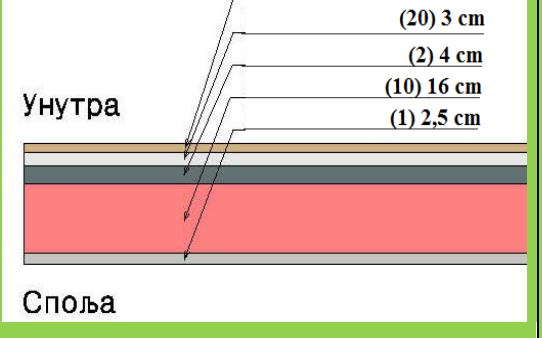
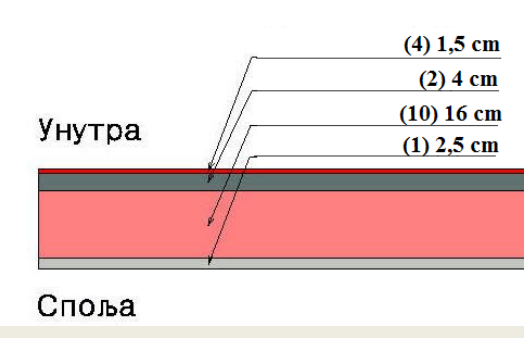
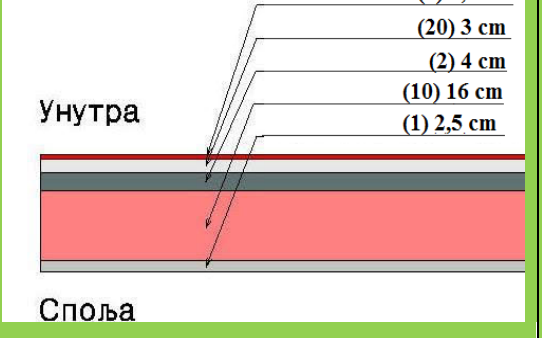
Опис елемента/система	Постојећа зграда $U_{\max}$ [W/(m ² K)]	Нова зграда $U_{\max}$ [W/(m ² K)]
Спољни зид	0,4	0,3
Зидови и међуспратне конструкције између грејних просторија различитих јединица, различитих корисника	0,9	0,9
Раван кров изнад грејаног простора	0,2	0,15
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	1,5	1,5
Спољна врата	1,6	1,6
Зид према негрејаним просторима	0,55	0,4
Под на тлу	0,4	0,3

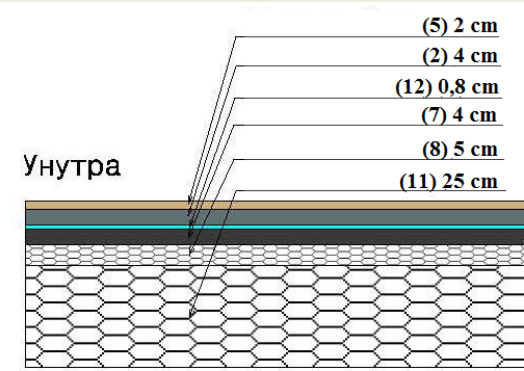
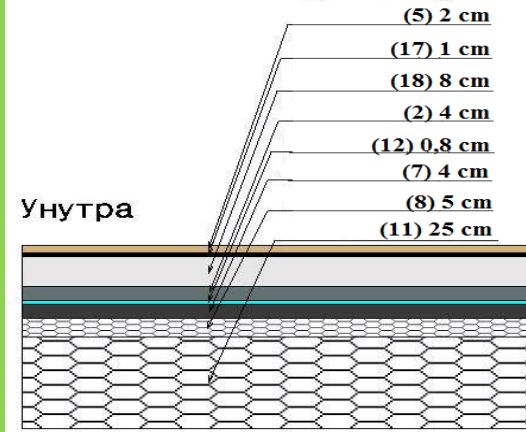
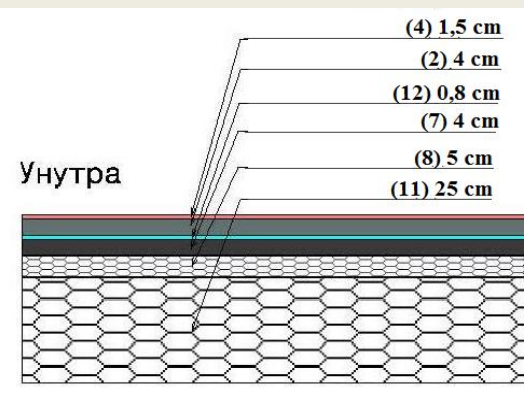
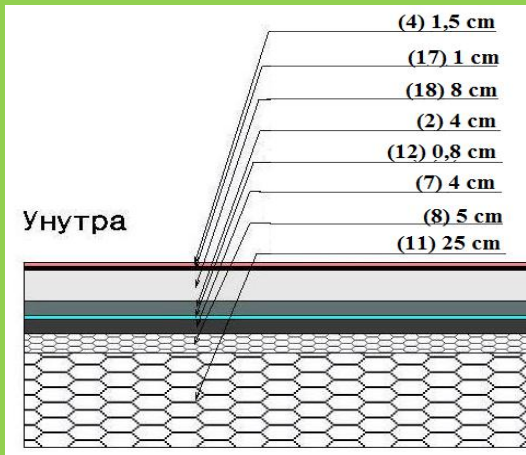
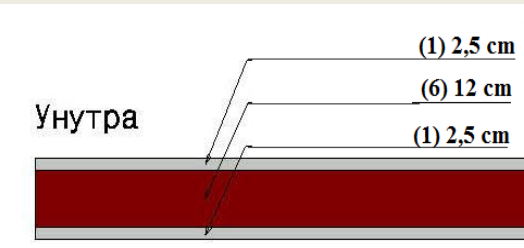
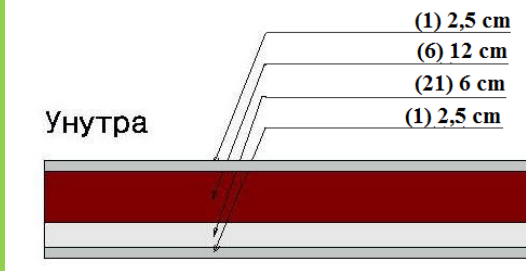
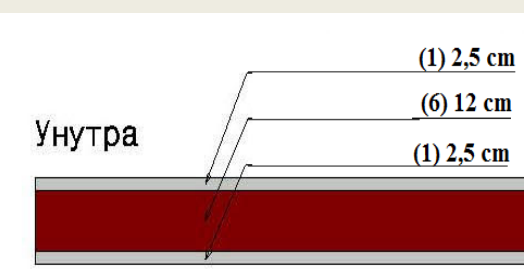
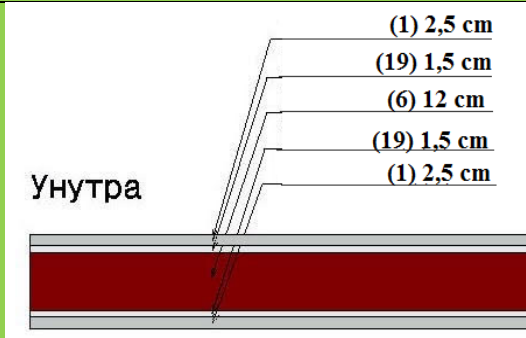
Табела 5. Додатак грађевинског материјала постојећем објекту

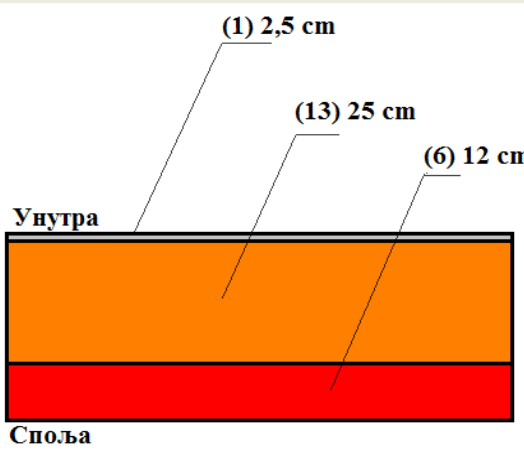
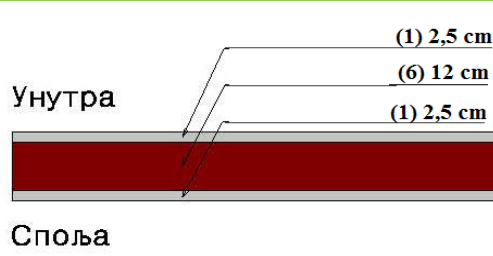
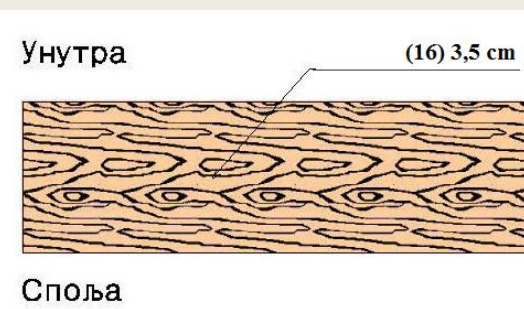
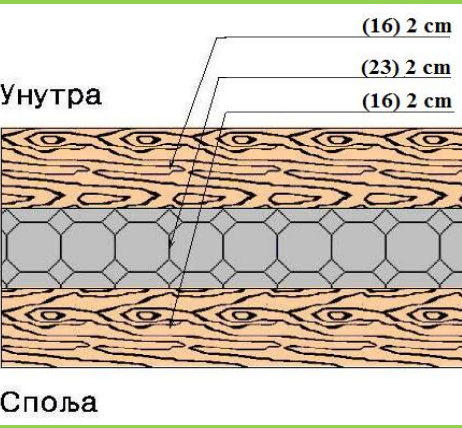
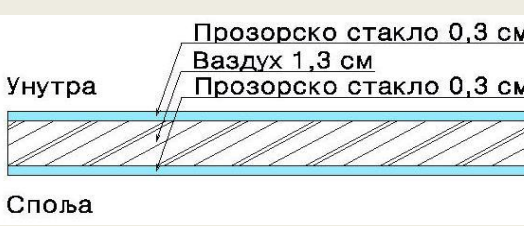
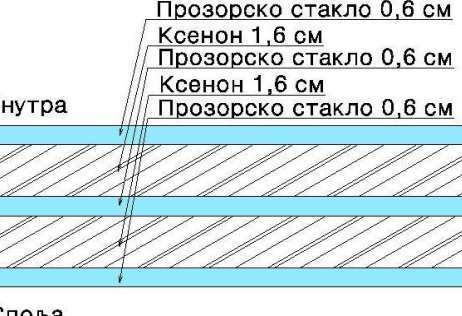
Материјал	Дебљина δ [m]	Густина ρ [kg/m ³]	Специфична топлота c [J/kgK]	Коефицијент провођења топлоте λ [W/mK]
Битумен (17)	0,01	1100	1050	0,17
Полиестирен (18)	0,08	30	1260	0,041
Полиестирен (19)	0,015	30	1260	0,041
Полиестирен (20)	0,03	30	1260	0,041
Полиестирен (21)	0,06	30	1260	0,041
Камена вуна (22)	0,12	180	840	0,039
Целулозна влакна (23)	0,02	85	1800	0,04

Састав слојева примењених делова грађевинских конструкција дат је у табели 6, такође у истој табели су дате упоредне вредности коефицијента пролаза топлоте за конструкције потпуно неизоловане зграде и вредности коефицијента пролаза топлоте за потпуно изоловану зграду, која задовољава правилник о енергетској ефикасности зграда.

Табела 6. Грађевинске конструкције потпуно изоловане (према правилнику о енергетској ефикасности) и потпуно неизоловане зграде

Елементи постојећег објекта (потпуно неизолована зграда)		Елементи објекта са додатком изолације (потпуно изолована зграда)	
Грађевинска конструкција	Слојеви конструкције	Слојеви конструкције	Грађевинска конструкција
1. Кровна конструкција изнад грејаног простора Коефицијент пролаза топлоте U: 0,512[W/m ² K]			1. Кровна конструкција изнад грејаног простора Коефицијент пролаза топлоте U: 0,196[W/m ² K]
2. Међуспратна конструкција између грејаних простора (паркет) Коефицијент пролаза топлоте U: 1,767[W/m ² K]			2. Међуспратна конструкција између грејаних простора (паркет) Коефицијент пролаза топлоте U: 0,713[W/m ² K]
3. Међуспратна конструкција између грејаних простора (плочице) Коефицијент пролаза топлоте U: 2,058[W/m ² K]			3. Међуспратна конструкција између грејаних простора (плочице) Коефицијент пролаза топлоте U: 0,755[W/m ² K]

4. Под на земљи паркет Коефицијент пролаза топлоте U: 1,464[W/m²K]			4. Под на земљи паркет Коефицијент пролаза топлоте U: 0,368[W/m²K]
5. Под на земљи плочице Коефицијент пролаза топлоте U: 1,677[W/m²K]			5. Под на земљи плочице Коефицијент пролаза топлоте U: 0,379[W/m²K]
6. Зид према негрејаном простору Коефицијент пролаза топлоте U: 2,174[W/m²K]			6. Зид према негрејаном простору Коефицијент пролаза топлоте U: 0,509[W/m²K]
7. Зид према различитим корисницима Коефицијент пролаза топлоте U: 2,174[W/m²K]			7. Зид према различитим корисницима Коефицијент пролаза топлоте U: 0,812[W/m²K]

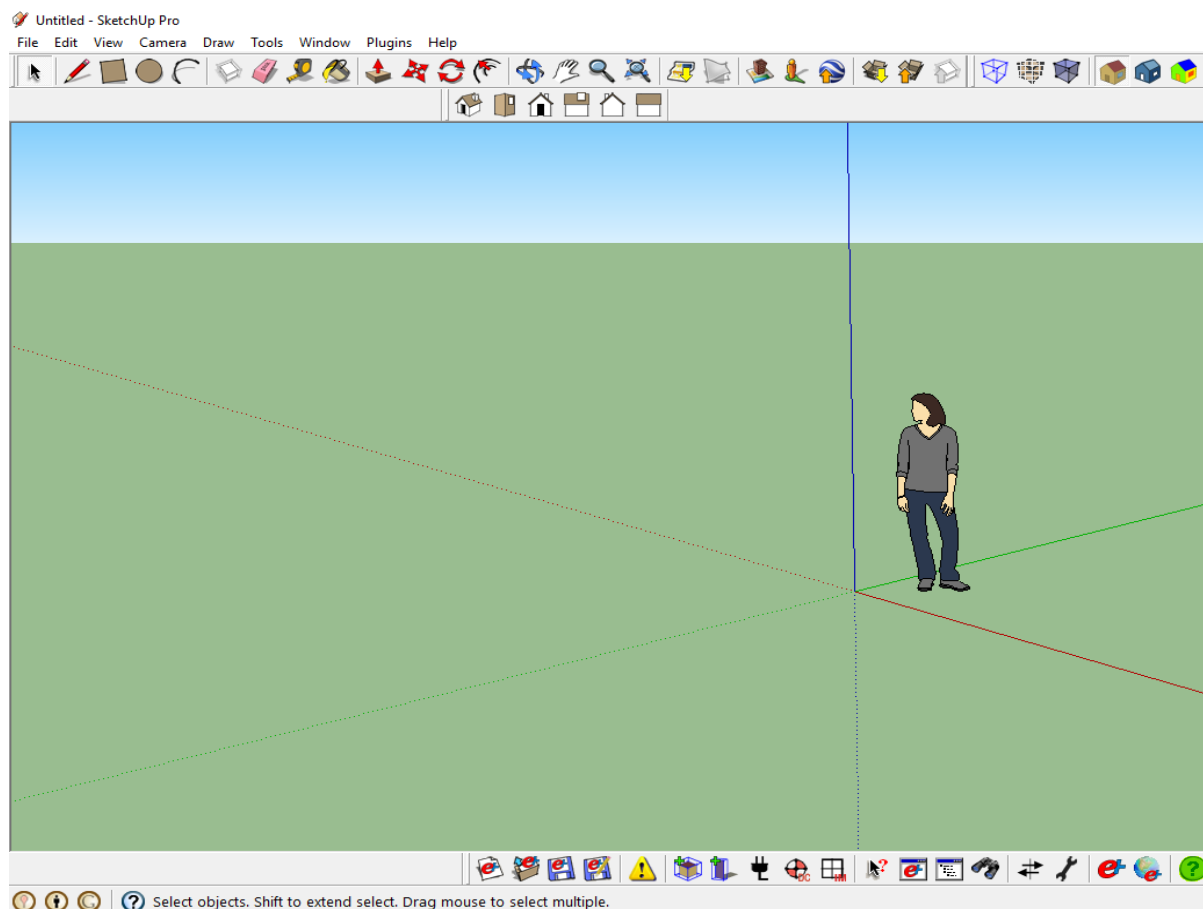
8. Спољашњи зид Коефицијент пролаза топлоте U: 1,286[W/m ² K]			8. Спољашњи зид Коефицијент пролаза топлоте U: 0,216[W/m ² K]
9. Унутраашњи зид Коефицијент пролаза топлоте U: 2,174[W/m ² K]			9. Унутраашњи зид Коефицијент пролаза топлоте U: 2,174[W/m ² K]
10. Сопљна врата Коефицијент пролаза топлоте U: 4[W/m ² K]			10. Спољна врата Коефицијент пролаза топлоте U: 1,273[W/m ² K]
11. Прозори и балконска врата Коефицијент пролаза топлоте U: 2,72[W/m ² K]			11. Прозори и балконска врата Коефицијент пролаза топлоте U: 1,499[W/m ² K]

4.Опис софтвера за симулирање

4.1. Google SketchUp

У софтверу Google SketchUp 3D извршено је моделирање посматраног објекта, употребом поменутог програма кориснику је на располагању могућност приказивања мноштва детаља, једноставан је за употребу, брз и прецизан.

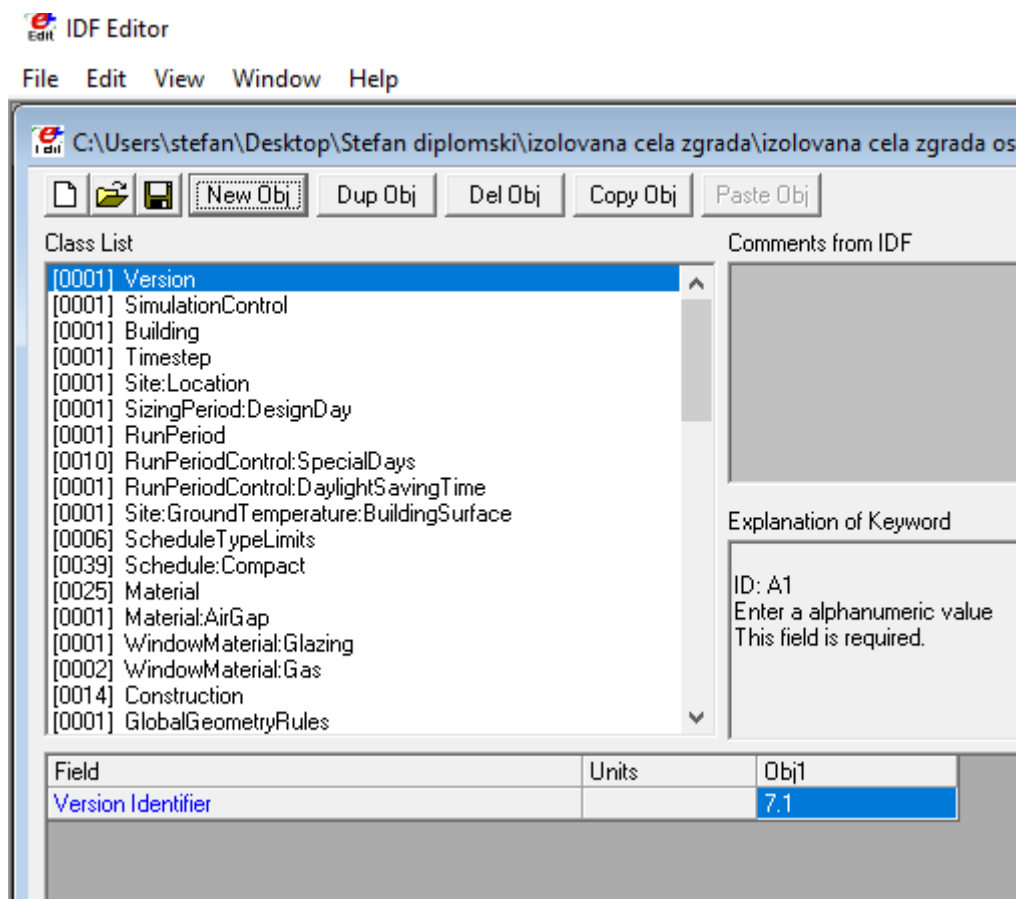
Google SketchUp је компјутерски програм за 3D моделирање широког спектра апликација за цртање које се користе у архитектури, цивилном и машинском инжењерству, за дизајнирање ентеријера, филмова и видео игрица који је доступан у бесплатној верзији. SketchUp (слика 5) је врло једноставан софтвер за коришћење, поседује могућност повезивања са софтверима као што је EnergyPlus, Google Earth и другима, помоћу посебног софтверског додатка. Додаци, у комбинацији са постојећим алаткама за цртање пружају корисницима брзо и ефикасно креирање геометрије. Везу између Google SketchUp и EnergyPlus-а омогућава софтверски додаток (Plug-in) OpenStudio. Помоћу овог додатка је обезбеђено да се један исти фајл може отворити са оба наведена софтвера и сачуване измене у једном од наведених софтвера аутоматски ажурирају у другом [5].



Слика 5. Радно окружење Google SketchUp-а

4.2. EnergyPlus

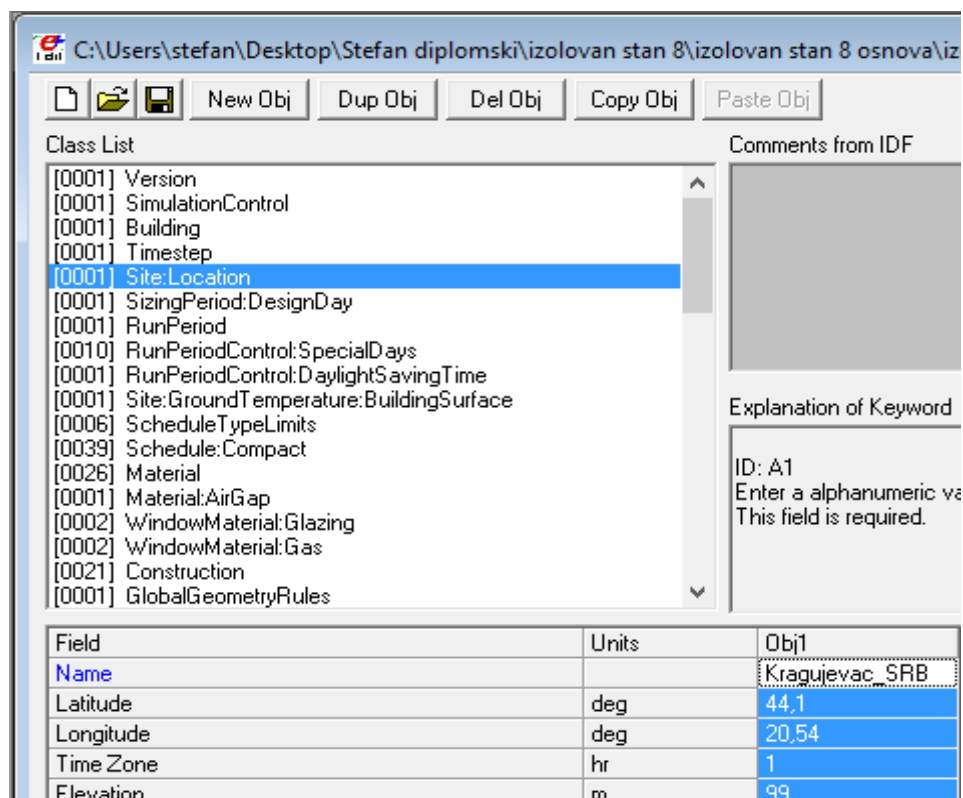
EnergyPlus (слика 6) је програм за симулацију и анализу енергетских и термичких оптерећења грађевинских објеката. На основу описа објеката, физичком изгледу зграде, повезаних механичких и других система EnergyPlus прорачунава енергију потребну за грејање и хлађење објеката у оквиру предвиђених оптималних вредности температура, као и потрошњу енергије примарног постројења са опремом. EnergyPlus је програм који oponaша реалне услове „микроклиме” и енергетских потреба објеката [6].



Слика 6. Окружење EnergyPlus-a

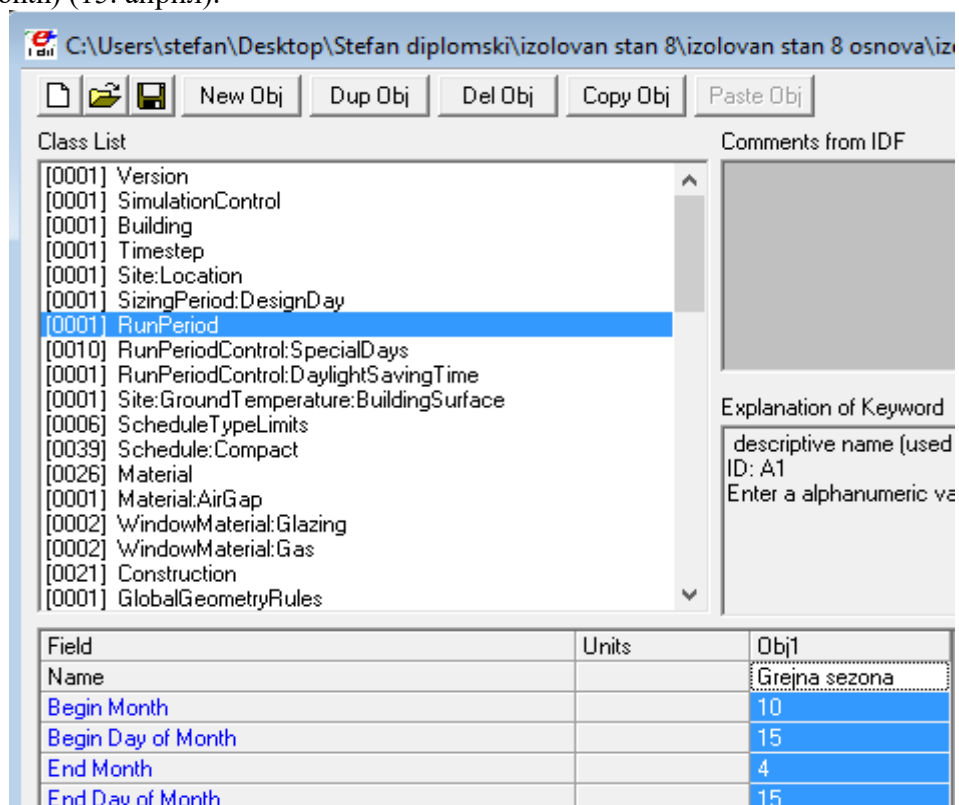
EnergyPlus нуди могућност уношења временских података за одређену локацију на којој се налази објекат како би вредности добијене након симулације биле што прецизније. У тексту који следи биће објашњено уношење података у горе наведеном програму, а пошто програм садржи велики број опција биће наведене само оне главне.

Прва картица коју треба попунити је "Site:Location" у којој су садржане подкартице са именом места, географском ширином и дужином, временска зона и надморска висина (слика 7).



Слика 7. Локација

Наредна картица је "RunPeriod" у којој се одређује трајање грејне сезоне (слика 8). Овде је потребно унети, почетни месец грејне сезоне (Begin Month) и дан (Begin Day of Month) (15. октобар), затим месец и дан када се завршава грејна сезона (End Month, End Day of Month) (15. април).



Слика 8. Грејна сезона

Картица "Material" у којој су дефинисани сви материјали коришћени за изградњу објекта садржи назив грађевинског материјала, као и његове карактеристике (слика 9), попут храпавости (Roughness), дебљине (Thickness), проводљивости топлоте (Conductivity), густине (Density) и специфичне топлоте (Specific Heat).

[0006] ScheduleTypeLimits		Explanation of Keyword	
[0039] Schedule:Compact		Regular materials described with full set of the	
[0026] Material		ID: N5	
[0001] Material:AirGap		Default: 0	
[0002] WindowMaterial:Glazing		Range: 0 < X <= 0,99999	
[0002] WindowMaterial:Gas			
[0021] Construction			
[0001] GlobalGeometryRules			

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Krecni malter	Cementna kosuljica
Roughness		MediumSmooth	Smooth
Thickness	m	0,025	0,04
Conductivity	W/m-K	0,81	1,4
Density	kg/m3	1600	2100
Specific Heat	J/kg-K	1050	1050

Слика 9. Материјали

Картица која је повезана са претходном назива се "Construction" и у њој се налазе сви конструкцијски елементи (зидови, кров, међуспратна конструкција, под, врата и прозори) од којих је сачињен објекат као и редослед свих слојева грађевинског материјала који чине конструкцијске елементе. Важно је напоменути да је редослед слојева грађевинског материјала конструкцијских елемената такав да се креће од спољашњости (Outside Layer) ка унутрашњости конструкције (слика 10).

[0002] WindowMaterial:Glazing		Explanation of Keyword	
[0002] WindowMaterial:Gas		Start with outside layer and work your way to	
[0021] Construction		Up to 10 layers total, 8 for windows	
[0001] GlobalGeometryRules		Enter the material name for each layer	
[0136] Zone		ID: A8	
[1020] BuildingSurface:Detailed		Select from list of objects	
[0408] FenestrationSurface:Detailed			
[0024] Shading:Building:Detailed			
[0120] People			

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Pod na zemlji - Park	Plafonska konstrukcija
Outside Layer		kamen	Parquet
Layer 2		Stunak	Cementna kosuljica
Layer 3		Cementna kosuljica	Monta
Layer 4		hidro izolacija	Krecni malter
Layer 5		Cementna kosuljica	
Layer 6		Parquet	
Layer 7			

Слика 10. Грађевинске конструкције

Наредна картица "People" има утицај на топлотне добитке унутар одређене просторије, јер се њоме дефинише број људи који се налази у просторији као и количина топлоте коју ти људи одају у зависности од њихове активности (Activity Level Schedule Name). Разликује се количина топлоте коју човек одаје седењем, ходањем или спавањем, (слика 11).

[0024] Shading:Building:Detailed		ID: N4 No default value available Range: 0 ≤ X ≤ 1	
[0120] People			
[0120] Lights			
[0116] ElectricEquipment			

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		DS stan 1	DS stan 2
Zone or ZoneList Name		DS stan1	DS stan 2
Number of People Schedule Name		Ljudi u DS 1	Ljudi u DS 2
Number of People Calculation Method		People	People
Number of People		4	4

Слика 11. Људи у просторијама

Следећа картица "Lights" такође представља добитке топлоте у просторијама који се односе на осветљење (слика 12). Потребно је попунити следећа поља: назив осветљења просторије (Name) затим назив зоне у којој се налази осветљење (Zone or ZoneList Name), распоред рада осветљења (Schedule Name) који је дефинисан у картици "Schedule:Compact", начин на који се врши прорачун (Design Level Calculation Method) одабран из наредна три поља, у овом случају снага сијалица [W] (Lighting Level).

[0120] People		ID: N2 No default value available Range: 0 ≤ X but no maximum	
[0120] Lights			
[0116] ElectricEquipment			

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		DS stan 1 lights	DS stan 2 lights
Zone or ZoneList Name		DS stan1	DS stan 2
Schedule Name		Svetlo u DS	Svetlo u DS 2
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	50	50
Watts per Zone Floor Area	W/m2		

Слика 12. Осветљење у просторијама

Још једна картица којом се утиче на топлотне добитке јесте "ElectricEquipment" (слика 13). У овој картици су дефинисани електрични уређаји и њихова снага, који се налазе у одређеној просторији а њено попуњавање се врши аналогно претходној.

[0120] People		ID: N2 No default value available Range: 0 ≤ X but no maximum	
[0120] Lights			
[0116] ElectricEquipment			
[0132] ZoneInfiltration:DesignFlowRate			

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		el.op.DS stan 1	el.op.DS stan 2
Zone or ZoneList Name		DS stan1	DS stan 2
Schedule Name		El.oprema u DS	El.oprema u DS
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	125	125

Слика 13. Електрична опрема у просторијама

Најважнија опција у овом програму без обзира шта желимо да симулирамо је "Schedule Compact". Ова опција садржи распореде у виду времена рада електричних и уређаја за осветљење, температуре у зависности од просторије. На слици 14 се може видети време боравка људи у просторијама, тј. боравак људи у спаваћој соби и дневној соби ("Ljudi u SS" i "Ljudi u DS") па је тако временски период људи дефинисан у зависности од доба дана за све дане грејне сезоне. Бројеви који се могу видети у

пољима 4, 6 и 8 (Filed 4 , 6 , 8), а реда величина су од 0 до 1 представљају удео боравака људи у просторији. То значи да уколико се сви људи задати програмом, налазе у одређеној просторији унећемо број 1. Уколико је фреквенција или број људи по просторијама мањи од укупно унетог броја за одређену просторију, та вредност се смањује до 0, што значи да се у просторији не налазе људи.

[0006] ScheduleTypeLimits			
[0039] Schedule:Compact			
[0026] Material			
[0001] Material:AirGap			
[0002] WindowMaterial:Glazing			
[0002] WindowMaterial:Gas			
[0021] Construction			
[0001] GlobalGeometryRules			

Irregular object. Does not follow the usual definition. Through: Date
For: Applicable days (ref: Schedule:Week:Con
Interpolate: Yes/No (ref: Schedule:Day:Interp
Until: <Time> (ref: Schedule:Day:Interval)
<numeric value>
words "Through","For","Interpolate","Until" m

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Ljudi u SS	Ljudi u DS 1
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 7:00	Until: 7:30
Field 4	varies	.5	0
Field 5	varies	Until: 17:30	Until: 08:00
Field 6	varies	0	1
Field 7	varies	Until: 18:30	Until: 16:00
Field 8	varies	.5	0

Слика 14. Време борава људи и регулација температуре у просторији

Наредна картица „ZoneHVAC:Baseboard:Convective:Water“ служи за прорачун потребне количине топлоте за загревање просторија путем грејних тела, у овом случају конвектора. Контрола рада грејних тела се врши пригушивањем протока топле воде. Свако грејно тело је на мрежу прикључено преко такозваног улазног и излазног чвора као што је на слици 15 означено пољима "Inlet Node Name" и "Outlet Node Name". Из картице "Schedule:Compact" се у поље "Availability Schedule Name" уноси унапред дефинисан распоред рада грејних тела. Још је потребно попунити вредност производа коефицијента пролаза топлоте и површине грејног тела (U-Factor Times Area Value) и максималну вредност протока топле воде (Maximum Water Flow Rate).

[0116] ZoneHVAC:Baseboard:Convective:Water			
[0116] ZoneHVAC:EquipmentList			

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		DS stan 1 Baseboar	SS1 stan 1 Baseboar
Availability Schedule Name		Rad Grejnih tela	Rad Grejnih tela
Inlet Node Name		Zone DS stan 1 Inle	Zone SS1 stan 1 Inle
Outlet Node Name		Zone DS stan 1 Out	Zone SS1 stan 1 Out
U-Factor Times Area Value	W/K	42.96	53.96
Maximum Water Flow Rate	m3/s	0.00002	0.000025

Слика 15. Конвектори

На крају је потребно приказати резултате добијене након симулације. То се постиже картицом "Output:Variable" која служи за дефинисање излазних параметара. Сам програм садржи велики број опција када су у питању излазни параметри и у зависности од потребе се прати жељена променљива. У овом случају је то енергија потребна за загревање објекта (Baseboard Heating Energy) и (Zone Mean Air Temperature). Такође је могуће изабрати период за који пратимо изабрану променљиву, из поља "Reporting Frequency" се бира период за сат, дан, месец, годину или целу грејну сезону.

5. Анализа резултата симулација

У овом раду анализиран је утицај негрејаног стана (стан 8) на потрошњу енергије суседних грејаних станова. Праћење температура вршено је у стану 8 за три најхладнија месеца (децембар, јануар и фебруар).

Симулација постојећег стамбеног објекта, који је тема овог рада, вршена је на основу следећих неколико претпоставки:

- у сваком стану живи једна четворочлана породица без обзира на површину стана,
- од 8 до 16h нема боравка људи у становима,
- снага сијалица је у зависности од просторије иста за све станове,
- укупна снага електричних уређаја је приближно иста за све станове.
- максимална унутрашња пројектна температура за дневну собу, спаваћу собу, ходник и кухињу износи 20 °C (грејна тела раде док се не достигне поменута температура), док за купатило износи 22 °C. Минимална унутрашња пројектна температура за све просторије је 15 °C (када температура падне испод поменуте, укључују се грејна тела).

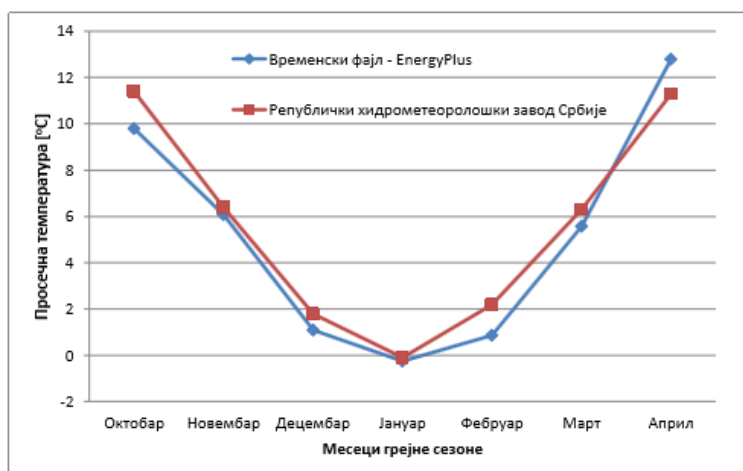
На основу ових претпоставки извршена је симулација објекта за четири различита случаја:

- неизолована зграда (елементи конструкције не испуњавају коефицијенте пролаза топлоте које захтева правилник о енергетској ефикасности),
- изолован спољни зид и кров (према правилнику о енергетској ефикасности) на посматраном објекту,
- изолован стан 8 (постављена изолација ка суседним становима 2, 7, 9 и 14, према правилнику о енергетској ефикасности),
- потпуно изолована зграда (објекат има све елементе конструкције са вредношћу коефицијента пролаза топлоте какве захтева правилник о енергетској ефикасности зграда).

Анализа сваког случаја се састоји од три сценарија:

- у свим становима раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи (базни сценарио и са њим се пореде друга два, (**сценарио 1**)),
- у стану 8 не раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни су људи (**сценарио 2**),
- у стану 8 не раде грејна тела, искључени су електрични уређаји и осветљење и нема присуства људи (неусељен стан, **сценарио 3**).

За овај прорачун коришћен је временски фајл града Крагујевца. Средње вредности температура из овог временског фајла и подаци које даје Републички хидрометролошки завод Србије (РХЗС) о средњим температурама, у периоду од 30 година не одступају значајно у својим вредностима (слика 16). По овом временском фајлу најхладнија три месеца су децембар, јануар и фебруар. Треба напоменути да је анализа рађена за целу грејну сезону (од 15.10 - 15.4).



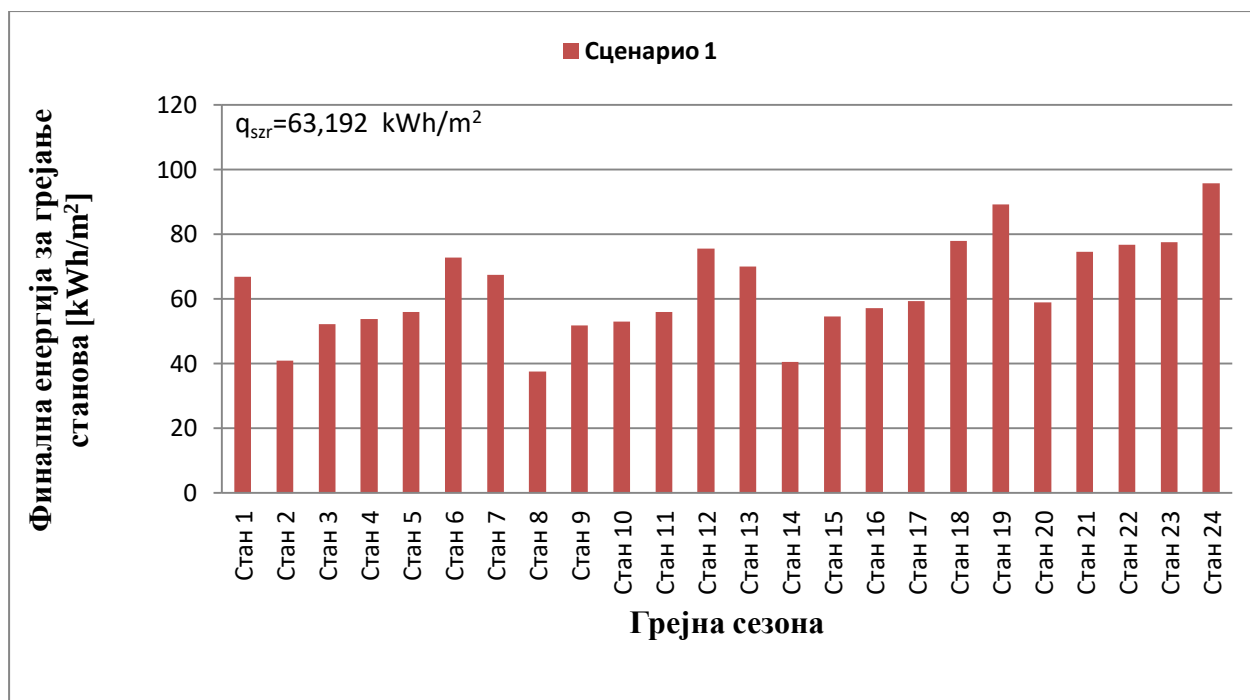
Слика 16. Просечна спољна температура ваздуха за грејну сезону

5.1. Случај 1 - Неизолована зграда

Први анализирани случај је неизолована зграда чији елементи конструкције не испуњавају коефицијенте пролаза топлоте које захтева правилник о енергетској ефикасности. Коефицијенти пролаза топлоте представљени су у табели 6.

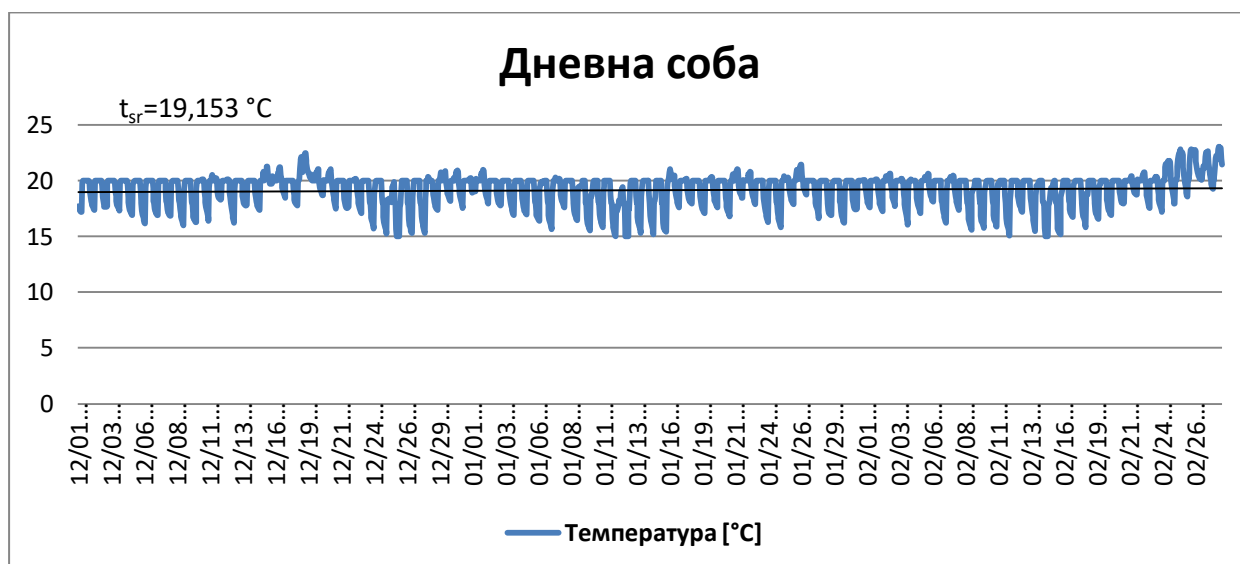
5.1.1. Сценарио 1

Овај сценарио се назива и базни јер се са њим врше поређења остала два сценарија. На слици 17 се може уочити један шаблон по коме се одвија потрошња енергије по становима. Ако се посматрају етаже зграде засебно, може се запазити да првих 6 станова на приземљу има идентичне промене потрошње као и станови на првом спрату, односно другом и трећем спрату. Може се уочити да први и последњи стан на свакој етажи имају највећу потрошњу (станови 1, 6, 7, 12, 13, 18, 19 и 24). Са слике 3 се види да станови имају највећу површину спољашњих зидова што је разлог овакве потрошње. Са друге стране стан са најмањом потрошњом је стан 8 који се налази на првом спрату са потребном количином енергије за загревање у сезони од 37,536 kWh/m². Стан 8 има најмању потрошњу енергије из разлога што је "најушушканији" стан јер није у контакту нити са подном, нити са кровном конструкцијом и има малу површину спољашњег зида али и малу површину зида ка негрејаном простору (зид према ходнику зграде). Такође, малу потрошњу имају и станови 2, 14, 9 и 10. На последњем спрату се налазе станови 19, 20, 21, 22, 23, 24 са највећом потрошњом енергије. Ови станови имају највећи број спољашњих површина. Средња специфична потрошња енергије за посматрани објект износи 63,192 kWh/m².



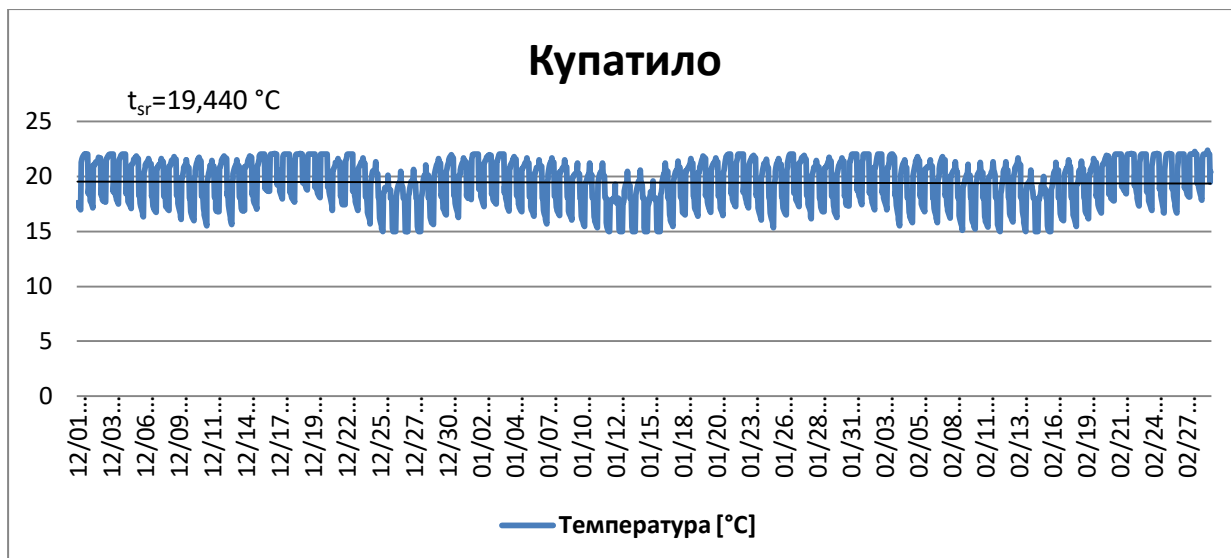
Слика 17. Енергија потребна за загревање станова - случај 1, сценарио 1

Средња температура ваздуха у дневној соби стана 8 износи 19,153 °С, минимална и максимална пројектна температура како је већ наглашено у уводном делу поглавља 5 износе 15 °С и 20 °С . На слици 18 се може видети да се вредности температура крећу у тим границама.



Слика 18. Температура у дневној соби - случај 1, сценарио 1

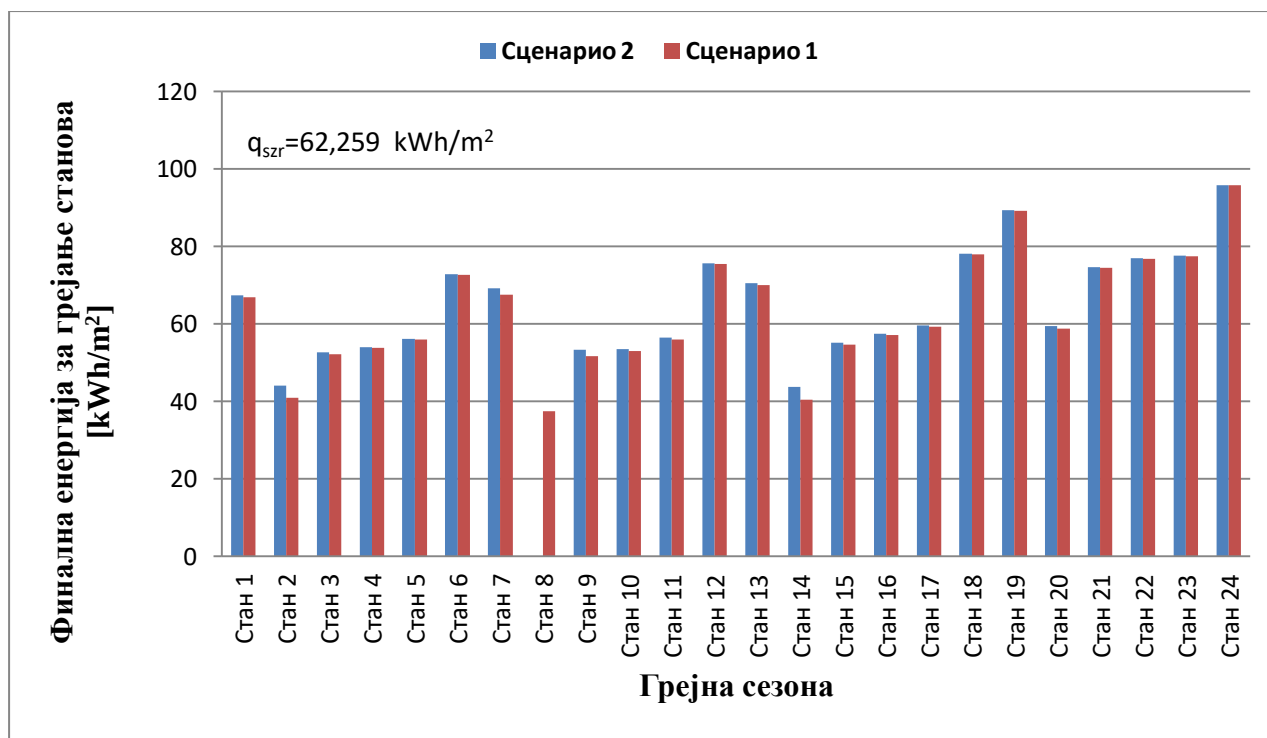
Дијаграм температура (слика 19) нам говори да је средња вредност температуре ваздуха у купатилу нешто виша у односу на средњу вредност у дневној соби и износи 19,440 °С. Температуре се крећу у опсегу од 15 °С до 22 °С.



Слика 19. Температура у купатилу - случај 1, сценарио 1

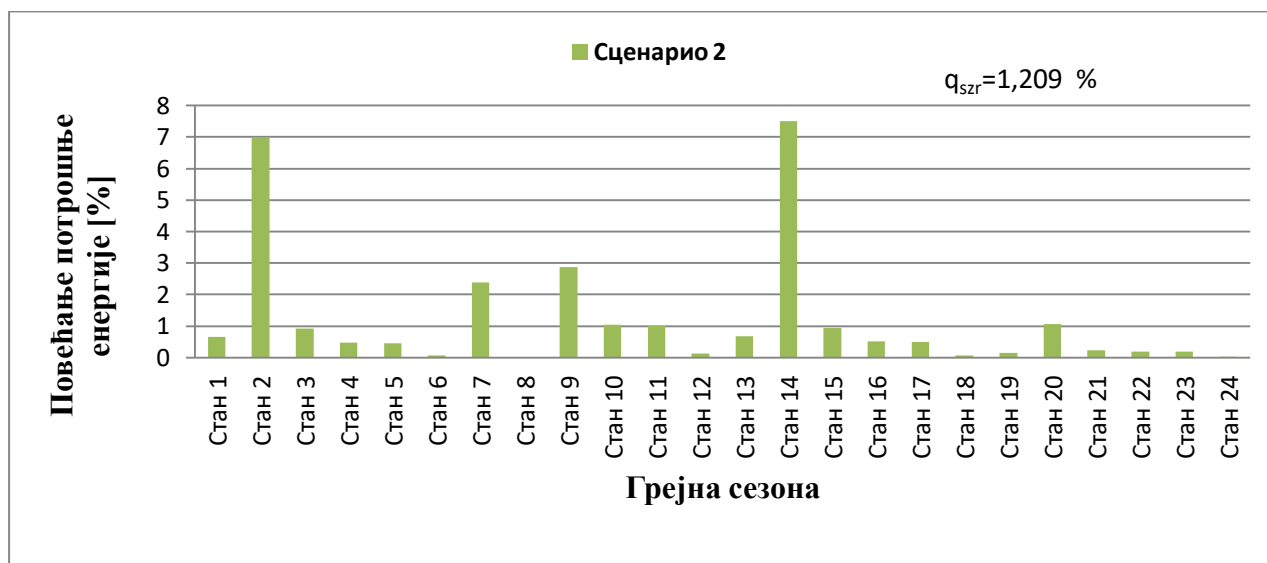
5.1.2. Сценарио 2

У овом сценарију се прати повећање потрошње енергије у суседним становима када су у стану 8 искључена грејна тела али постоји рад електричних апарата и осветљења и када су људи присутни. На слици 20 се може видети да највећи пораст енергије потребне за загревање стана се везује за станове 2, 7, 9 и 14 јер су они у директном контакту са негрејаним станом 8, док се код осталих станова не јављају велике промене. Средња специфична потрошња енергије потребна за загревање станова износи $62,259\text{ kWh/m}^2$ што је нешто мање него у претходном, базном, случају.



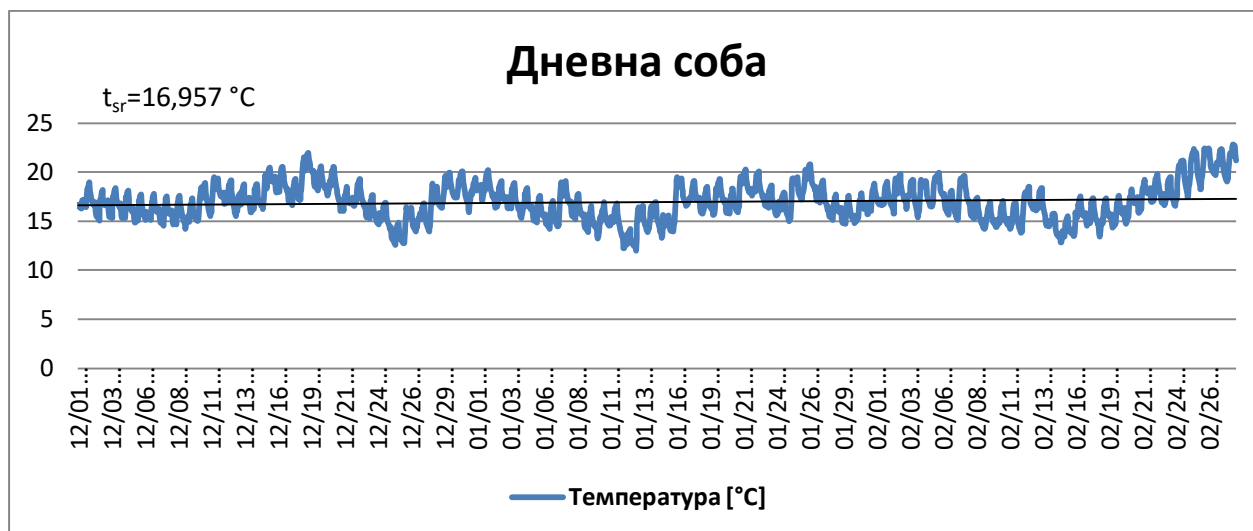
Слика 20. Енергија потребна за загревање станова - случај 1, сценарио 2

На слици 21 дате су процентуалне вредности повећања енергије потребне за загревање станова суседних стану 8. Са слике се може видети да су највећа процентуална повећања у становима 2 и 14 и износе 7% и 7,5 %. Станови који се налазе на истој етажи као стан 8 (станови 7 и 9) имају повећање од 2,385 % и 2,869 %.



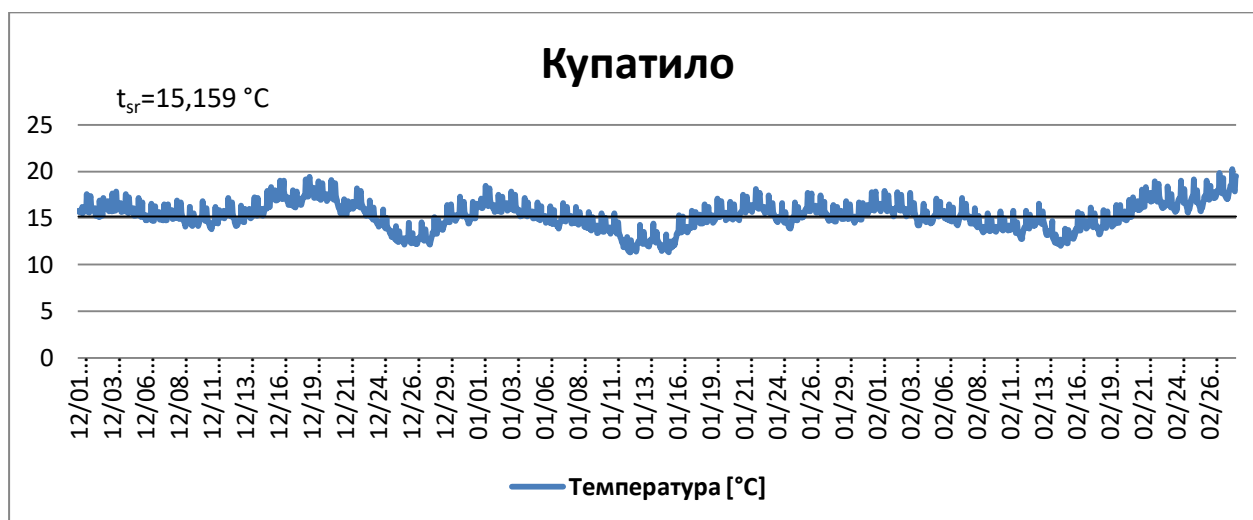
Слика 21. Повећање енергије за загревање станова - случају 1, сценарио 2

Средња температура ваздуха у дневној соби негрејаног стана износи 16,957 °C (слика 22). Најниже температуре су у последњој недељи децембра и средином јануара, и достижу вредност од 12 °C.



Слика 22. Температура у дневној соби - случај 1, сценарио 2

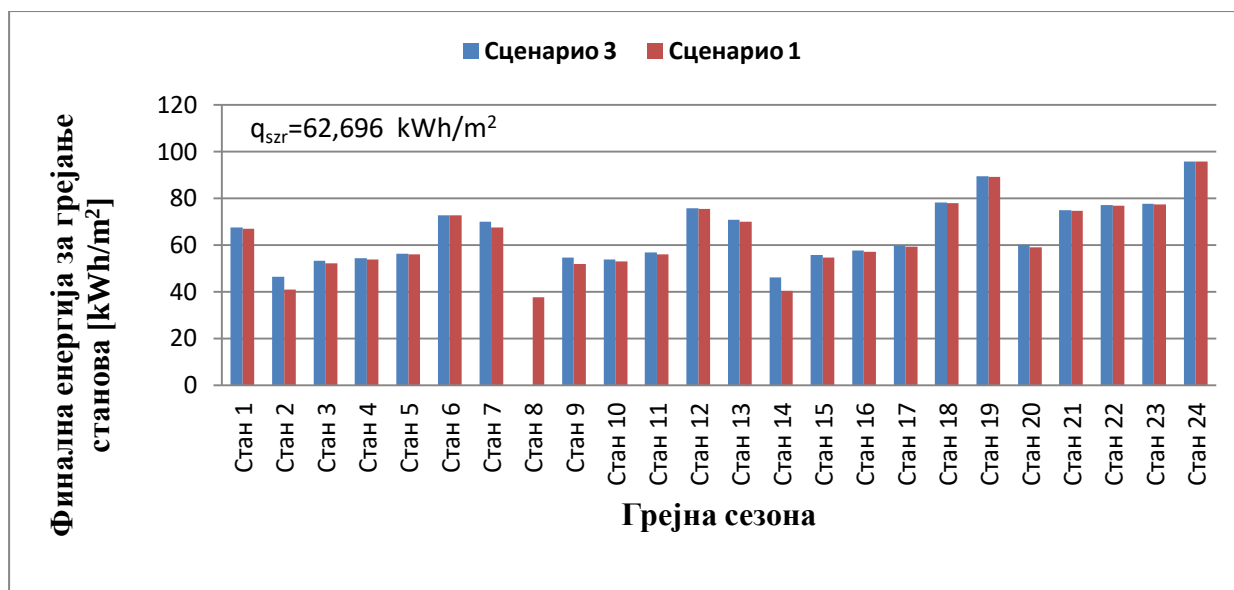
Средња вредност у купатилу је нижа него у дневној соби и износи 15,159 °C (слика 23). Најнижа температура је средином јануара и износи 11 °C.



Слика 23. Температура у купатилу - случај 1, сценарио 2

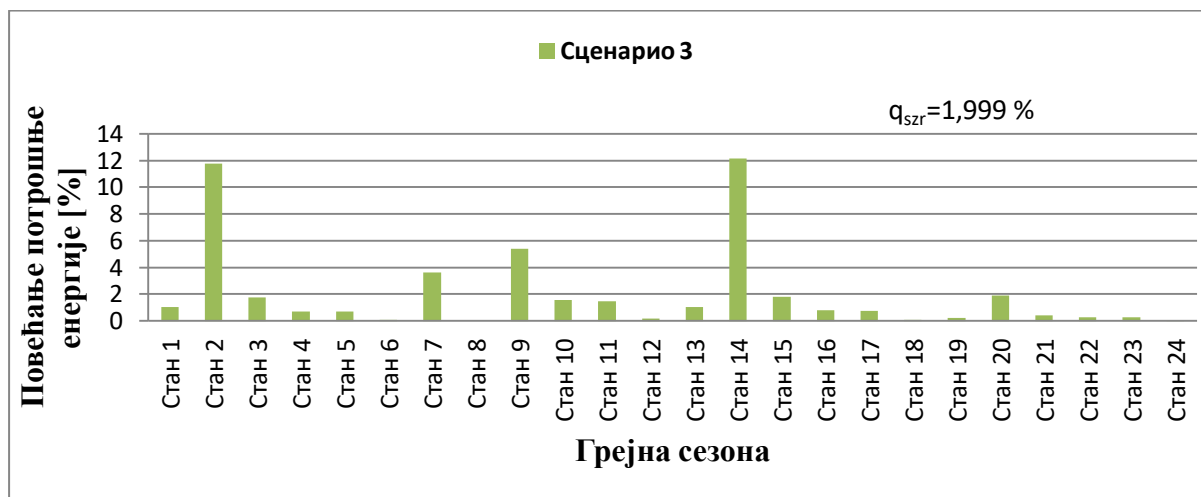
5.1.3. Сценарио 3

У последњем сценарију датог случаја пратимо повећање потрошње у становима када су искључена грејна тела, електрични апарати и осветљење и нема присуства људи у стану 8 (слика 24). Највеће промене протошње се опажају у становима 2 и 14. Промене су израженије него у претходном сценарију јер у стану 8 не постоје топлотни добици. Средња специфична потрошња енергије потребна за загревање станова износи 62,696 kWh/m².



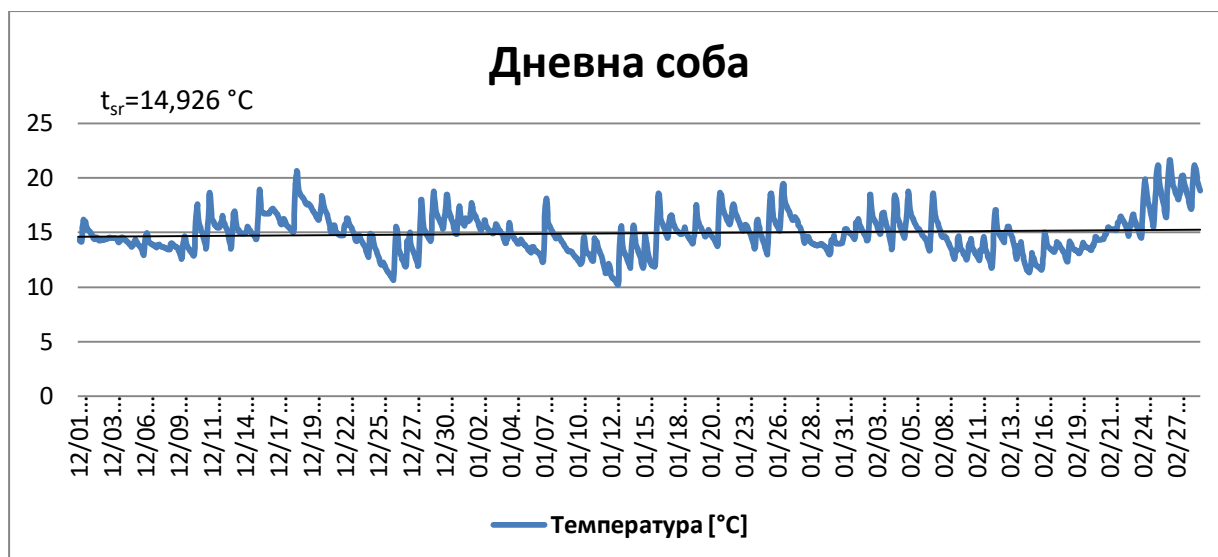
Слика 24. Енергија потребна за загревање станова - случај 1, сценарио 3

Процентуално повећање потрошње је знатно приметније. У становима 2 и 14 долази до повећања од 11,757 % и 12,143 % (слика 25), што је знатно више него у претходном сценарију. Такође, и у становима 7 и 9 се јавља изражено повећање од 3,60 % и 5,38 %. Посматрајући цео објекат, јавља се повећање потрошње од 1,999 %.



Слика 25. Повећање енергије за загревање станова - случају 1, сценарио 3

Промене температура су нешто израженије, минимална температура достиже 10 °C, док је средња температура ваздуха 14,926 °C (слика 26), такође и за 2 °C мања него у претходном сценарију, одакле се закључује да апарати, људи и осветљење представљају топлотне добитке.



Слика 26. Температура у дневној соби - случај 1, сценарио 3

Дијаграм температура за купатило је константнији у односу на дијаграм температура у дневној соби, средња температура ваздуха износи 14,221 °C (слика 27), што је такође мање него у претходном сценарију.



Слика 27. Температура у купатилу - случај 1, сценарио 3

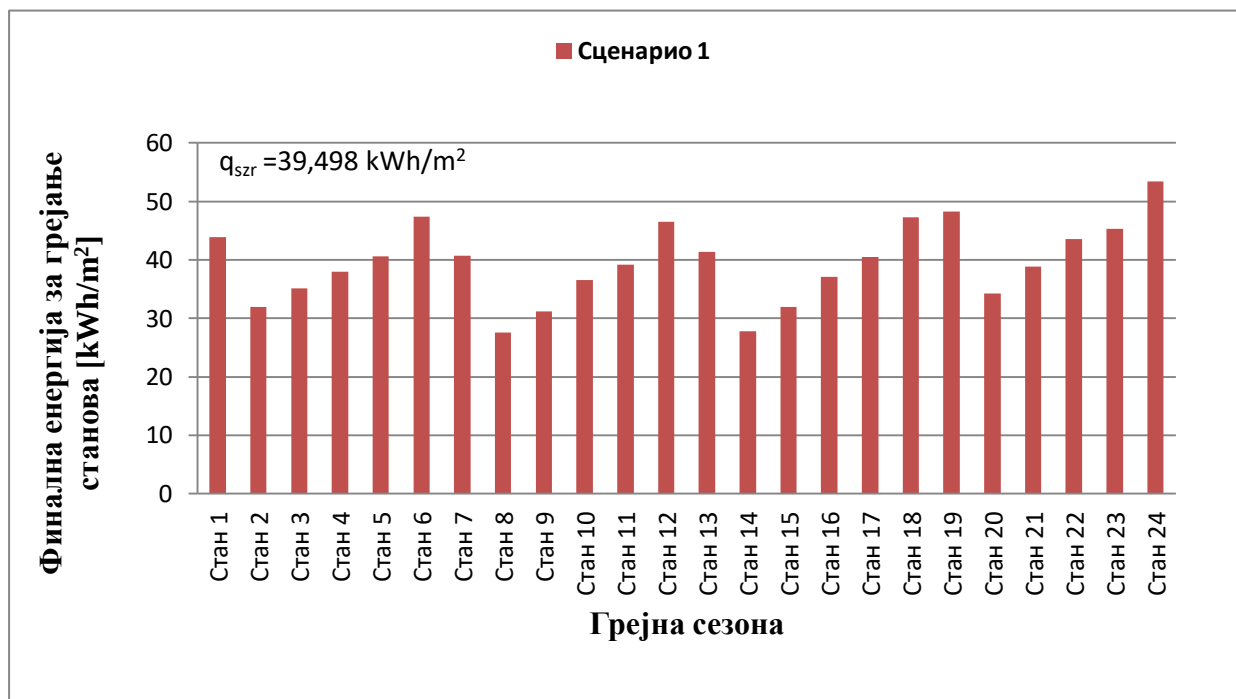
5.2. Случај 2 - Изолован спољни зид и кров на посматраном објекту

У овом случају извршена је изолација спољњег зида и крова. Коефицијенти пролаза топлоте за поменуте конструкције на неизолованој згради не испуњавају

услове које захтева правилник о енергетској ефикасности. Као последица тога извршено је смањивање коефицијента пролаза топлоте, додавањем одређених слојева изолације како би се добили коефицијенти захтевани правилником. Коефицијент пролаза топлоте за спољни зид на неизолованој згради износи $1,286 \text{ W/m}^2\text{K}$ додавањем изолације смањен је на $0,216 \text{ W/m}^2\text{K}$, Код крова са $0,512 \text{ W/m}^2\text{K}$ смањен на $0,196 \text{ W/m}^2\text{K}$. Материјали који су коришћени као изолациони слојеви дати су у табелама 5 и 6.

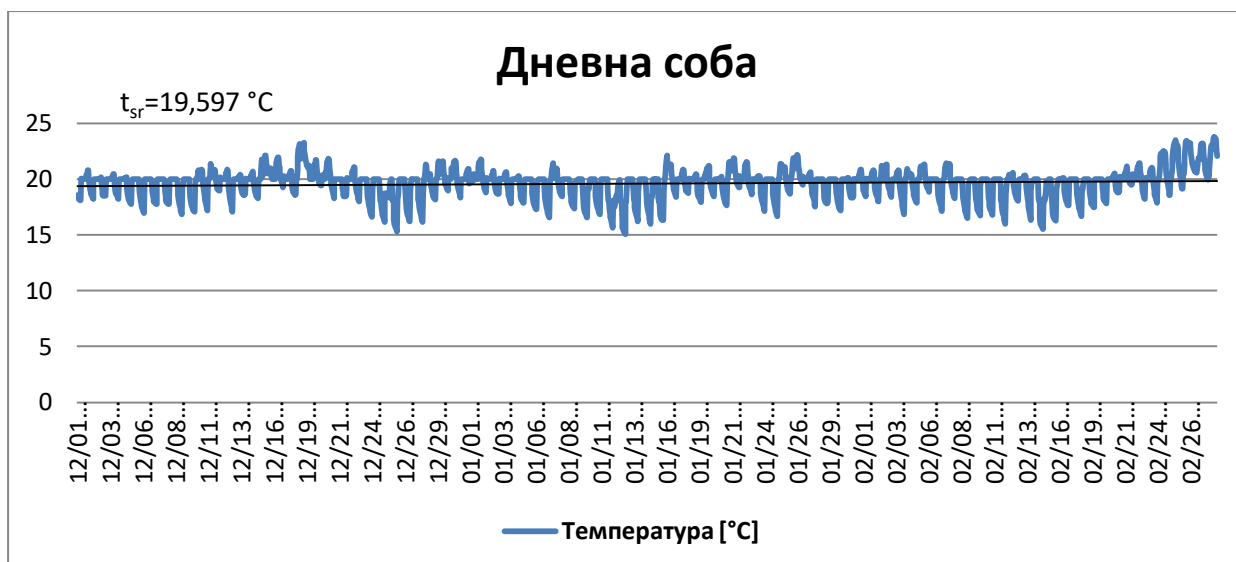
5.2.1. Сценарио 1

На слици 28 се може уочити један шаблон по коме се одвија потрошња енергије по становима, који је идентичан као у претходном случају. У поређењу са неизолованом зградом (случај 1) средња специфична енергија се смањила са $63,192 \text{ kWh/m}^2$ на $39,498 \text{ kWh/m}^2$, што у процентима износи око 35%. Стан са најмањом потрошњом је стан 8 ($27,564 \text{ kWh/m}^2$), а стан 24 са највећом од $53,460 \text{ kWh/m}^2$. Утицај изоловане кровне конструкције се највише примећује на последњем спрату, где је у становима смањена потрошња за 50%. Као и у претходном случају овај сценарио ће бити база за поређење са остала два.



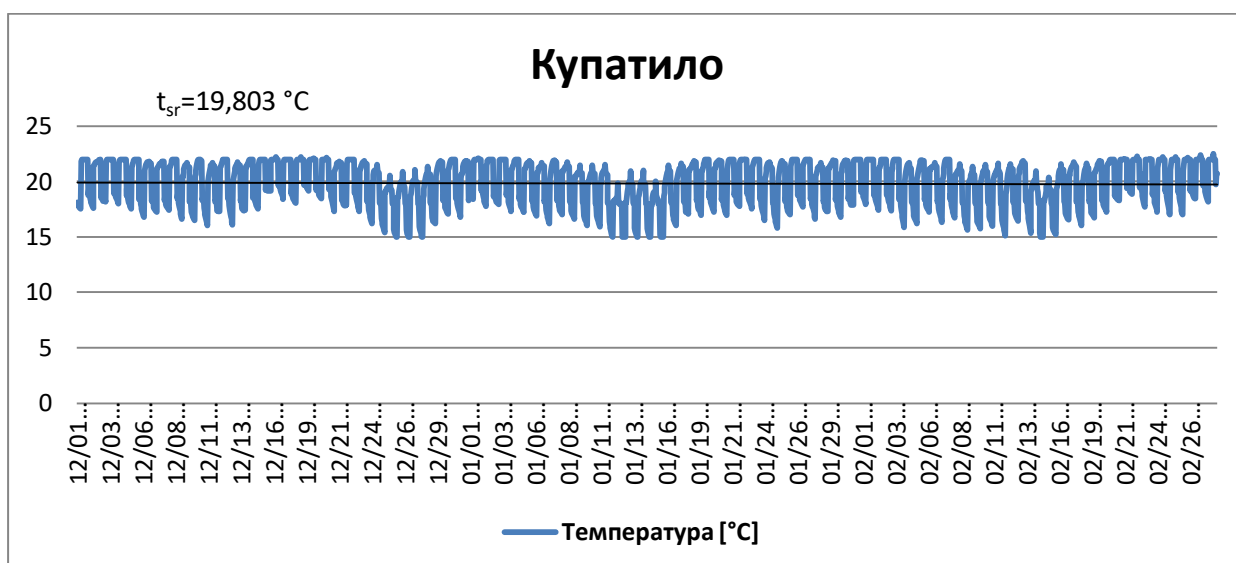
Слика 28. Енергија потребна за загревање станова - случај 2, сценарио 1

Просечна температура ваздуха у дневној соби гледано у односу на средњу температуру (случај 1, сценарио 1) је нешто виша и износи $19,597 \text{ }^\circ\text{C}$ (слика 29). Крајем децембра и у најхладнијим данима (од 1. до 15. јануара) температуре ће достизати најниже вредности пројектоване температуре ($15 \text{ }^\circ\text{C}$).



Слика 29. Температура у дневној соби - случај 2, сценарио 1

Просечна температура ваздуха у купатилу за три најхладнија месеца износи $19,803 \text{ }^{\circ}\text{C}$ као што се може видети на слици 30. Најниже температуре су у периоду од 1. јануара до 18. јануара.

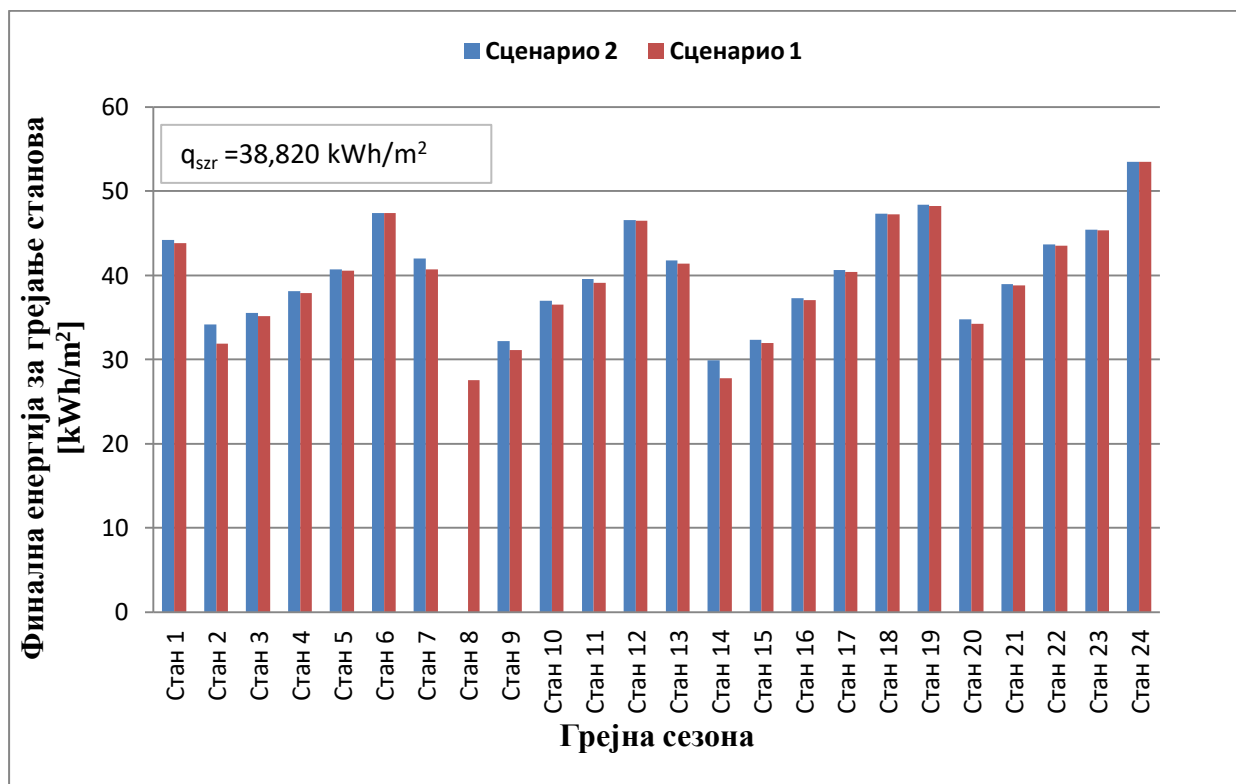


Слика 30. Температура у купатилу - случај 2, сценарио 1

5.2.2. Сценарио 2

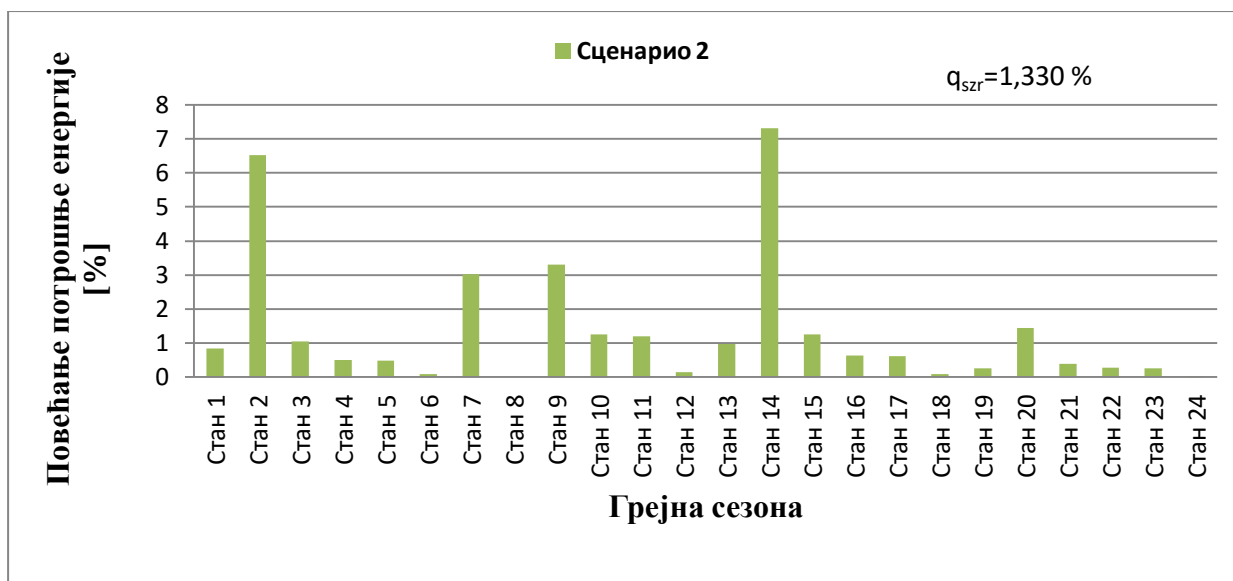
Средња специфична потрошња енергије незнатно се разликује од специфичне енергије у базном случају и износи $38,820 \text{ kWh/m}^2$, али треба узети у обзир да су грејна тела у стану 8 искључена. Највеће повећање потрошње као и у претходном случају је у становима 2 и 14, који се налазе испод и изнад стана 8. Последица тога је неизолована

међуспратна конструкција. Повећање потрошње у становима 7 и 9 као суседним становима негрејаном стану долази због неадекватних унутрашњих зидова (вредност коефицијент пролаза топлоте не испуњава правилник о енергетској ефикасности). На пратећој слици 31 могу се видете потрошње упоређењу са претходним сценариом.



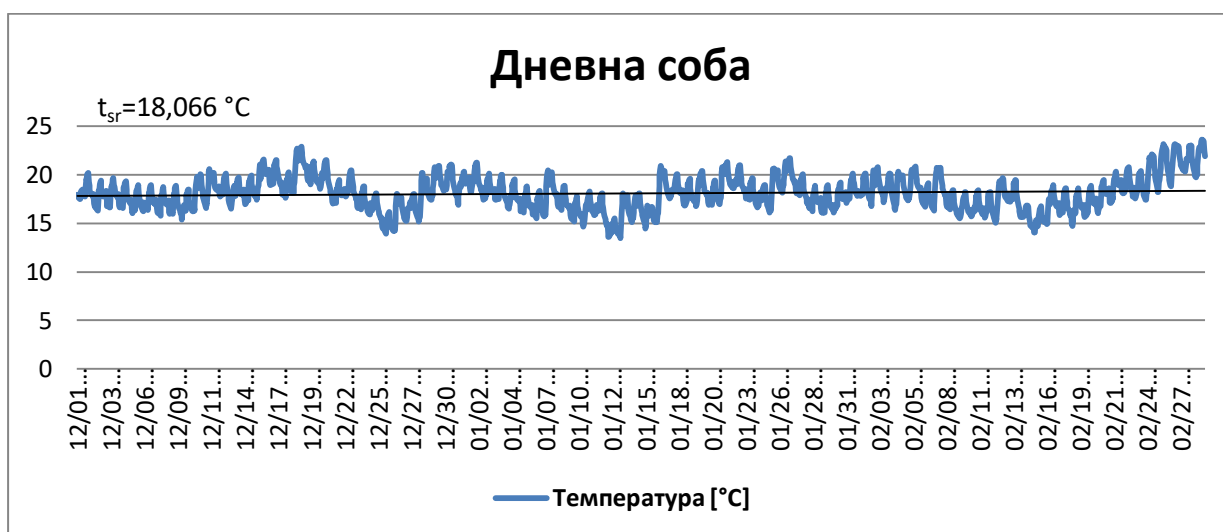
Слика 31. Енергија потребна за загревање станова - случај 2, сценарио 2

Повећање потрошње изражено у процентима највеће ће бити у становима 2 и 14 (6,532 % и 7,312 %). У становима 7 и 9 у односу на претходни случај долази до незнатног повећања које износи 3,015 % и 3,308 %. У становима на последњој етажи једино у стану 20 долази до малог повећања од 1,440%, јер се он налази на истој вертикали као и станови 2, 8 и 14 (слика 32).



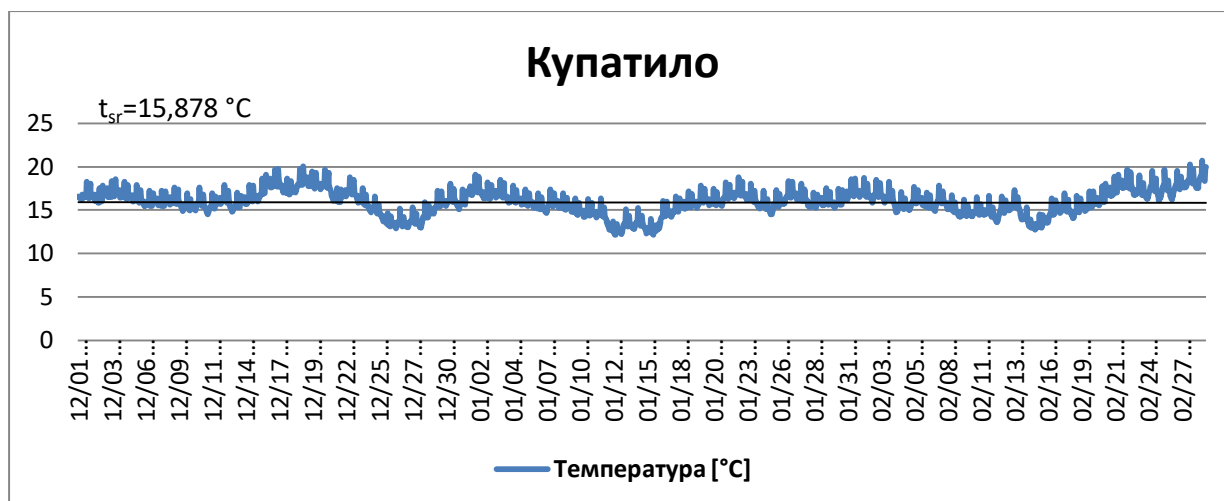
Слика 32. Повећање енергије за загревање станова - случају 2, сценарио 2

Средња температура ваздуха у дневној соби износи 18,066 °C. На слици 33 се може приметити да се крајем фебруара јавља благи пораст температура. Најнижа температура је 12. јануара и износи 13 °C.



Слика 33. Температура у дневној соби - случај 2, сценарио 2

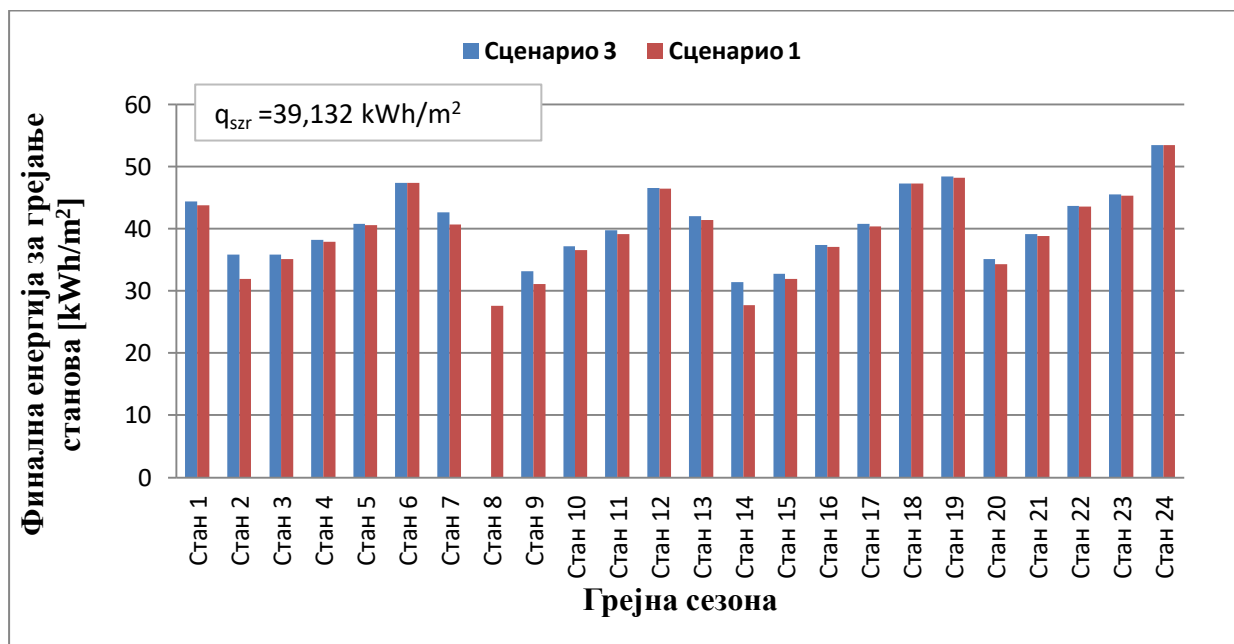
Разлика средње температуре купатила и дневне собе је око 2,2 °C, као и у најнижој температури која у купатилу износи 12 °C. Нижа температура у купатилу јавља се као последица ретког активирања уређаја и присуства људи (слика 34).



Слика 34. Температура у купатилу - случај 2, сценарио 2

5.2.3. Сценарио 3

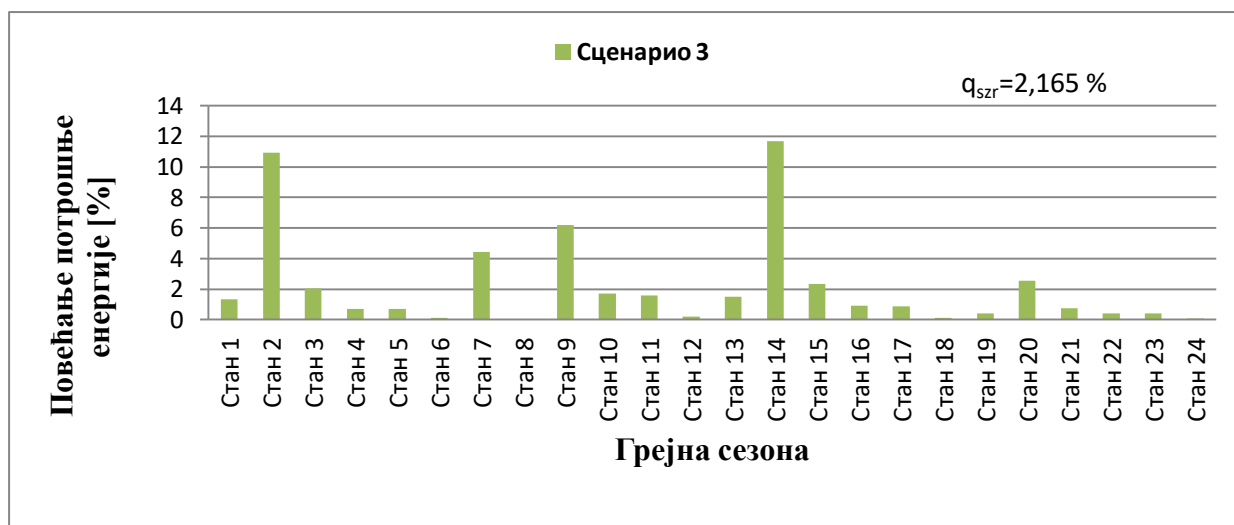
Повећања енергије потребне за загревање су највећа у становима 2 и 14 и износе $1,5\text{ kWh/m}^2$. Средња специфична енергија за посматрани објект износи $39,132\text{ kWh/m}^2$. Недостатак топлотних добитака од апарата и људи доводи до повећања средње специфичне потрошње енергије у односу на претходни сценарио. Промене потрошње енергије се могу испратити на слици 35.



Слика 35. Енергија потребна за загревање станова - случај 2, сценарио 3

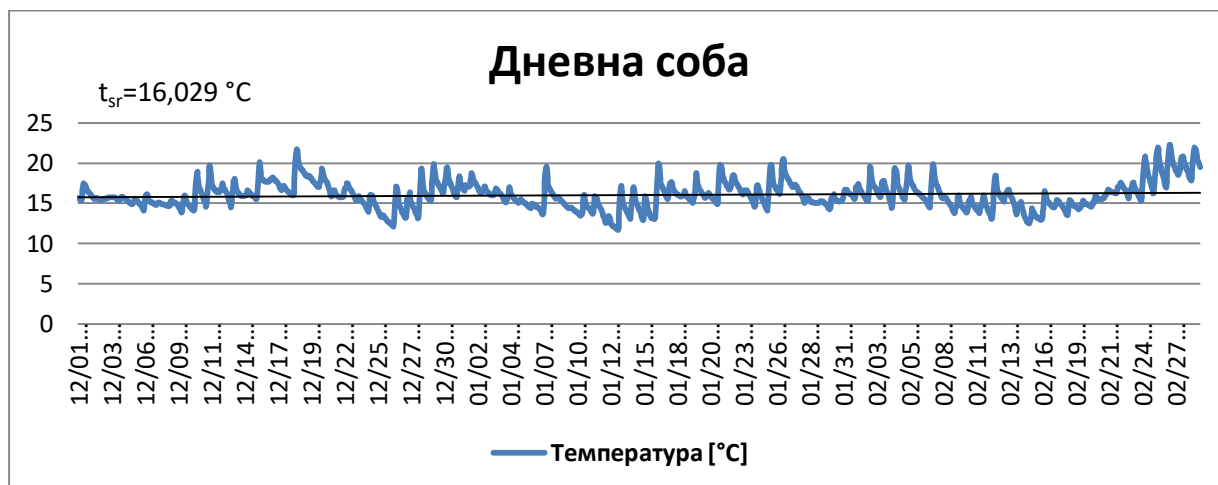
Средња специфична потрошња енергије посматрајући целу зграду се повећала за 2,165%. У становима 2 и 14 су највећа повећања и износе 10,926 % и 11,684 %. Такође, пораст потрошње се може уочити у становима 7 и 9 и износе (4,442 % и 6,206

%). У осталим становима промене су занемарљиве као што се може видети на слици 36.



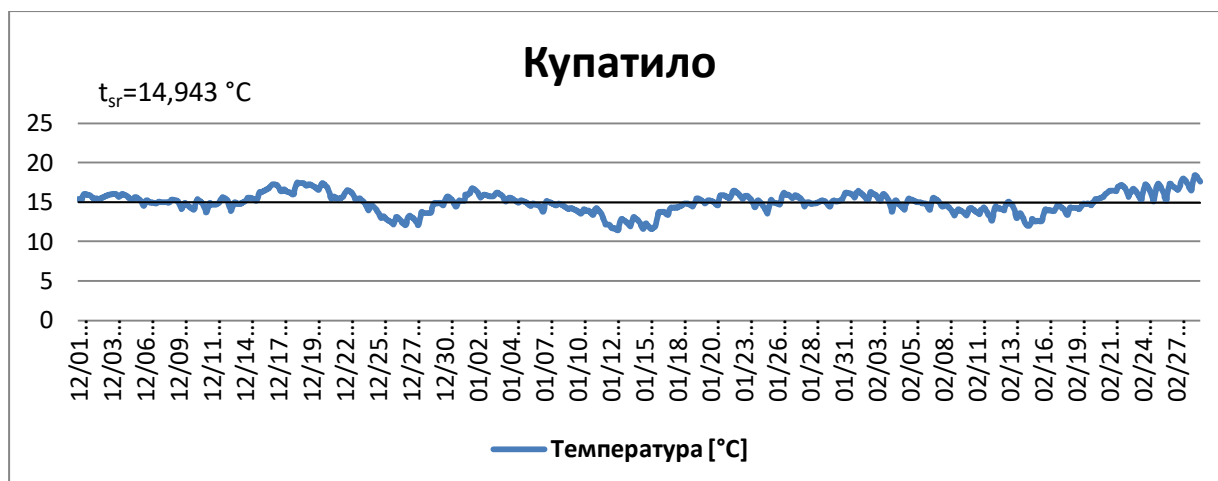
Слика 36. Повећање енергије за загревање станова - случају 2, сценарио 3

Просечна температура ваздуха у дневној соби за три најхладнија месеца износи 16,029 °C као што се може видети на слици 37. Најниже температуре су у периоду од 1. јануара до 18. јануара.



Слика 37. Температура у дневној соби - случај 2, сценарио 3

Пратећи прву половину јануара температуре су нешто ниже него у истом периоду представљеном за дневну собу. Средња температура ваздуха се креће око 14,943 °C. На слици 38 се може уочити да максимална температура не прелази 17 °C.



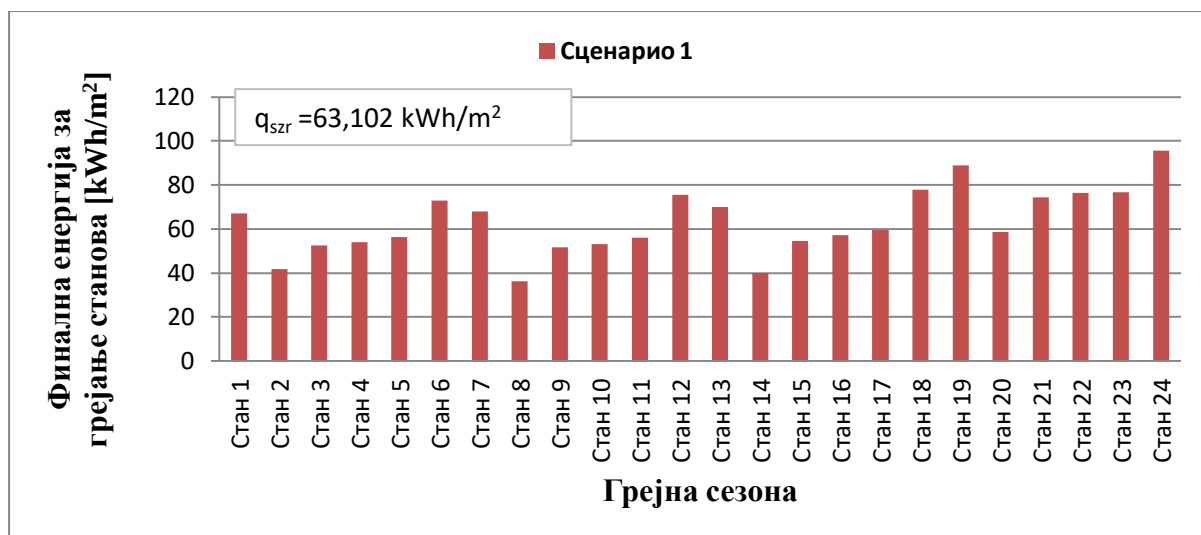
Слика 38. Температура у купатилу - случај 2, сценарио 3

5.3. Случај 3 - Изолован стан 8 (изолован према суседним становима 2, 7, 9 и 14)

За случај 3 изолован је стан 8. То подразумева да су изоловани зидови истог стана оријентисани према различитим корисницима, односно суседним становима 2, 7, 9 и 14. Смањивањем коефицијента пролаза топлоте за конструкције зида према становима 7 и 9 са $2,174 \text{ W/m}^2\text{K}$ на $0,812 \text{ W/m}^2\text{K}$ остварено је додавањем полистирена дебљине $1,5 \text{ cm}$ као изолационог слоја. Међуспратне конструкције према становима 2 и 14 који се налазе на истој вертикали, изоловане су полистиреном дебљине 3 cm . Коефицијент пролаза топлоте за међуспратну конструкцију између грејаних простора (паркет) је смањен са $1,767 \text{ W/m}^2\text{K}$ на $0,713 \text{ W/m}^2\text{K}$, док је за међуспратну конструкцију између грејаних простора (плочице) смањен са $2,058 \text{ W/m}^2\text{K}$ на $0,755 \text{ W/m}^2\text{K}$.

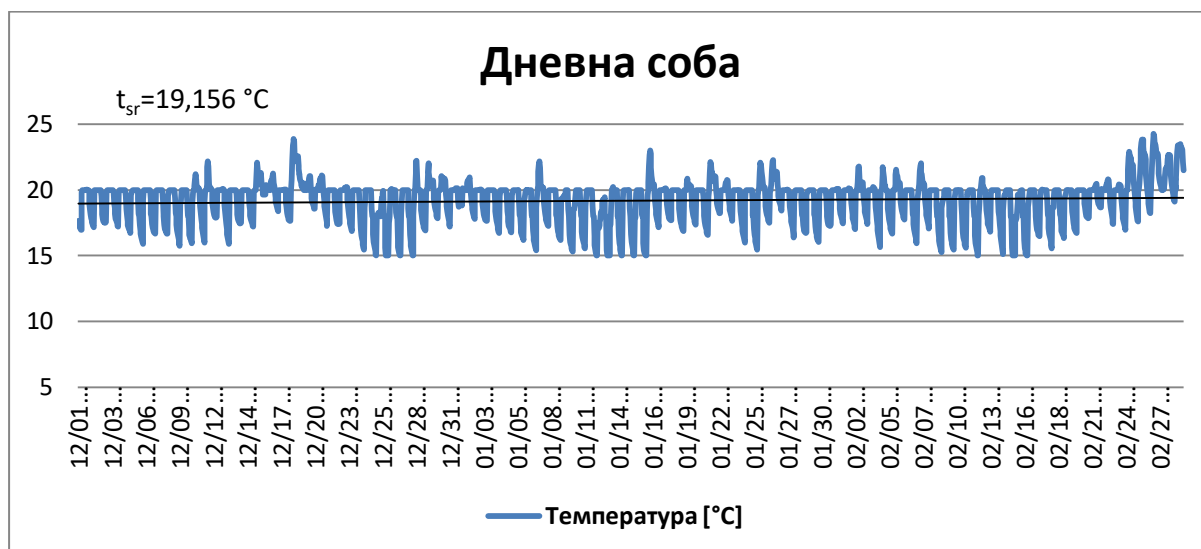
5.3.1. Сценарио 1

У сценарију 1 као и у претходним случајевима прати се потрошња енергије по становима када су укључена грејна тела у свим становима. Средња специфична енергија за посматрани објект износи $63,102 \text{ kWh/m}^2$. Потрошња у стану 8 у односу на први сценарио неизоловане зграде је мања за $1,5 \text{ kWh/m}^2$ и износи $36,185 \text{ kWh/m}^2$. Највећа потрошња енергије је у становима на последњем спрату, а промена потрошње енергије по етажама је по устаљеном шаблону (слика 39).



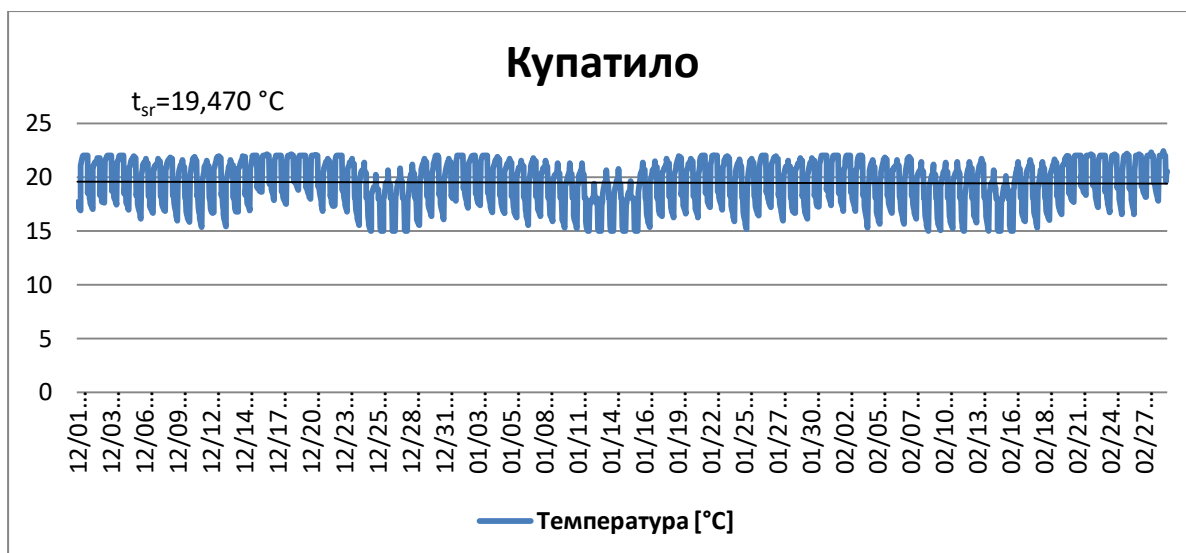
Слика 39. Енергија потребна за загревање станова - случај 3, сценарио 1

У дневној соби изолованог стана 8 средња температура ваздуха има вредност која је приближно једна средњој вредности (случај 1, сценарио 1) и износи 19,156 °С. Појава преласка вредности температура изнад пројектованих се дешава због присуства људи и рада електричних уређаја и осветљења и соларних добитака (слика 40).



Слика 40. Температура у дневној соби - случај 3, сценарио 1

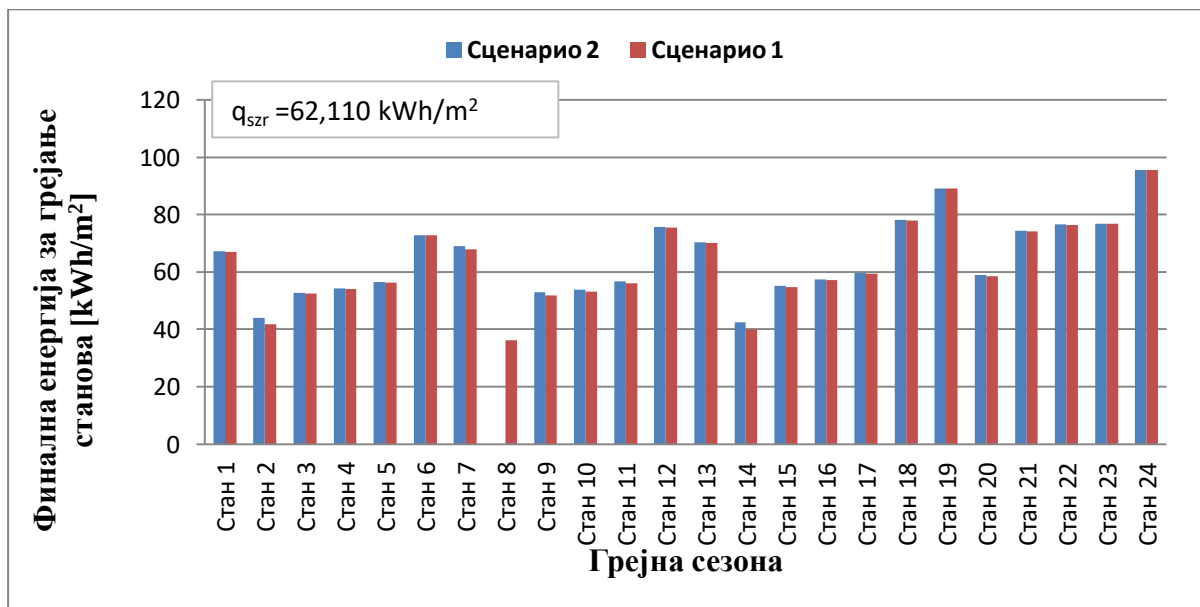
Средња вредност температуре ваздуха у купатилу износи 19,470 °С (слика 41) што је за 0,35 °С ниже од температуре у купатилу стана 8 кад је урађена изолација спољњег зида и крова (случај 2, сценарио 1).



Слика 41. Температура у купатилу - случај 3, сценарио 1

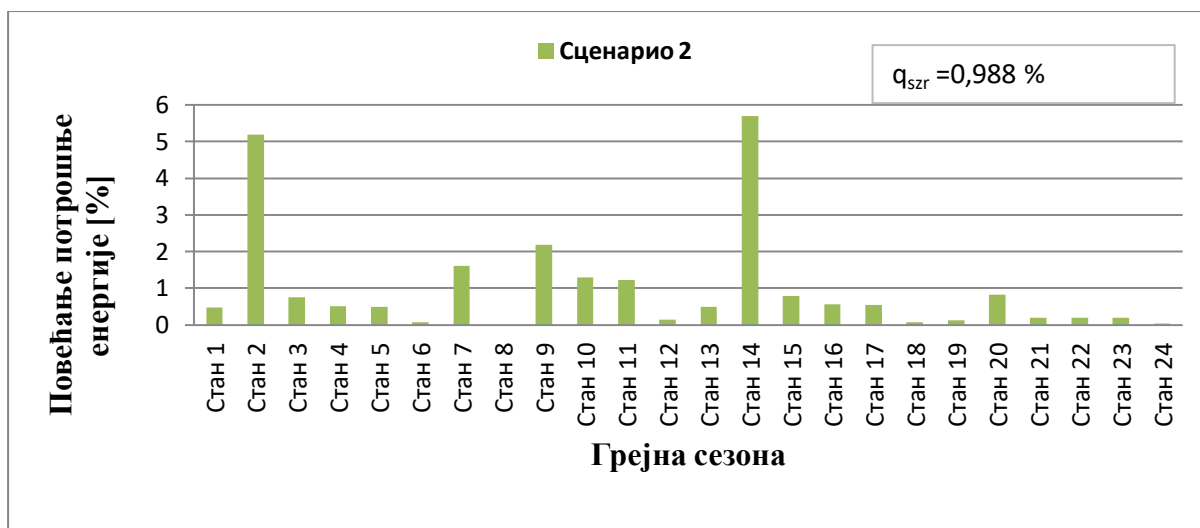
5.3.2. Сценарио 2

Потрошња у становима 2 и 14 је смањена у односу на исти сценарио случаја 1 (неизолована зграда), ка последица постављања изолације на међуспратним конструкцијама. Поред поменутих станова до пада потрошње долази и у суседним становима на истој етажи (7 и 9), због постављања изолације. Средња специфична потрошња енергије износи $62,110 \text{ kWh/m}^2$ (слика 42).



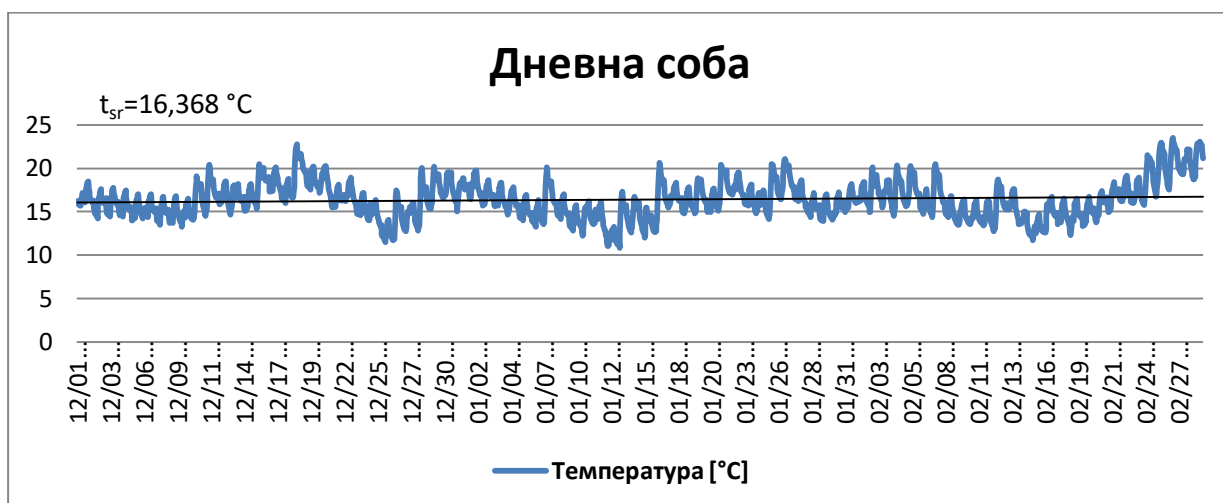
Слика 42. Енергија потребна за загревање станова - случај 3, сценарио 2

Процентуално повећање у односу на први сценарио је највеће у становима 2 и 14 (5,187 % и 5,69 %). Мале промене се могу приметити у становима 7 и 9 и оне не прелазе 2,2 % (1,606 % и 2,186 %). Средња специфична енергија се повећала за мање од 1% и износи 0,988 % (слика 43).



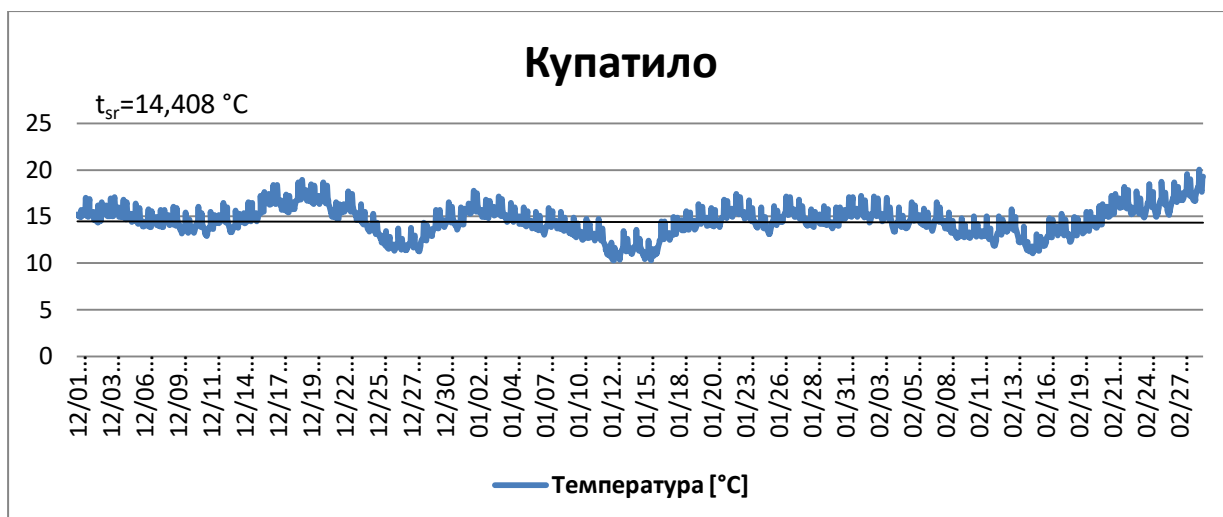
Слика 43. Повећање енергије за загревање станова - случају 3, сценарио 2

На слици 44 се могу испратити кретања температура у дневној соби стана 8 за три најхладнија месеца. Најнижа температуре је 11 °С, док средња температура ваздуха износи нешто више од 16,368 °С.



Слика 44. Температура у дневној соби - случај 3, сценарио 2

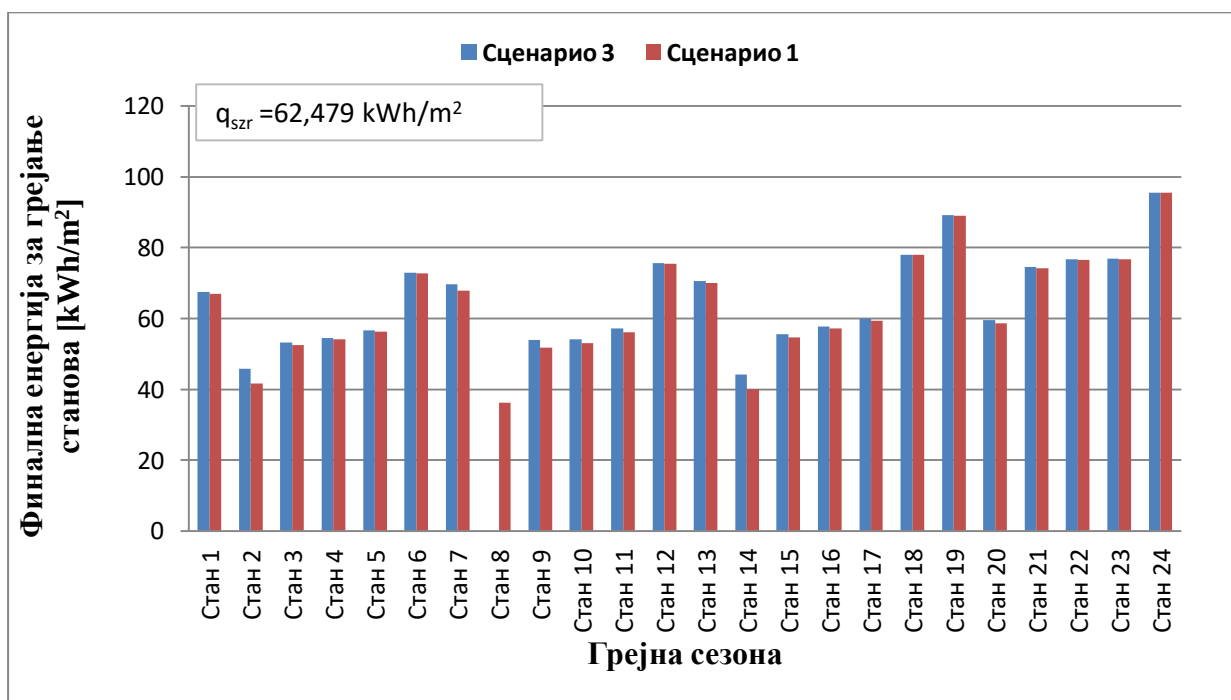
Последица мањег боравка људи у купатилу и рада електричних уређаја у њему, одражава се на пад температуре у односу на дневну собу. У првој половини јануара температура пада и испод 10 °С, док средња температура ваздуха износи 14,408 °С као што се може видети на слици 45.



Слика 45. Температура у купатилу - случај 2, сценарио 3

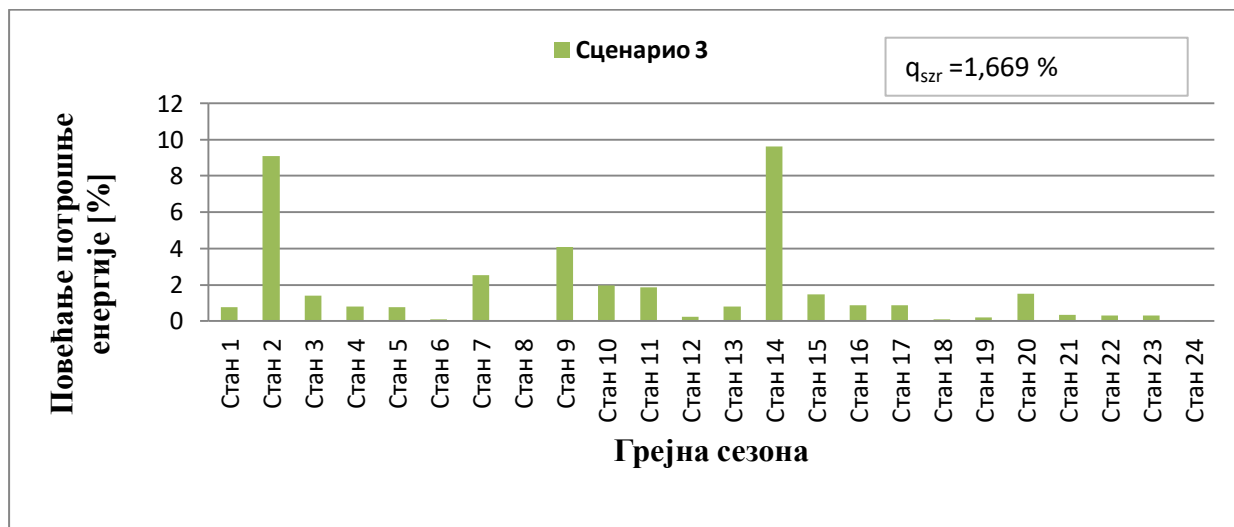
5.3.3. Сценарио 3

Изолован стан 8 у овом сценарију биће изузет од добитак топлоте од људи, рада електричних апарата и осветљења, односно сматраће се да је стан 8 неусељен. Средња специфична потрошња енергије износи $62,479 \text{ kWh/m}^2$, и већа је у одну на претходни сценарио. Пораст средње специфичне енергије говори да расте и потрошња у суседним становима 2, 7, 9 и 14 за 2 kWh/m^2 (у односу на сценарио 2). Пораст потрошње у осталим становима у односу на сценарио 1 представљен је на слици 46.



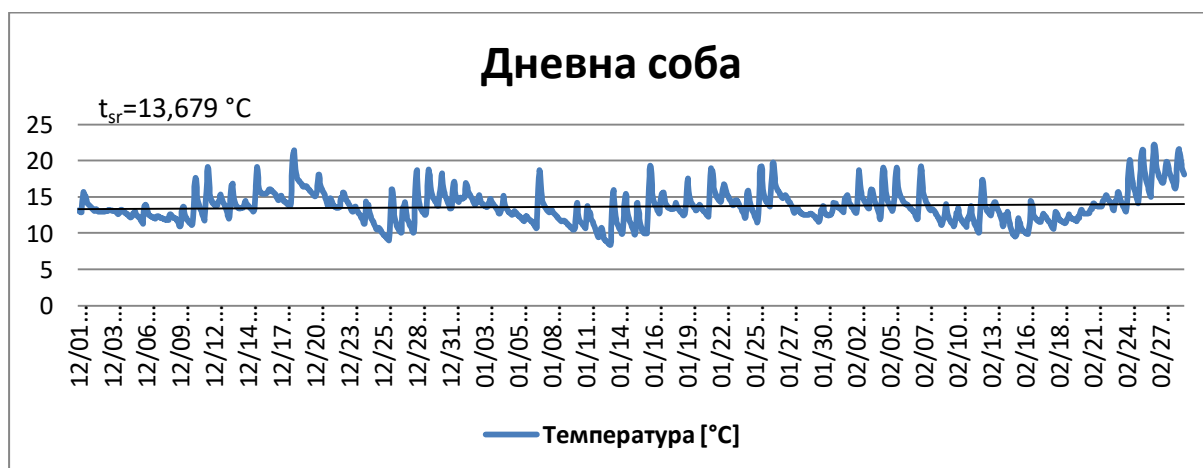
Слика 46. Енергија потребна за загревање станова - случај 3, сценарио 3

Процентуално повећање потрошње у становима 2 и 14 је 9,091 % и 9,614 %, и оно се од претходног сценарија разликује за неких 4%. Средња специфична потрошња енергија се повећала за 1,669 %, док у становима 7 и 9 долази до повећања од 2,535 % и 4,092 % (слика 47).



Слика 47. Повећање енергије за загревање станова - случају 3, сценарио 3

Посматрајући температуре у дневној соби (слика 48), примећује се да најниже вредности достижу чак 8 °С, док је средња температура ваздуха 13,679 °С.



Слика 48. Температура у дневној соби - случај 3, сценарио 3

Средња температура ваздуха у купатилу износи 13,115 °С, док најнижа температура достиже вредност од 8,5 °С (слика 49). Може се извести закључак, да када је стан 8 изолован према суседима и није усељен температуре у дневној соби и купатилу ће достићи најмање вредности. Последица тога је постављена изолација на граничним површинама која не дозвољава пренос топлоте.



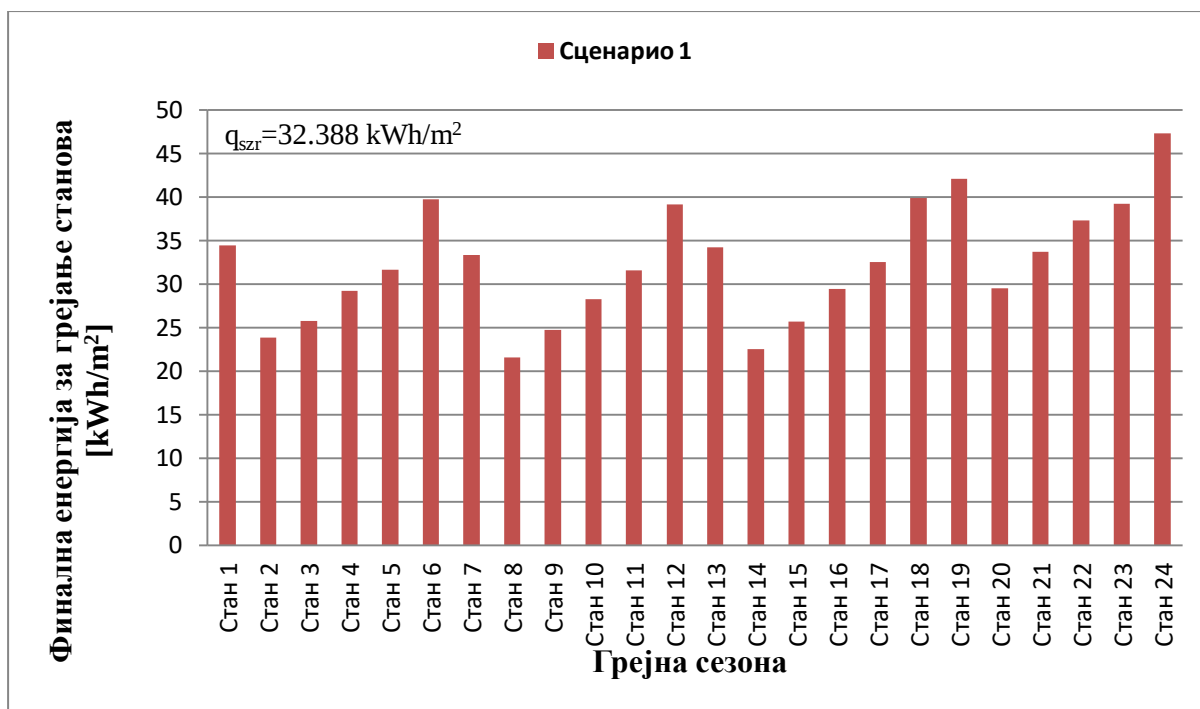
Слика 49. Температура у купатилу - случај 3, сценарио 3

5.4. Случај 4 - Потпуно изолована зграда

Потпуно изолована зграда представља објекат који има све елементе конструкције са вредностима коефицијента пролаза топлоте који испуњавају захтеве правилника о енергетској ефикасности зграда. Коефицијенти пролаза топлоте за потпуно изоловану зграду дати су у табели 6.

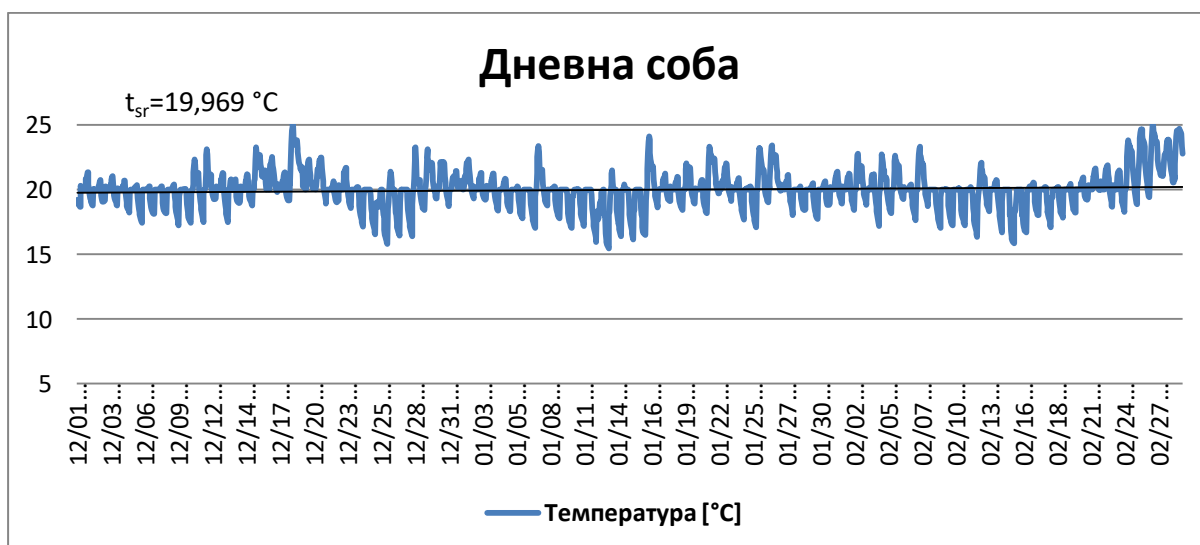
5.4.1. Сценарио 1

Изолован зград има за 50 % мању средњу специфичну потрошњу енергије у односу на први случај (сценарио 1) и износи $32,388\text{ kWh/m}^2$. Гледајући слику 50 може се приметити да је потрошња енергије у сваком стану опала за 50 %. Стан 8 као "најушущканији" има потрошњу од $21,601\text{ kWh/m}^2$, док највећу потрошњу има стан 24 ($47,349\text{ kWh/m}^2$).



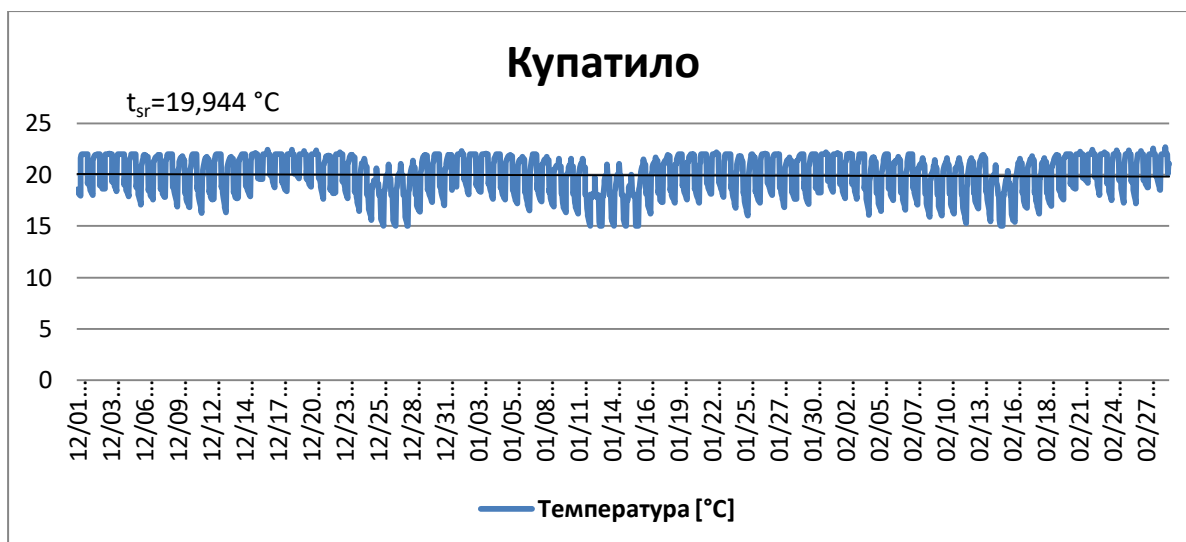
Слика 50. Енергија потребна за загревање станова - случај 4, сценарио 1

Дневна соба стана 8 потпуно изоловане зграде ће има највишу вредност средње температуре ваздуха у односу на све случајеве ($19,696^\circ\text{C}$) (слика 51).



Слика 51. Температура у дневној соби - случај 4, сценарио 1

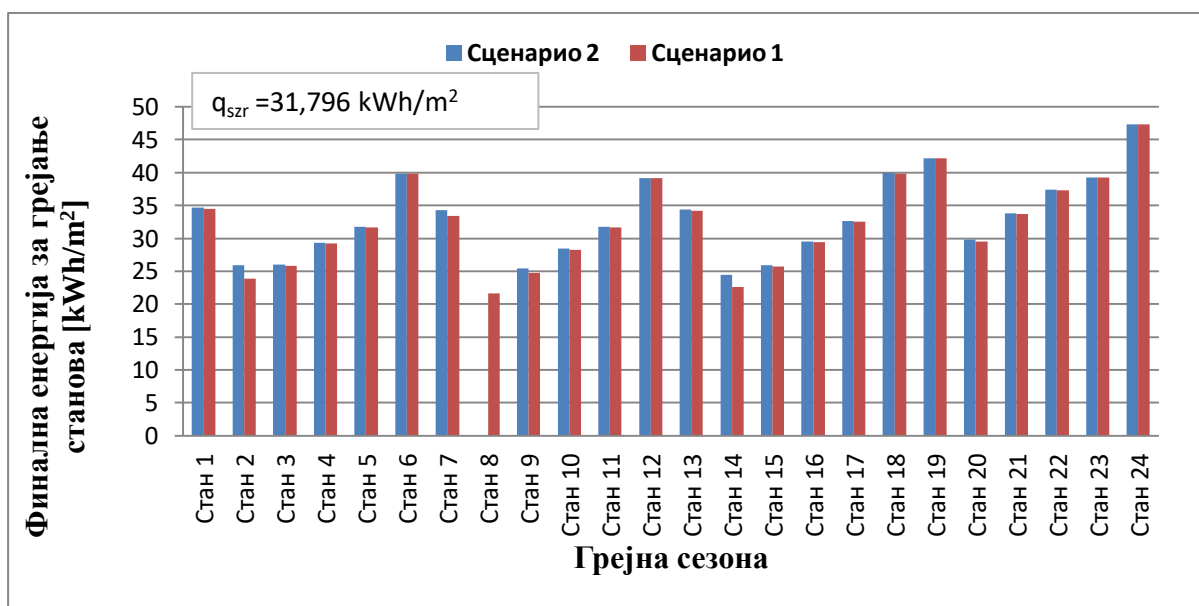
Просечна вредност температуре ваздуха у купатилу износи $19,944^\circ\text{C}$. Са слике 52 се може видети равномерност максималне пројектне температуре која не прелази (22°C).



Слика 52. Температура у купатилу-случај 4, сценарио 1

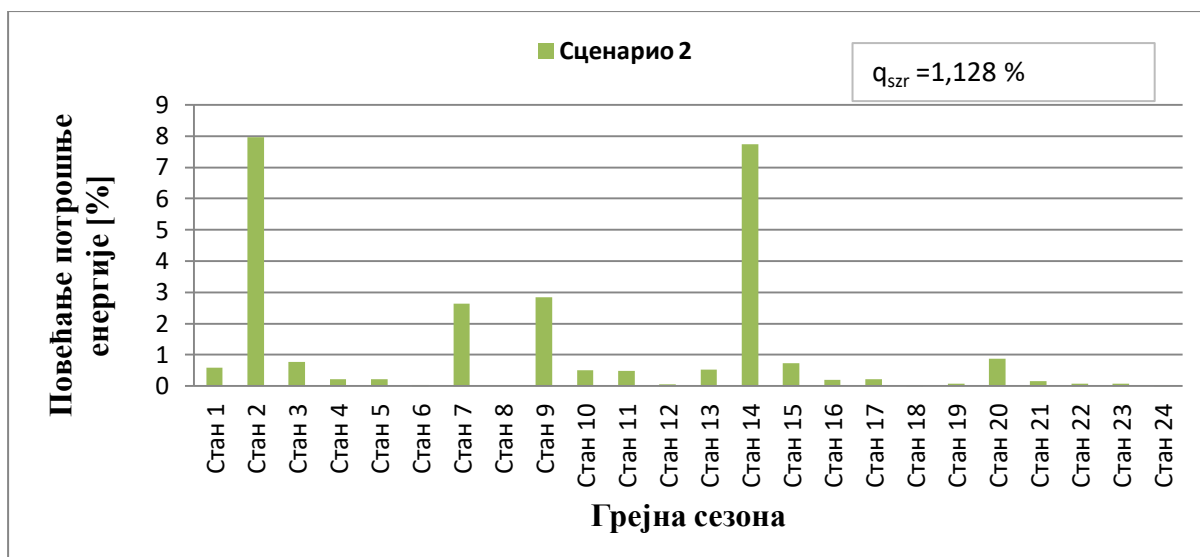
5.4.2. Сценарио 2

Средња специфична потрошња енергије се није много променила и износи $31,796 \text{ kWh/m}^2$. Остале промене по становима се могу анализирати са слике 53.



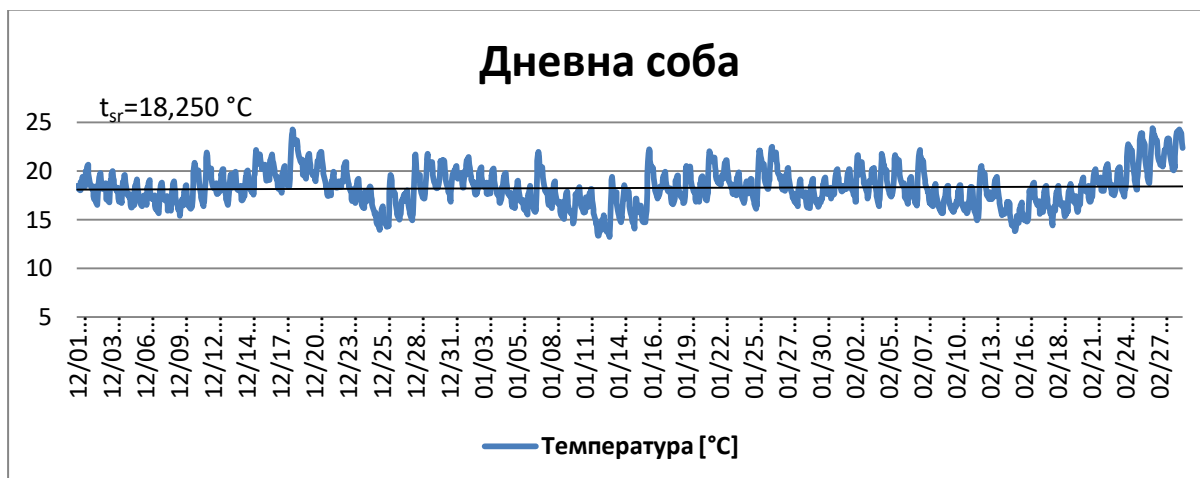
Слика 53. Енергија потребна за загревање станова - случај 4, сценарио 2

Промене изражене у процентима су највеће као и у претходним сценаријима, а оне су у становима 2, 14, 7 и 9 (7,97 %, 7,744 %, 2,638%, 2,840 %). Једина разлика је то што у овом сценарију стан 2 има већи пораст потрошње од стана 14. Процентуално повећање средње специфичне енергије износи 1,128 % (слика 54).



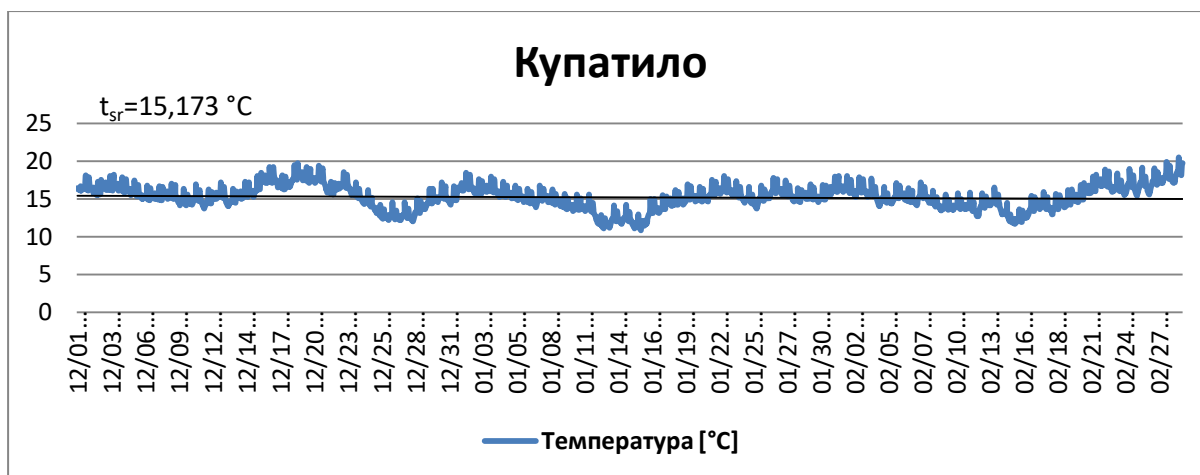
Слика 54. Повећање енергије за загревање станова - случају 4, сценарио 2

Температуре ваздуха у дневној соби за овај сценарио имају просечну вредност која износи 18,250 °C. Као што се може видети на слици 55 температуре достижу вредности испод 15 °C (13 °C).



Слика 55. Температура у дневној соби - случај 4, сценарио 2

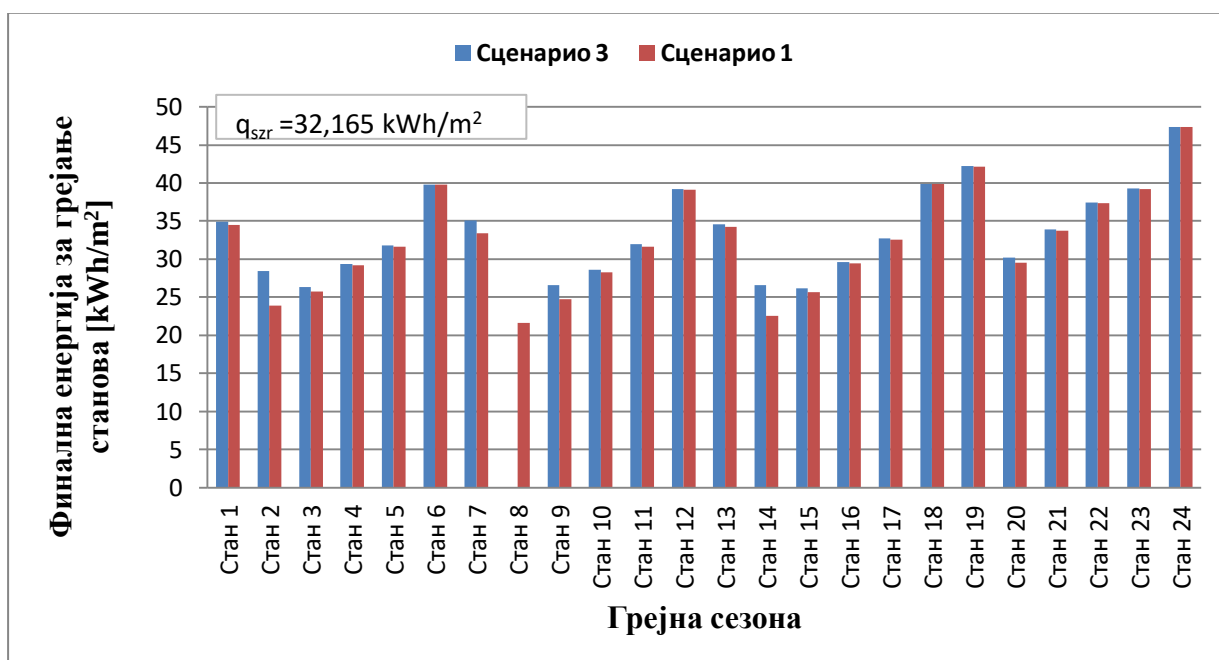
Гледајући слику 56, примећујемо да се средња температура ваздуха у купатилу креће око 15,173 °C. Минималне температуре су нешто ниже него у дневној соби и достижу вредности од 10,5 °C.



Слика 56. Температура у купатилу - случај 4, сценарио 2

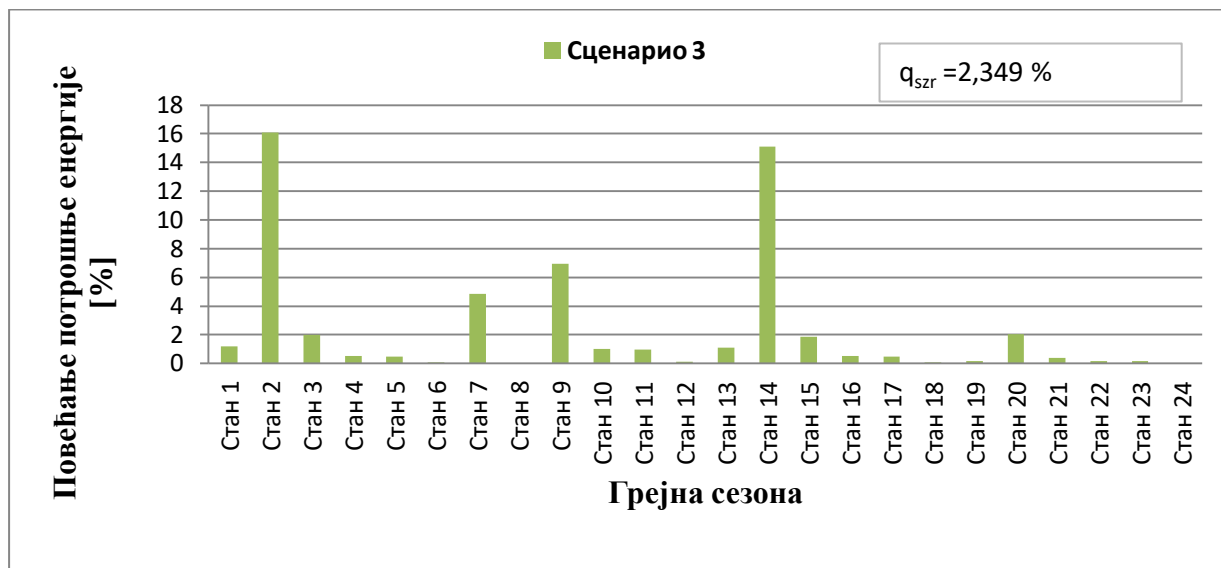
5.4.3. Сценарио 3

Сценарио 3 представља потпуно изоловану зграду са неусељеним станом 8 (искључена грејна тела, електрични апарати, осветљење и без присуства људи). Средња специфична потрошња која износи $32,165\text{ kWh/m}^2$ је већа него у претходном сценарију. Станови код којих нема промене потрошње су (6, 12, 18 и 24) (слика 57), јер немају контакт са станом 8, нити се налазе на истој вертикали.



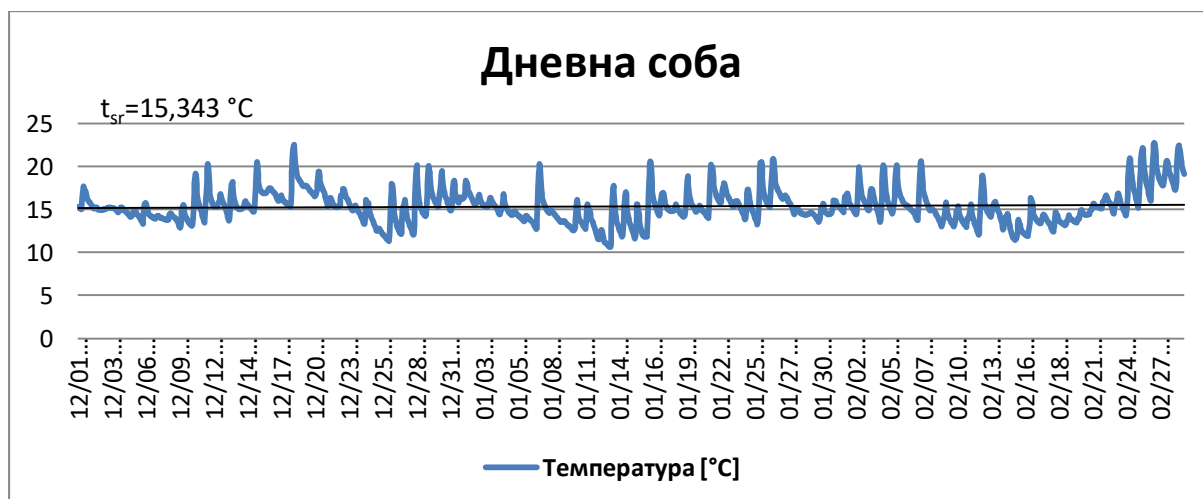
Слика 57. Енергија потребна за загревање станова - случај 4, сценарио 3

У становима 2 и 14 долази до повећања од 7% у односу на претходни сценарио и њихове вредности сада износе 16,083 % и 15,117 %. Ово представља највећи процентуални скок у поређењу са базним сценариом узимајући у обзир све случајеве. Повећања у становима (7 и 9) износе 4,862 % и 6,956 %, док средње процентуално повећање износи 2,349 % (слика 58).



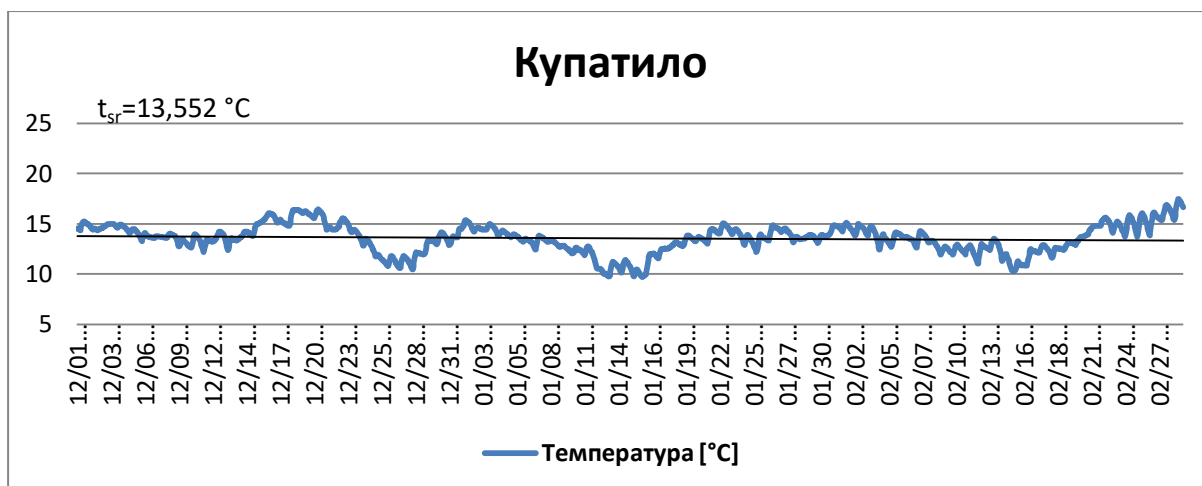
Слика 58. Повећање енергије за загревање станова - случају 4, сценарио 3

Као што се може видети на слици 59 температуре ваздуха достижу вредност од 10 °C, а просечна температура је 15,343 °C. У овом сценарију је температура нешто виша јер постоји изолација спољњег зида за разлику од случаја 3.



Слика 59. Температура у дневној соби - случај 4, сценарио 3

Просечна температура ваздуха у купатилу износи 13,552 °C, док се минимална температура у односу на дневну собу разликује за 1 °C и износи 9 °C (слика 60).



Слика 60. Температура у купатилу - случај 4, сценарио 3

6. Закључак

Тема овог рада јесте анализа потрошње енергије потребне за загревање станова суседних негрејаном стану 8. Анализирано је 4 случаја: потпуно неизолована зграда (ниједна конструкција не испуњава правилник о енергетској ефикасности (Случај 1)); изолован спољни зид и кров (према правилнику о енергетској ефикасности (Случај 2)); изолован стан 8 (постављена изолација ка суседним становима 2, 7, 9 и 14 према правилнику о енергетској ефикасности (Случај 3)); потпуно изолована зграда (коэффициент пролаза топлоте за сваку конструкцију испуњава правилник о енергетској ефикасности (Случај 4)). Треба напоменути да се сваки случај састоји од три сценарија: у свим становима раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни људи (сценарио 1); у стану 8 не раде грејна тела, укључени су електрични уређаји и осветљење и присутни су људи (сценарио 2); у стану 8 не раде грејна тела, искључени су електрични уређаји и осветљење и нема присуства људи (сценарио 3). Средња специфична потрошња енергије (q_{sgr}) за сценарио 1 износи: 63,192 kWh/m² (случај 1); 39,498 kWh/m² (случај 2); 63,102 kWh/m² (случај 3); 32,388 kWh/m² (случај 4). Процентуално повећање потрошње топлотне енергије суседних станова за сценарио 2 износи: стан 2 (7 % (случај 1); 6,532 % (случај 2); 5,187 % (случај 3); 7,97 % (случај 4)); стан 14 (7,5 % (случај 1); 7,312 % (случај 2); 5,690 % (случај 3); 7,744 % (случај 4)); стан 7 (2,385 % (случај 1); 3,015 % (случај 2); 1,606 % (случај 3); 2,638 % (случај 4)); стан 9 (2,869 % (случај 1); 3,308 % (случај 2); 2,186 % (случај 3); 2,840 % (случај 4)). Повећање потрошње топлотне енергије изражено у процентима за сценарио 3: стан 2 (11,757 % (случај 1); 10,926 % (случај 2); 9,091 % (случај 3); 16,083 % (случај 4)); стан 14 (12,143 % (случај 1); 11,684 % (случај 2); 9,614 % (случај 3); 15,117 % (случај 4)); стан 7 (3,60 % (случај 1); 4,442 % (случај 2); 2,535 % (случај 3); 4,862 % (случај 4)); стан 9 (5,38 % (случај 1); 6,206 % (случај 2); 4,092 % (случај 3); 6,956 % (случај 4)). Средње температуре ваздуха (t_{sr}) у дневној соби негрејаног стана за сценарио 2 износе: 16,957 °C (случај 1); 18,066 °C (случај 2); 16,368 °C (случај 3); 18,250 °C (случај 4). Средње температуре ваздуха (t_{sr}) у дневној соби за сценарио 3 су: 14,926 °C (случај 1); 16,029 °C (случај 2); 13,679 °C (случај 3); 15,343 °C (случај 4). Просечне температуре ваздуха (t_{sr}) у купатилу за сценарио 2 износе: 15,159 °C (случај 1); 15,878 °C (случај 2); 14,408 °C (случај 3); 15,173 °C (случај 4). Код сценарија 3 просечне температуре ваздуха (t_{sr}) у купатилу су: 14,221 °C (случај 1); 14,943 °C (случај 2); 13,115 °C (случај 3); 13,552 °C (случај 4). На основу резултата симулација може се закључити да су најмања процентуална повећања потрошње енергије за случај 3. С друге стране највећа процентуална повећања потрошње енергије су за случај 4. Најниже температуре ваздуха у дневној соби и купатилу су регистроване за случај 3 (сценарио 3), док је највиша температура за дневну собу у случају 4 (сценарио 2), а у купатилу за случај 2 (сценарио 2). На крају се може закључити да "ушушкани" станови, као што је стан 8, би требало да плаћају већу цену грејања у односу на суседне станове, јер добијају топлоту од њих. Ови подаци би могли бити корисни топланама приликом обрачунавања и наплате енергије по становима.

7. Литература

[1] Агенција за енергетску ефикасност-Енергетска ефикасност у зградарству. Преузето са: <http://www.gradjevinarstvo.rs/>. (приступљено 10.09.2016)

[2] Енергетска ефикасност. Преузето са: <http://www.greenhome.co.me/> (приступљено 10.09.2016)

[3] Тасић С., Расподела топлотне енергије у згради, мастер рад

[4] Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре РС. <http://www.mgsi.gov.rs/>. Правилник о енергетској ефикасности зграда (приступљено 09.08.2016)

[5] SketchUp Software. Преузето са: <http://www.sketchup.com/> (приступљено 05.09.2016)

[6] EnergyPlus Simulation Software. Преузето са: <https://energyplus.net/> (приступљено 05.09.2016)