

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Дарија Р. Гајић

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА  
ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ  
УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ  
ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

докторска дисертација

Београд, 2014

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ARCHITECTURE

Darija R. Gajić

**ENERGY OPTIMISATION OF THE  
BUILDING ENVELOPE ON THE  
REPRESENTATIVE SAMPLES OF THE  
EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS IN  
BANJA LUKA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

МЕНТОР:

Проф. др Александра Крстић – Фурунџић,  
редовни професор Архитектонског факултета у Београду

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Проф. др Александра Крстић – Фурунџић,  
редовни професор Архитектонског факултета у Београду

др Мила Пуцар, научни саветник  
Институт за архитектуру и урбанизам Србије (ИАУС), Београд

Проф. др Миленко Станковић,  
редовни професор Архитектонско-грађевинског факултета  
Универзитета у Бањој Луци

датум одбране:

---

Београд

## **ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

### *Апстракт*

Потрошња енергије, која је у сталном порасту због индустријског развоја и повећања животног стандарда, доводи до несташнице природних ресурса и загађења човјекове околине, што на глобалном нивоу, индиректно утиче на климатске промјене. Имајући у виду процјену да се око 51,8% укупне енергије троши у оквиру грађевинског фонда у Републици Српској, један од приоритетних и дугорочних циљева је истраживање енергетске оптимизације зграда. Основни задатак истраживања је одређивање репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука, који представљају референтне зграде за примјену мјера у циљу енергетске оптимизације омотача. У раду се разматрају климатске карактеристике града Бањалука, које су релевантне за енергетску оптимизацију омотача. Предметно истраживање даје информације о адекватним материјалима за енергетску оптимизацију омотача. Такође, дају се и препоруке и методологија за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда на подручју града Бањалука и шире. Пројектовање и примјена мјера у циљу енергетске оптимизације омотача и обезбјеђивању топлотног комфора, захтијева да архитекта, као и остали стручњаци који учествују у пројектовању, посједују адекватна знања о овим мјерама и могућностима њихове примјене. Циљ је да се сагледају параметри енергетске ефикасности, специфична потрошња енергије за гријање и емисија CO<sub>2</sub>, репрезентативних узорака, да се анализирају мјере обнове, кроз енергетску и економску анализу адекватних материјала доступних на тржишту Босне и Херцеговине и да се установе референтни модели обнове омотача репрезентативних узорака. У раду се представљају анализе енергетских уштеда и исплативости примијењених мјера за енергетску оптимизацију омотача на конкретним примјерима. У циљу унапређења предметне регулативе на подручју Републике Српске, резултати истраживања дају, за климатске услове Бањалуке, адекватан приједлог поставке граничних/допуштених вриједности коефицијената пролаза топлоте. У истраживању се анализирају технички и

економски параметри одабраних материјала и мјера за енергетску оптимизацију омотача зграда и утврђују конкретна унапређења омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука. Примјењени методолошки приступ и резултати омогућавају сагледавање параметара који утичу на потрошњу енергије за гријање у зградама и формирање референтних модела обнове омотача постојећих стамбених зграда.

*Кључне ријечи:* енергетска оптимизација омотача, репрезентативни узорци, обнова стамбених зграда града Бањалука, унапређење топлотног комфора, енергетски аудит (преглед) зграда, енергетске уштеде, економска исплативост мјера обнове, смањење емисија CO<sub>2</sub>

Научна област: Архитектура

Ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграде

УДК број: 699.86:728(497.6 Banjaluka)(043.3)

# **ENERGY OPTIMISATION OF THE BUILDING ENVELOPE ON THE REPRESENTATIVE SAMPLES OF THE EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS IN BANJA LUKA**

## *Abstract*

The energy consumption, constantly increasing due to industrial development and higher living standards, has been leading to impoverishment of both natural resources and environmental pollution, indirectly affecting the global climate change. Given the estimate that in the Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina) about 51.8% of the total energy is consumed in the building stock, one of the priorities and long-term goals is the research of energy optimisation of buildings, as an important aspect of overall energy efficiency.

The main task of research is to determine the representative samples of the existing residential buildings in Banja Luka, which are reference buildings for the implementation of measures aimed at energy optimization of the building envelope. This research discusses climatic characteristics of Banja Luka relevant for energy optimization of the building envelope. The research provides information on appropriate materials for energy optimization of the building envelope. In addition, the research provides recommendations and methodology for energy optimization of the existing residential building envelope in the city of Banja Luka and beyond. Design and implementation of energy efficiency measures in order to optimize the envelope and provide thermal comfort, requires that architects and other professionals engaged in designing possess adequate knowledge of the measures and their potential applications.

The aim is to review the parameters of energy efficiency for representative samples, specific energy consumption for heating and CO<sub>2</sub> emissions, and to analyse measures for refurbishment, through examining of appropriate materials available on the market of Bosnia and Herzegovina, in terms of energy and economy, and to establish reference models of refurbishment of the building envelope of representative samples. This research presents the analysis of energy savings and cost efficiency of measures applied to the energy optimization of the entire envelope of specified samples. Aiming to improve respective regulations in the Republic of Srpska, results of this research

provide adequate proposals for maximum/limit of U-value  $[W/(m^2K)]$  - thermal transmittance for the elements of the building envelope, for the climatic conditions of Banja Luka.

The research analyses the technical and economic parameters of materials and measures for energy optimization of the building envelope and determines concrete improvements for the building envelope for representative samples of existing residential buildings within the city of Banja Luka. The methodological approaches applied and the results allow overview of the parameters that influence on the consumption of energy for heating in buildings, as well as creation of reference models for refurbishment of the building envelope of existing residential buildings.

*Key words:* energy optimisation of building envelope, representative samples, refurbishment of residential buildings in Banja Luka, improved thermal comfort, energy audit of buildings, energy savings, profitability of energy efficiency measures, reduction of CO<sub>2</sub> emission.

Scientific field: Architecture

Field of Academic Expertise: Architectural constructions, materials and building physics

UDC: 699.86:728(497.6 Banjaluka)(043.3)

## САДРЖАЈ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>1 УВОД</b> .....	1
1.1 ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА .....	1
1.1.1 Хипотетички ставови о проблему истраживања .....	1
1.1.2 Пресјек основних теорија и резултата.....	3
1.1.3 Дефинисање значаја предмета истраживања.....	6
1.1.4 Теоријско и операционално одређивање предмета истраживања .....	7
1.1.4.1 Теоријско одређење предмета истраживања .....	7
1.1.4.2 Операционално одређење предмета истраживања.....	9
1.2 НАУЧНИ ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА .....	11
1.3 ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА .....	13
1.4 ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ.....	14
1.4.1 Општа хипотеза .....	14
1.4.2 Посебне хипотезе.....	14
1.5 МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА .....	15
1.6 НАУЧНА И ДРУШТВЕНА ОПРАВДАНОСТ ИСТРАЖИВАЊА.....	17
1.6.1 Научна оправданост истраживања.....	17
1.6.2 Друштвена оправданост истраживања .....	18
1.7 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА ПРИМЈЕНА.....	20
1.8 КРИТИЧКИ ОСВРТ НА ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА .....	21
1.8.1 Истраживања у области енергетске оптимизације постојећих зграда .....	21
1.8.2 Истраживања карактеристика одабраних мјера обнове у циљу енергетске оптимизације омотача постојећих зграда са аспекта одрживог развоја .....	24
1.8.3 Истраживања карактеристика, значајних за енергетску оптимизацију омотача, стамбене изградње од 1945. до 1980. године на подручју града Бањалука.....	31
1.9 ПРЕГЛЕД САДРЖАЈА РАДА .....	33
<b>2 ДЕФИНИСАЊЕ И ЕФИКАСНОСТ ЕНЕРГЕТСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ ОМОТАЧА ПОСТОЈЕЋИХ ЗГРАДА .....</b>	<b>36</b>
2.1 Основни разлози и фактори у планирању енергетске оптимизације постојећих зграда.....	36
2.1.1. Распољивост енергетских извора, потрошња енергије и емисија CO <sub>2</sub> .	43
2.1.2 Одрживи развој и регулативни оквир у Европској Унији.....	51
2.1.3 Карактеристике умјерене климе и топлотни комфор унутар зграде.....	60
2.1.4 Компактност зграде (фактор облика), омотач, инсталације и употреба зграде .....	64
2.2 Циљеви енергетске оптимизације омотача зграда као конвенционалних и пасивних концепата.....	74
2.3 Анализа резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације омотача зграда у Европској Унији.....	77
2.3.1 Енергетска оптимизација омотача конвенционалним елементима и транспарентном термоизолацијом као елементом пасивног соларног система.....	78
2.3.2 Енергетска оптимизација омотача застакљивањем лођа.....	85



### **3 ОДРЕЂИВАЊЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА ..... 90**

3.1	Стандарди и прописи о топлотној заштити зграда у БиХ .....	90
3.1.1	Развој стандарда и прописа о топлотној заштити зграда на предметном подручју .....	90
3.2	Анализа стамбеног грађевинског фонда .....	93
3.2.1	Врсте конструктивних система и начина материјализације стамбене изградње .....	95
3.2.2	Присутност карактеристичних врста постојећих стамбених зграда и њихова диспозиција у контексту њиховог груписања.....	106
3.3	Закључак – избор репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда.....	111

### **4 КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ГРАДА БАЊАЛУКА РЕЛЕВАНТНЕ ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ОПТИМИЗАЦИЈУ ОМОТАЧА ЗГРАДА.....115**

4.1	Сунчево зрачење.....	115
4.2	Трајање осунчања и облачност .....	123
4.3	Температура и влажност ваздуха.....	126
4.4	Брзина и доминантност вјетрова.....	132

### **5 АУДИТ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА СА АСПЕКТА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ .....134**

5.1	Општи подаци о стамбеним блоковима репрезентативних узорака града Бањалука (за аспект енергетске ефикасности) .....	134
5.2	Енергетски аудит – преглед као еквивалент енергетском сертификовању ...	141
5.3	Енергетски аудит стамбене зграде градње послије Другог свјетског рата – Узорак 1 – насеље Кочићев вијенац .....	153
5.3.1	Насеље Кочићев вијенац са освртом на стамбени блок репрезентативног узорка – урбанистички параметри релевантни за енергетску ефикасност Узорка 1 .....	153
5.3.2	Стамбена зграда градње послије Другог свјетског рата – Узорак 1 – насеље Кочићев вијенац.....	160
5.3.2.1	Топлотни капацитет зграде и остали референтни подаци зграде Узорка 1 .....	160
5.3.2.2	Карактеристике омотача Узорка 1 у погледу енергетских перформанси – потрошње енергије за гријање.....	168
5.3.2.3	Потрошња финалне енергије за гријање Узорка 1 .....	184
5.3.2.4	Потрошња примарне енергије за гријање и емисија CO <sub>2</sub> Узорка 1.....	192
5.4	Енергетски аудит стамбене зграде просперитетне градње – Узорак 2 – насеље Борик.....	195
5.4.1	Насеље Борик са освртом на стамбени блок репрезентативног узорка – урбанистички параметри релевантни за енергетску ефикасност Узорка 2 .....	195
5.4.2	Стамбена зграда просперитетне градње – Узорак 2 – насеље Борик .....	199

5.4.2.1	Топлотни капацитет зграде и остали референтни подаци зграде Узорка 2 .....	199
5.4.2.2	Карактеристике омотача Узорка 2 у погледу енергетских перформанси – потрошње енергије за гријање .....	208
5.4.2.3	Потрошња финалне енергије за гријање Узорка 2 .....	223
5.4.2.4	Потрошња примарне енергије за гријање и емисија CO <sub>2</sub> Узорка 2 .....	229
5.5	Упоредна анализа репрезентативних узорака .....	232

## **6 АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКИХ УШТЕДА И СМАЊЕЊА ЕМИСИЈА CO<sub>2</sub> ПРИМЈЕНОМ ОДАБРАНИХ МЈЕРА ОБНОВЕ ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ОПТИМИЗАЦИЈУ ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА .....**

235

6.1	Анализа мјера и материјала обнове у циљу енергетске оптимизације омотача постојећих стамбених зграда примјењивих на репрезентативним узорцима.....	235
6.1.1	Одабир адекватних материјала за енергетску оптимизацију непровидних елемената омотача .....	239
6.1.2	Одабир адекватних материјала за енергетску оптимизацију транспарентних елемената омотача.....	265
6.2	Анализа енергетских уштеда примјеном одабраних мјера обнове у циљу енергетске оптимизације омотача релевантне за репрезентативне узорке.....	292
6.3	Анализа економске исплативости одабраних мјера за дефинисање референтних модела обнове .....	309
6.3.1	Референтни модел обнове стамбене зграде послеријатне градње – Модел 1 – насеље Кочићев вијенац .....	326
6.3.1.1	Техничке карактеристике референтног модела обнове Узорка 1 .....	326
6.3.1.2	Доприноси енергетске оптимизације омотача референтног модела обнове Узорка 1 .....	334
6.3.2	Референтни модел обнове стамбене зграде просперитетне градње – Модел 2- насеље Борик .....	338
6.3.2.1	Техничке карактеристике референтног модела обнове Узорка 2 .....	338
6.3.2.2	Доприноси енергетске оптимизације омотача референтног модела обнове Узорка 2 .....	349
6.4	Упоредна анализа енергетских уштеда и смањења емисија CO <sub>2</sub> на референтним моделима обнове .....	353

## **7 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА .....**

357

7.1	Основни закључци.....	357
7.2	Правци даљег истраживања.....	364

## **8 ЛИТЕРАТУРА .....**

367

## **БИОГРАФИЈА АУТОРА .....**

374

## **ПРИЛОЗИ – КЊИГА 2**

## СПИСАК ТАБЕЛА, ГРАФИКОНА И СЛИКА

### ПОГЛАВЉЕ 2

Табеле:

Табела 1. Упоредни приказ БДП-а (према вриједности америчког долара из августа 2012.године), потрошње и производње енергије Босне и Херцеговине, земаља у окружењу и појединих високо развијених земаља, према подацима Свјетске банке, <http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>

Табела 2. Потрошња финалне енергије у Републици Српској - прогнозирани подаци за 2010.годину ЕИХП према сценарију С3 из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030., стр. 25., подаци из Енергетског биланса РС план за 2010. год., Ово је Република Српска, 2011.Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba)) и подаци из Енергетског биланса РС план за 2011. год., Ово је Република Српска, 2011.Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba))

Табела 3. Структура производње примарне енергије Републике Српске - подаци ЕИХП из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030., стр. 301., подаци из Енергетског биланса РС план за 2010. год., Ово је Република Српска, 2011. Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba)), [http://nasasuma.com/download/godisnja\\_analiza\\_aktivnosti\\_korisnika\\_suma\\_u\\_svojn\\_i\\_republike.pdf](http://nasasuma.com/download/godisnja_analiza_aktivnosti_korisnika_suma_u_svojn_i_republike.pdf), Ово је Република Српска, 2011., Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba)), Пресјек и анализа стања шума РС за 2010. год. (<http://www.nasasuma.com/>), прогнозирани подаци за 2010.годину ЕИХП из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030.

Табела 4. Коefицијенти (индикатори) примарне енергије и специфичне емисије CO<sub>2</sub> за енергенте према стандарду EN 15603, Извор: интерни документ ENSI (Energy Saving International) из 2009.год.

Табела 5. Критеријуми за одрживу изградњу према Асоцијацији инжењера архитектуре и грађевинарства Швајцарске (SIA 112/1), према Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 191.

Табела 6. Критеријуми за одрживу изградњу према систему за дијагностику квалитета одрживе градње (DSQ) према Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 192-193

Табела 7. Индикатори квалитета стана, зграде и простора према Di Giulio, R. Krstic A., et al., *Improving the Quality of Suburban Building Stock*, COST Action TU0701, Malta: Faculty for the Built Environment, University of Malta, 2010., стр. 183-193.

Табела 8. Омотач зграде кроз утицајне факторе, особине и фунције, према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 83.)

Табела 9. Циљеви, концепти, мјере и параметри који утичу на енергетски ефикасну оптимизацију омотача према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 85.)

Табела 10. Приказ пројеката обнове зграда са транспарентном термоизолацијом као елемента пасивног соларног система и њихове енергетске и економске уштеде према Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000.

Табела 11. Приказ пројеката обнове зграда са застакљеним ложама као елементима пасивног соларног система и њихове енергетске и економске уштеде према Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000

Графикони:

Графикон 1. Приказ односа БДП-а и потрошње примарне енергије по становнику за 2009.години према подацима Свјетске банке, <http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>

Графикон 2. Потрошња енергије по секторима у земљама ЕУ за 2005. год., према подацима Хрс Борковић, Ж. и др., *Водич кроз енергетски ефикасну градњу*, ЕИХП, 2005., стр.6.

Графикон 3. Потрошња енергије по секторима у Републици Српској за 2005. год. према подацима Стратегије развоја енергетике Р.С., до 2030. год., стр. 9., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Графикон 4а и б. Подаци Владе Републике Српске у Енергетском билансном плану за 2010.годину, [http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En\\_bilans\\_2010%20cir.pdf](http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En_bilans_2010%20cir.pdf)

Графикон 5. Учешће у укупној потрошњи енергије у Републици Српској према подацима Стратегије, стр. 301., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Графикон 6. Учешће у финалној потрошњи енергије у Републици Српској према подацима Стратегије, стр. 9., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Графикон 7. Индекс раста БДП-а за Републику Српску према вишем и нижем сценарију према Стратегији развоја енергетике Републике Српске до 2030. године, стр. 8., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Графикон 8. Потрошња финалне енергије према сценарију 1 – С1 (Стратегија, стр.21)

Графикон 9. Потрошња финалне енергије према сценарију 2 – С2 (Стратегија, стр. 23.)

Графикон 10. Потрошња финалне енергије према сценарију 3 – С3 (Стратегија, стр. 25.)

Графикон 11. Упоредни приказ сва три сценарија укупне потрошње финалне енергије и укупне потрошње енергије по енергентима (примар. ен.)

Графикон 12. Упоредни приказ властите снабдевености енергијом Републике Српске и осталих земаља, према подацима ЕИХП; IEA Energy balances of OECD countries; IEA Energy balances of non - OECD countries објављеним у Стратегији, стр. 303., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Графикон 13. Специфична емисија CO<sub>2</sub> по укупно утрошеној енергији, према подацима ЕИХП и IEA Statistics, објављеним у Стратегији, стр. 316., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Слике:

Слика 1. Комфор у релацији температура унутрашњег ваздуха и површине зида са висином U-кофицијента елементата омотача према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр.58.)

Слика 2. Комфор у релацији температура унутрашњег ваздуха и површине пода према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 58.)

Слика 3. Комфор у релацији температура унутрашњег ваздуха и површине плафона према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 58.)

Слика 4. Релација температуре и релативне влажности ваздуха под којима се стварају услови за клијање плијесни према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 59.)

Слика 5. Комфор у релацији температуре и релативне влажности ваздуха унутар просторије према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 59.)

Слика 6. Комфор у релацији температуре и брзине ваздуха непосредно уз човјека према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр.59.)

Слика 7. Утицај фактора облика зграде на потрошњу примарне енергије према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 86.)

Слика 8. Утицај фактора прозора и квалитета стакла на потрошњу примарне енергије једне приватне куће са оријентацијом прозора J:3/И:С=3:2:1 према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 92.)

Слика 9. Упоредни приказ груписања типских јединица (зграда) и утицај њихових карактеристика на губитке топлоте кроз омотач и потрошњу енергије за гријање према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр.70.)

Слика 10. Примјер стамбене зграде у Фрајбургу, Њемачка, гдје је примјењен композитни систем и на слици је у сивим зонама фасаде. Дебљина од 10cm ТИ чини U коеф. =0,94W/m<sup>2</sup>K (Voss, K. Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Building Renovation, pp. 8., <http://www-cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf>)

Слика 11. Примјер стаклене зид-завјесе са ТИ на постојећој стамбеној згради у Нидерунену, Швајцарска (Voss K., Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Building Renovation, pp. 9., <http://www-cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf>)

Слика 12. Приказ структуре инвестирања – цијена искључује ПДВ и одговара периоду обнове (на основу извора Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000., pp. 13.)

Слика 13. Приказ уштеде енергије (на основу извора Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000., pp. 13.)

Слика 14. Приказ утицаја целулозног саћа на спољашњи зид, слика лијево и слојеви система GAP-solution у пресеку, слика у средини и приказ на згради, слика десно (доступно 20.05.2013. на сајту <http://www.gap-solution.at/produkte.html> )

Слика 15. Графички приказ слојева и споја два фасадна панела система Lucido Solar AG, 1. стакло 4mm (за захват сунчеве енергије и као заштита од вањских утицаја), 2. ваздушни простор 16mm (вјетрени слој), 3. дрвени панел 40mm (за апсорбовање топлоте), слика лијево (доступно 24.03.2012. на сајту [http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Advances\\_in\\_Housing\\_Retrofit.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Advances_in_Housing_Retrofit.pdf)) и примјер зграде из 2006. године у Вилу (Wil) на истоку Швајцарске, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту [http://www.lucido-solar.com/eng\\_portfolio.htm](http://www.lucido-solar.com/eng_portfolio.htm))

Слика 16. Застакљене лође зграде у Зандаму у Холандији (Voss K., Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Building Renovation, pp. 7., доступно 10.03.2013. на сајту [www.cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf](http://www.cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf)), лијево и приказ застакљених лођа на згради у Ден Хагу у Холандији, Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000., pp. 11., интерни документ), десно

### ПОГЛАВЉЕ 3

Табеле:

Табела 12. Упоредни преглед вриједности коефицијената пролаза топлоте у карактеристичним временским периодима - Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова, Службени лист СФРЈ бр. 45 из 1967. године, Правилник о техничким мјерама и условима за топлотну заштиту зграда, Службени лист СФРЈ бр. 35 из 1970. године, Правилник о југословенским стандардима за топлотну технику у грађевинарству, Службени лист СФРЈ бр. 3 из 1980. године ЈУС У.Ј5.510 – Топлотна техника у грађевинарству – Методе прорачуна коефицијената пролаза топлоте у зградама из 1987. године, и ЈУС У.Ј5.600 – Топлотна техника у грађевинарству – Технички услови за пројектирање и грађење зграда из 1987. године.

Табела 13. Процентуално изражен број изграђених станова по временским периодима - информационе база података добијена из пописа спроведених 1961., 1971., 1981. и 1991. године и обрађених од стране Савезног завода за статистику СФРЈ – Београд и Републичког завода за статистику СР БиХ – Сарајево

Табела 14. Фактор облика карактеристичних стамбених зграда на подручју града Бањалука до 1980.године

Табела 15. Присутност карактеристичних врста постојећих стамбених зграда града Бањалука до 1980. године

Слике:

Слика 17. Приказ карактеристичних временских периода масовне стамбене изградње у појединим насељима града Бањалука – карта

Слика 18. Стамбена зграда у улици Краља Петра I Карађорђевића (Центар 2)

Слика 19. Некад „Царска кућа“ данас Архив Републике Српске у Алеји Светог Саве (Центар)

Слика 20. Стамбена зграда на углу Алеје Светог Саве и Улице Васе Пелагића (Центар)

Слика 21. Стамбена зграда у Алеји Светог Саве (Центар)

Слика 22. Карта сеизмичке микрореонизације урбанистичког подручја Бањалуке -

Урбанистички план града Бањалука – синтеза, Урбанистички завод, Бањалука, 1975., стр. 81.

Слика 23. Позиција и изглед стамбене изградње периода од 1945-1967 у односу на сеизмичку микрореонизацију града Бањалука – карта

Слика 24. Стамбена зграда у Улици талијанског батаљона (Чаире-Кочићев вијенац)

Слика 25. Стамбена зграда у Улици Степе Степановића (Мејдан-Обилићево)

Слика 26. Стамбена зграда у Улици Мајке Кнежепољке (Борик)

Слика 27. Стамбена зграда у Масариковој улици (Нова варош)

Слика 28. Стамбена зграда на углу улица Триве Амелице, Краља Петра II Карађорђевића и Вождовачке улице (Росуље)

Слика 29. Стамбена зграда на углу улица Николе Пашића, Булевара Војводе Радомира Путника и Гундулићевог улице (Центар)

Слика 30. Дио насеља Центра I- позиција двора и павиљона (период 1920-1945)

Слика 31. Дио насеља Центар II- позиција вила (период до 1920.)

Слика 32. Дио насеља Обилићево- сивом бојом означене постојеће стамбене зграде (период 1945-1967)

Слика 33. Дио насеља Кочићев вијенац - сивом бојом означене постојеће стамбене зграде (период 1945-1967)

Слика 34. Дио насеља Борик – сиво-жутом бојом означене постојеће стамбене зграде (период од 1967-1980)

Слика 35. Дио насеља Нова варош - сивом бојом означене постојеће стамбене зграде (период 1967-1980)

Слика 36. Дио насеља Центар I – сивом бојом означене постојеће стамбене ламеле (изграђене након 1987. године)

Слика 37. Дио насеља Росуље – сивом бојом означене постојеће стамбене ламеле (изграђене након 1987. године)

Слика 38. Позиција репрезентативног узорка из периода 1945-1967 у насељу Кочићев вијенац

Слика 39. Позиција репрезентативног узорка из периода 1967-1980 у насељу Борик

## ПОГЛАВЉЕ 4

Табеле:

Табела 16. Средње дневне дозрачености сунчеве енергије према југу нагнуте површине за Бањалуку (44°46' географске ширине, 17°11' географске дужине, 161m над. висине) према ЕИХП (извор: Стратегија развоја енергетике РС до 2030. год. стр.261 )

Графикони:

Графикон 14. Упоредни приказ укупног сунчевог зрачења на хоризонталну површину за Бањалуку према Метеонорму и максимално могућег сунчевог зрачења на хоризонталну површину за 45° сјеверне географске ширине у  $W/m^2$

Графикон 15. Упоредни приказ укупног сунчевог зрачења на хоризонталну површину у  $W/m^2$  за Бањалуку и поједине градове према Метеонорму

Графикон 16. Упоредни приказ укупно дозрочене сунчеве енергије на хоризонталну површину по мјесецима и збирно на нивоу године у  $kWh/m^2$  за Бањалуку и поједине градове према Метеонорму

Графикон 17. Упоредни приказ три временска низа просјечног мјесечног трајања осунчања у часовима за подручје Бањалуке према Републичком хидрометеоролошком заводу Републике Српске

Графикон 18. Упоредни приказ средње облачности (1/10) у два временска периода за подручје Бањалуке према Републичком хидрометеоролошком заводу Републике Српске

Графикон 19. Упоредни приказ трендова климатолошких података за подручје Бањалуке за временски период од 1981-2000. године (податка о трајању осунчања извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012. и података о сунчевом зрачењу преко лиценцираног софтверског програма Метеонорм)

Графикон 20. Упоредни приказ просјечне температуре ваздуха у Бањалуци према десетогодишњем периоду у размаку од сто година (извор: <http://www.rhmzrs.com>)

Графикон 21. Просјечна годишња температура у Бањалуци од 1957-2007.године (извор: Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама, стр.43)

Графикон 22. Упоредни приказ средње мјесечне температуре ваздуха са средњим максимумом и средњим минимумом за подручје Бањалуке (период 2001.-2010. године, извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012.)

Графикон 23. Упоредни приказ средње мјесечне температуре ваздуха са средњим максимумом и средњим минимумом за подручје Бањалуке (период 1951.-2000. године, извор: Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, 2005.)

Графикон 24. Упоредни приказ параметара температуре за два периода (1951-2000 и 2001-2010) за подручје Бањалуке (извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012. и Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, 2005.)

Графикон 25. Упоредни приказ параметара температуре и релативне влажности ваздуха за релевантан период од 2001-2010. године за подручје Бањалуке (извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012.)

Графикон 26. Упоредни приказ просјечне брзине и доминантности вјетрова на подручју Бањалуке за два периода: период од 1951-1985. године (лијево, извор: Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, 2005.) и период од 2001-2010. године (десно, извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012.)

Слике:

Слика 40. Карта просјечне годишње дозрачене сунчеве енергије према хоризонталној површини у kWh/m<sup>2</sup> у диференцијалу од 50 kWh/m<sup>2</sup> (извор: Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама, стр.111)

Слика 41. Карта средње годишње дозрачене сунчеве енергије према хоризонталној површини у kWh/m<sup>2</sup> у диференцијалу од 100 kWh/m<sup>2</sup> (извор: Стратегија развоја енергетике РС до 2030. год. стр.260)

Слика 42. Просјечно дозрачено укупно сунчево зрачење kWh/m<sup>2</sup> за период од 1981-2000. године на карти Европе (диференцијал у интервалу од 100 kWh/m<sup>2</sup>) за подручје Босне и Херцеговине (извор: Метеонорм)

Слика 43. Графички приказ излазних података просјечне дозрачености укупног и дифузног сунчевог зрачења по мјесецима у W/m<sup>2</sup> за град Бањалуку према хоризонталној површини (извор: Метеонорм)

Слика 44. Табеларни приказ излазних података просјечне дозрачености укупног сунчевог зрачења по мјесецима и на годишњем нивоу у W/m<sup>2</sup> за град Бањалуку и то редом према површинама: хоризонталној, вертикалној (истоку, југу, западу, сјеверу), затим само дифузно зрачење према хоризонталној површини, просјечно дозрачено долазно дуготаласно сунчево зрачење, просјечно дозрачено дуготаласно сунчево зрачење према вертикалној површини (извор: Метеонорм)

Слика 45. Просторна дистрибуција средње годишње температуре у БиХ, период 1981-2010. год. (извор: SNC ВиН према UNFCCC драфт верзија август 2012, <http://www.rhmzrs.com>)

## ПОГЛАВЉЕ 5

Табеле:

Табела 17. Прорачун топлотног капацитета једне просторије на углу Узорка 1

Табела 18. Укупне и појединачне површине карактеристичних елемената омотача УЗОРКА 1 и њихове еквивалентне вриједности коефицијената

Табела 19. Прорачун топлотног капацитета једне просторије на препусту Узорка 2 унутар ламеле

Табела 20. Укупне и појединачне површине карактеристичних елемената омотача УЗОРКА 2 и њихове еквивалентне вриједности коефицијената

Табела 21. Упоредни приказ параметра репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука за прорачун специфичне потрошње топлотне енергије (финалне/коришћене енергије за гријање зграде) и еколошких параметара (емисије CO<sub>2</sub>) према EN ISO 15686

Графикони:

Графикон 27. Просјечна засјенченост узорка од окружења по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода према изласку и заласку сунца

Графикон 28. Просјечна укупна засјенченост према сатима карактеристичним за трајање сунца 22. децембра (период од 9 до 15 часова)

Графикон 29. Просјечна засјенченост прозора и улазних врата југоисточне фасаде узорка од 7 до 14 часова за гријни период од изграђеног окружења

Графикон 30. Просјечна засјенченост прозора сјеверозападне фасаде узорка од 13-17 часова и од 14-16 часова за гријни период од природног и изграђеног окружења

Графикон 31. Просјечна засјенченост прозора на југоисточној фасади од 8-12 часова за гријни период

Графикон 32. Просјечна засјенченост улазних врата на југоисточној фасади узорка од 8-12 часова за гријни период

Графикон 33. Забиљежене вриједности спољашње температуре ваздуха -  $t_s$ , густине топлотног флукса -  $q$ , температуре спољашње површине зида -  $t_{sz}$ , температуре унутрашње површине зида -  $t_{uz}$  и температуре ваздуха у просторији -  $t_u$  на елементу омотача  $U_1Z_1$

Графикон 34. Три релације прорачуна и вриједности U-коэффицијента при измјереним параметрима видним на Графикону 33.

Графикон 35. Упоредни приказ утицаја параметара на прорачун специфичне потрошње топлотне енергије Узорка 1 при стварној и пројектној температури у зони станова

Графикон 36. Губици топлоте (трансмисиони и вентилациони) у W/K кроз елементе омотача узорка 1 према програму ENSI EAB

Графикон 37. Губици топлоте (трансмисиони и вентилациони) у W/m<sup>2</sup>K кроз елементе омотача узорка 1 према програму ENSI EAB

Графикон 38. Просјечна специфична потрошња топлотне енергије по мјесецима и на нивоу године (просјек три године) зграде са инсталисаним мјерачем и без инсталисаног мјерача према цијени коштања градског гријања по m<sup>2</sup> нето површине и 1 MWh у насељу узорка 1 (Кочићев вијенац)

Графикон 39. Просјечна потрошња електричне енергије узорка 1 по мјесецима (просјек три године) према инсталисаном мјерачу

Графикон 40. Просјечна специфична потрошња електричне енергије Узорка 1 према мјесецима и на годишњем нивоу за гријни период (просјек три године)

Графикон 41. Упоредни приказ специфичне потрошња енергије Узорка 1 према билансним ставкама за стварни (постојећи) и пројектни (предвиђен стандардом) топлотни комфор

Графикон 42. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 1 при постојећем (стварном) топлотном комфору (зона станова 18.8°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Графикон 43. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 1 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова 20°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Графикон 44а. Просјечна засјенченост западне фасаде елемената у лођи (прозори и балконска узорка врата) узорка по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода од изграђеног окружења (сусједних зграда)

Графикон 44б. Просјечна засјенченост западне фасаде елемената (прозори на препусту) по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода од изграђеног окружења (сусједних зграда)

Графикон 45. Приказ засјенчености транспарентних елемената на западном дијелу омотача Узорка 2, по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода, од изграђеног окружења

Графикон 46. Забиљежене вриједности спољашње температуре ваздуха -  $t_s$ , густине топлотног флукса -  $q$ , температуре спољашње површине зида -  $t_{sz}$ , температуре унутрашње површине зида -  $t_{uz}$  и температуре ваздуха у просторији -  $t_u$  на елементу омотача  $U_2Z_1$

Графикон 47. Забиљежене вриједности спољашње температуре ваздуха -  $t_s$ , густине топлотног флукса -  $q$ , температуре спољашње површине зида -  $t_{sz}$ , температуре унутрашње површине зида -  $t_{uz}$  и температуре ваздуха у просторији -  $t_u$  на елементу омотача  $U_2Z_2$

Графикон 48. Три релације прорачуна и вриједности U-коэффицијента елемента омотача  $U_2Z_1$  при измјереним параметрима видним на Графикону 46.

Графикон 49. Три релације прорачуна и вриједности U-коэффицијента елемента омотача  $U_2Z_2$  при измјереним параметрима видним на графикону 47.

Графикон 50. Упоредни приказ утицаја параметара на прорачун специфичне потрошње топлотне енергије узорка 2 при стварној и пројектној температури у зони станова

Графикон 51. Губици топлоте (трансмисиони и вентилациони) у W/K кроз елементе омотача узорка 2 према програму ENSI EAB

Графикон 52. Губици топлоте (трансмисиони и вентилациони) у W/m<sup>2</sup>K кроз елементе омотача узорка 2 према програму ENSI EAB

Графикон 53. Просјечна потрошња електричне енергије узорка 2 по мјесецима (просјек три године) према инсталисаном мјерачу

Графикон 54. Просјечна специфична потрошња електричне енергије узорка 2 према мјесецима и на годишњем нивоу за гријни период (просјек три године)

Графикон 55. Упоредни приказ специфичне потрошња енергије Узорка 2 према билансним ставкама за стварни (постојећи) и пројектни (предвиђен стандардом) топлотни комфор



Графикон 56. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 2 при постојећем (стварном) топлотном комфору (зона станова 22.3°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Графикон 57. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 2 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова 20°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Слике:

Слика 46. Приказ насеља репрезентативних узорака (1-Кочићев вијенац, 2-Борик) у односу на центар града и западни и источни транзит на Синтезној карти плана организације, уређења и коришћења урбаног подручја у Урбанистичком плану Бањалуке 2008-2020 из 2008. године (документација Урбанистичког завода Републике Српске, а.д., Бањалука)

Слика 47. Регулациони план Кочићев вијенац, (лијеви дио Хисета, десно Чаире) доминантно постојеће колективно становање (сива боја) и планиране стамбено-пословне зграде (црвена боја) на Чаирама, означена позиција блока репрезентативног узорка 1 (документација Урбанистичког завода Републике Српске, а.д., Бањалука)

Слика 48. Регулациони план Борик, доминантно постојеће чисто колективно становање (жута боја) и колективно становање са пословањем у приземљу (сиво-ружичаста бока) и планиране стамбено-пословне зграде (црвена боја) и планиране пословне зграде (загасито црвена боја), означена позиција репрезентативног узорка 2 (документација Урбанистичког завода Републике Српске, а.д., Бањалука)

Слика 49. Приказ Правилника о енергетском сертификовању зграда у Федерацији БиХ ([http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_energetsko\\_certificiranje\\_objekata.PDF](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_energetsko_certificiranje_objekata.PDF)) и Хрватској ([http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_07\\_81\\_1906.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html))

Слика 50. Правилник о енергетском сертификовању зграда у Србији (<http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>)

Слика 51. Примјер прве три стране енергетског сертификата за стамбену зграду у Њемачкој, преузето 06.10.2012. са сајта <http://www.zukunft-haus.info/index.php?id=9632>

Слика 52а. Стамбени блок у насељу Кочићев вијенац, 22. децембар, 9 часова, поглед на блок са југоистока

Слика 52б. Стамбени блок у насељу Кочићев вијенац, 22. децембар, 12 часова, поглед на блок са југоистока

Слика 52в. Стамбени блок у насељу Кочићев вијенац, 22. децембар, 15 часова, поглед на блок са југозапада

Слика 53. Позиција насеља Буцак у односу на стамбена насеља репрезентативних узорака и параметри максималне и средње брзине вјетра према доминантим вјетровима за подручје града Бањалука

Слика 54. Прорачунати параметри максималне и средње брзине вјетра у стамбеном блоку дијела насеља Кочићев вијенац (Чаире) према доминантим вјетровима за подручје града Бањалука

Слика 55. Позиција репрезентативног узорка у насељу Кочићев вијенац и графички приказ оријентације узорка са азимутом сунца најкритичнијег мјесеца у години за осунчање зграде

Слика 56а. Приказ основе репрезентативног узорка и организационе шеме створене од идентичне двије цјелине изведене као у огледалу - два улаза са по три стана (шест станова на етажи)

Слика 56б. Приказ организационе шема станова и просторија унутар њих, те нето површине унутар конструктивног растера, на основи једне цјелине (улаз са три стана) репрезентативног узорка

Слика 57. Фотографија узорка (лијево) и модел узорка (десно) за 27. децембар у 12 часова

Слика 58. Утицај вјетра на узорак у насељу Кочићев вијенац

Слика 59. Анализа азимута сунца у 13 часова у јулу и у децембру на оријентацији репрезентативног узорка 1, затим оријентацији зграде која је чисто сјеверозапад – југоисток и запад-исток

Слика 60. Приказ елемената омотача на карактеристичном дијелу основе узорка 1

Слика 61. Приказ елемената омотача на југоисточном дијелу изгледа узорка 1 (на сјеверозападном дијелу изгледа идентични су нетранспарентни елементи омотача узорка 1, док се транспарентни елементи разликују због фактора засјенчености/заклоњености)

Слика 62. Приказ елемената омотача на пресеку узорка 1

Слика 63. Приказ елемената омотача на југозападном изгледу узорка 1 (идентични елементи и на сјевероисточном изгледу)

Слика 64. Снимак сјеверозападног фасадног зида - елемент У<sub>1</sub>З<sub>1</sub> (лијево) и елемент У<sub>1</sub>З<sub>2</sub> (десно)

Слика 65. Снимак сјеверозападног фасадног зида - тачка b ( $Y_1Z_1$ ), тачка a ( $Y_1Z_2$ ) и тачка c ( $Y_1Z_2$  на мјесту преградног зида)

Слика 70б. Приказ организационе шема станова и просторија унутар њих, те површине просторија заједно са преградним зидовима, на основи двије ламеле (два улаза са по четири стана) репрезентативног Узорка 2

Слика 71. Фотографија узорка и модела за 09. децембар у 15 и 30 часова (лијево) и фотографија узорка и модел узорка за 09. децембар у 16 часова (десно)

Слика 72. Утицај вјетра на узорак у насељу Борик

Слика 73. Приказ елемената омотача на карактеристичном дијелу основе узорка 2

Слика 74. Приказ елемената омотача на источном дијелу изгледа узорка 2 (на западном дијелу изгледа идентични су нетранспарентни елементи омотача узорка, док се транспарентни елементи разликују због фактора засјенчености/заклоњености)

Слика 75. Приказ елемената омотача на пресеку узорка 2

Слика 76. Приказ елемената омотача на јужном изгледу узорка 2 (исти елементи и на сјеверном изгледу)

Слика 77а. Снимак сјеверног фасадног зида - елемент  $Y_2Z_1$  (лијево) и елемент  $Y_2Z_7$  (десно)

Слика 77б. Снимак западног фасадног зида - елемент  $Y_2Z_5$  (лијево) и елемент  $Y_2Z_2$  (десно)

Слика 78а. Снимак сјеверног и источног фасадног зида – тачка b ( $Y_2Z_1$ ), тачка a ( $Y_2Z_7$ ) и тачка c ( $Y_2Z_6$ )

Слика 78б. Снимак сјеверног фасадног зида – тачка b ( $Y_2Z_1$ ), тачка a ( $Y_2Z_7$ ) и тачка c ( $Y_2Z_3$ )

## ПОГЛАВЉЕ 6

Табеле:

Табела 22. Дозвољене класе материјала (са аспекта ватроотпорности) за дијелове вертикалног омотача (фасаде) према German Model Building Code (Hegger, 2008., стр. 150.)

Табела 23. Технички и физички параметри појединих материјала за топлотну изолацију у Европској унији према Energy Manual: Sustainable Architecture (Hegger, 2008., стр. 151.)

Табела 24. Сертификоване вриједности коефицијента топлотне проводљивости плоча од EPS-а намјењених за спољашњи вертикални омотач (као контактна фасада - ETICS) на тржишту Босне и Херцеговине

Табела 25. Сертификоване вриједности коефицијента топлотне проводљивости плоча од минералне вуне за спољашњи вертикални омотач (за невентилисане и вентилисане фасадне системе) на тржишту Босне и Херцеговине

Табела 26. Табеларни упоредни приказ еколошких параметара материјала за топлотну изолацију објављеним на сајту Institut Bauen und Umwelt e.V., Konigswinter, доступно 15.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/>

Табела 27. Невентилисани фасадни системи StoAG из Њемачке са декларацијом EPD

Табела 28. Доступне дебљине транспарентне термоизолације 1999. године према њемачкој асоцијацији за транспарентну термоизолацију

Табела 29. Производи од транспарентне изолације на тржишту Њемачке 90-тих година ([http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding\\_org/icbest97/paper49.pdf](http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org/icbest97/paper49.pdf))

Табела 30. Економски вијек трајања појединих мјера и/или елемената омотача зграда према Интерном документу ENSI-ја из 2008. године под називом Profitability Calculations и Giebler, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009., стр. 23.

Табела 31. Трајност појединих материјала и/или елемената омотача зграда према Hegger M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel: Birkhäuser, 2008. стр.262-267.

Табела 32. Приказ укупних инвестиционих трошкова мјере према ENSI-ју

Табела 33. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 1, кроз табеларни приказ исплативости појединачних мјера и свих мјера заједно

Табела 34. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 1, кроз приказ исплативости пакета предложених мјера са транспарентном топлотном изолацијом

Табела 35. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 2, кроз табеларни приказ исплативости појединачних мјера и свих мјера заједно

Табела 36. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 2, кроз приказ исплативости пакета предложених мјера са застакљењем лођа

Табела 37. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог крова Узорка 1

Табела 38. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог спољашњег зида Узорка 1

Табела 39. Доказ вриједности U-коэффицијента и g-коэффицијента за карактеристични нови прозор са кутијом за ролетну

Табела 40. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог пода Узорка 1

Табела 41. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог крова Узорка 2

Табела 42. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог спољашњег зида Узорка 2

Табела 43. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог спољашњег зида Узорка 2

Табела 44. Доказ вриједности U-коэффицијента и g-коэффицијента за карактеристични нови прозор са кутијом за ролетну

Табела 45. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог пода Узорка 2

Табела 46. Упоредни приказ параметра, репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука према пројектном стању и према референтном моделу обнове оба узорака, за прорачун специфичне потрошње топлотне енергије (коришћена енергија за гријање зграде) и еколошких параметара (емисије CO<sub>2</sub>) према EN ISO 15686

Графикони:

Графикон 58. Вриједности коэффициентата топлотне проводљивости појединих изолационих материјала који су декларисани у Европској унији у cjеловитим фасадним системима произвођача StoAG (<http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produktdeklarationen-EPD.htm>)

Графикон 59. Упоредни приказ еколошких параметара материјала за топлотну изолацију објављеним на сајту Institut Bauen und Umwelt e.V., Königswinter, доступно 15.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/> са свођењем материјала на коэффициент топлотне проводљивости од 0,045W/mK

Графикон 60. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи материјала топлотне проводљивости 0,035W/mK у Њемачкој према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Графикон 61. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи cjеловитих контактних фасадних система (ETICS) STO AG-а из Њемачке према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Графикон 62. Однос U-коэффицијента и цијене без ПДВ-а материјала код истог произвођача (пролаз топлоте израчунат при примјени материјала као вертикалног дијела омотача)

Графикон 63. Однос U-коэффицијента и цијене без ПДВ-а експандираног полистерена код истог произвођача (пролаз топлоте израчунат при примјени материјала на вертикалном дијелу омотача)

Графикон 64. Однос U-коэффицијента и цијене без ПДВ-а камене вуне у плочама код истог произвођача (пролаз топлоте израчунат при примјени материјала на вертикалном дијелу омотача)

Графикон 65. Упоредни приказ материјала који примјењени у омотачу (фасадном зиду) достижу исти коэффициент пролаза топлоте (цијена без ПДВ-а)

Графикон 66. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла исте структуре произвођача на подручју Америке

Графикон 67. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла повећане трансмисије свјетлости произвођача на подручју Америке

Графикон 68. Упоредни приказ коэффициентата пролаза топлоте (лијево) и дотока од сунца, те трансмисије свјетлости (десно) произвођача Guardian-а на подручју Европе

Графикон 69. Термоизолационо нискоемисионо стакло (двослојно и трослојно) у понуди сертификованог произвођача из Босне и Херцеговине

Графикон 70. Коэффицијенти пролаза топлоте, дотока од сунца и трансмисије свјетлости свих произвођача једноструког стакла произвођача AGC за подручје Европске уније

Графикон 71. Упоредни приказ обичног термоизолационог стакла различитих структура са ваздухом (лијево) и термоизолационог нискоемисионог стакла различитих структура са ваздухом и аргоном (десно) произвођача AGC за подручје Европске уније

Графикон 72. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла истих структурних карактеристика произвођача доступних на тржишту Босне и Херцеговине

Графикон 73. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла истих физичких карактеристика, али различитих врста и структура на подручју Америке и Европске уније

Графикон 74. Однос U-кофицијента и цијене без ПДВ-а разних јединица термоизолационог застакљења код истог произвођача у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)

Графикон 75. Упоредни приказ пластичних оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине са Uf-кофицијентом  $\leq 1,2\text{W/m}^2\text{K}$

Графикон 76. Упоредни приказ пластичних оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине са Uf-кофицијентом  $\geq 1,3\text{W/m}^2\text{K}$

Графикон 77. Упоредни приказ пластичних оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине са Uf-кофицијентом  $\leq 1,1\text{W/m}^2\text{K}$

Графикон 78. Однос U-кофицијента и цијене са ПДВ-ом прозора са унутрашњом ролетном и уградњом према разним произвођачима у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)

Графикон 79. Однос U-кофицијента и цијене без ПДВ-а прозора према разним произвођачима у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)

Графикон 80. Приказ односа U-кофицијента и цијене без ПДВ-а транспарентне термоизолације дебљине 16cm произвођача STO AG и прозора према разним произвођачима у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)

Графикон 81. Упоредни приказ дрвених оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине и њихових сертификованих кофицијента пролаза топлоте

Графикон 82. Упоредни приказ дрвених оквира, прилагођених за трослојна стакла и вриједности кофицијената пролаза топлоте за застакљење и цјеловит прозор, доступних на тржишту Босне и Херцеговине

Графикон 83. Упоредни приказ сертификованих вриједности кофицијента пролаза топлоте за дрвени оквир, а доступних на тржишту Босне и Херцеговине

Графикон 84. Приказ односа U-кофицијента и цијене без ПДВ-а произвођача прозора са дрвеним оквирима из Босне и Херцеговине и свих прозора према понуди произвођача из Словеније (ЕУ) који је на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

Графикон 85. Упоредни приказ вриједности кофицијената пролаза топлоте алуминијумских профила, прилагођених за двослојна (лијево) и трослојна (десно) стакла доступних на тржишту Босне и Херцеговине

Графикон 86. Приказ односа U-кофицијента оквира и цијене само оквира без ПДВ-а директно од произвођача алуминијумских профила из Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

Графикон 87. Приказ односа U-кофицијента и цијене без ПДВ-а произвођача прозора са свим алуминијумским оквирима из Босне и Херцеговине и прозора према произвођача из Њемачке (ЕУ) који је на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

Графикон 88. Приказ односа U-кофицијента и цијене са ПДВ-ом произвођача прозора са PVC оквирима (плава боја), дрвеним (смеђа) и алуминијумским (црна) оквирима и транспарентне термоизолације на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

Графикон 89. Упоредни приказ енергетских уштеда водећи се граничним/дозвољеним вриједностима кофицијената пролаза топлоте карактеристичним за Узорак 1 према Правилнику о енергетској ефикасности Србије и Техничком пропису о рационалној упораби енергије Хрватске

Графикон 90. Приказ односа специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 1 и цијене радова и материјала при обнови (са ПДВ-ом) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године). Редослијед бројева нпр. 0,4-1,5-0,4-0,4 означава допуштене вриједности кофицијента пролаза топлоте за елементе омотача, у  $\text{W/m}^2\text{K}$ , и то с лијева на десно редом, за: спољашњи зид-прозоре-кров (међуспратна таваница испод негријаног таванског простора)-под (међуспратна таваница изнад негријаног подрумског простора). Црвена боја бројева означава да поставка допуштених вриједности кофицијената пролаза топлоте за елементе омотача не може достићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде, док црна боја бројева означава да наведена поставка може постићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде

Графикон 91. Упоредни приказ садашњег стања специфичних трансмисионих губитака и стања какво би било након примјењених мјера обнове на омотачу Узорка 1

Графикон 92. Упоредни приказ количине добијене топлоте у kWh по мјесецима за зимски (гријни) период према оријентацији вертикалних дијелова омотача (фасадних зидова) репрезентативног

узорка 1 при постављању  $1\text{m}^2$  транспарентне топлотне изолације дебљине  $12\text{cm}$  на постојећи зид од опеке дебљине  $25\text{cm}$

Графикон 93. Упоредни приказ енергетских уштеда водећи се граничним/дозвољеним вриједностима коефицијената пролаза топлоте карактеристичним за Узорак 2 према Правилнику о енергетској ефикасности Србије и Техничком пропису о рационалној упораби енергије Хрватске

Графикон 94. Приказ односа специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 2 и цијене радова и материјала при обнови (са ПДВ-ом) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године). Редослијед бројева нпр. 0,4-1,5-0,2-0,4 означава допуштене вриједности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача, у  $\text{W/m}^2\text{K}$ , и то с лијева на десно редом, за: спољашњи зид - прозоре - кров (раван кров изнад гријаног простора) - под (међуспратна таваница изнад негријаног подрумског простора). Црвена боја бројева означава да поставка допуштених вриједности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача не може достићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде, док црна боја бројева означава да наведена поставка може постићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде.

Графикон 95. Упоредни приказ садашњег стања специфичних трансмисионих губитака и стања какво би било након примјењених мјера обнове на омотачу Узорка 2

Графикон 96. Упоредни приказ укупних трансмисионих топлотних губитака и потрошње топлотне енергије за гријање зграде на годишњем нивоу, прије и после енергетске оптимизације (обнове) омотача Узорка 1, графикон лијево и приказ специфичних трансмисионих топлотних губитака прије и после енергетске оптимизације појединачних дијелова омотача Узорка 1, графикон десно

Графикон 97. Упоредни приказ економских показатеља на појединачним мјерама и укупној енергетској оптимизацији омотача Узорка 1: иницијалног финансијског улагања у EUR и уштеде на годишњем нивоу у EUR и kWh, графикон лијево и периода отплате Payback, Pay-off и квоцијента NPVQ, као најбољег показатеља при рангирању мјера, графикон десно

Графикон 98. Упоредни приказ коришћене, испоручене и примарне потрошње енергије за референтни модел Узорка 1 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова  $20^\circ\text{C}$ ) и емисије  $\text{CO}_2$

Графикон 99. Упоредни приказ специфичне потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 1

Графикон 100. Упоредни приказ емисије  $\text{CO}_2$  на годишњем нивоу у  $\text{kg/m}^2$  и тонама, од потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 1

Графикон 101. Упоредни приказ укупних трансмисионих топлотних губитака и потрошње топлотне енергије за гријање зграде на годишњем нивоу, прије и после енергетске оптимизације (обнове) омотача Узорка 2, графикон лијево и приказ специфичних трансмисионих топлотних губитака прије и после енергетске оптимизације појединачних дијелова омотача Узорка 2, графикон десно

Графикон 102. Упоредни приказ економских показатеља на појединачним мјерама и укупној енергетској оптимизацији омотача Узорка 2: иницијалног финансијског улагања у EUR и уштеде на годишњем нивоу у EUR и kWh, графикон лијево и периода отплате Payback, Pay-off и квоцијента NPVQ, као најбољег показатеља при рангирању мјера, графикон десно

Графикон 103. Упоредни приказ коришћене, испоручене и примарне потрошње енергије за референтни модел Узорка 2 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова  $20^\circ\text{C}$ ) и емисије  $\text{CO}_2$

Графикон 104. Упоредни приказ специфичне потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 2

Графикон 105. Упоредни приказ емисије  $\text{CO}_2$  на годишњем нивоу у  $\text{kg/m}^2$  и тонама, од потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 2

Графикон 106. Упоредни приказ потрошње финалне топлотне енергије, примарне топлотне енергије и емисије  $\text{CO}_2$  репрезентативних узорака прије обнове (постојеће пројектно стање, у основи) и након обнове (референтни модели обнове омотача репрезентативних узорака)

Слике:

Слика 79. Фазе животног циклуса производа (материјала) према ISO 14025:2006 су: од  $A_1$  до  $A_3$  - производна фаза,  $A_4$  и  $A_5$  - конструктивна (инсталациона) фаза, од  $B_1$  до  $B_7$  - фаза коришћења и од

Ц<sub>1</sub> до Ц<sub>4</sub> - завршна фаза. (Schmincke, E., Standards of the environmental assessment of products, October 2012., доступно 01.12.2012. на сајту европског комитета за стандардизацију [ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Construction/Events/4\\_Assessment\\_of\\_products.pdf](ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Construction/Events/4_Assessment_of_products.pdf))

Слика 80. Упоредни приказ топлотне проводљивости материјала произведених у Саудијској Арабији (мјесто истраживања) и испитаних на температурама од +5°C до +40°C

Слика 81. Приказ измјерене и прорачунске вриједност топлотне проводљивости на техничком листу прозвода (плоче од EPS-a) Sto AG-а за тржиште Велике Британије

Слика 82. Приказ резултата тестирања материјала EPS-a (стандарда EN 13163) према EN 12667 њемачког института FIW München

Слика 83. Рангирање изолационих материјала: целулозна влакна, плуто, минерална вуна, стаклена вуна, вакум-изолациони панел, експандирани полистирен, плоча од дрвених влакана, екструдирани полистирен, плоча од фенолне смоле – пластичне масе (са лијева на десно редом), у складу са LCA према истраживачком пројекту земаља Европске уније TES Energy Facade, извор: [http://www.tesenergyfacade.com/downloads/ TES\\_Manual-ebookFINAL.pdf](http://www.tesenergyfacade.com/downloads/ TES_Manual-ebookFINAL.pdf)

Слика 84. Приказ слојева композитног система и зграда у Линцу (редукована потрошња енергије за гријање више од 50% према њемачком професионалном удружењу за транспарентну изолацију, доступно 15.03.2013. на сајту [http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_sto.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_sto.html))

Слика 85. Примјер сертификата silver *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* преузето 23.02.2013. са сајта <http://www.c2ccertified.org/>

Слика 86. Приказ уштеде енергије при примјени разних врста стакала произвођача SAINT-GOBAIN из Француске

Слика 87. Приказ пластичних профила и њихових сертификованих вриједности коефицијената пролаза топлоте за двослојно и трослојно термоизолационо застакљење код истог њемачког произвођача доступног на тржишту Босне и Херцеговине, преузето 23.02.2013. са сајта <http://www.veka.de>

Слика 88. Приказ сертификованих вриједности коефицијената пролаза топлоте за један тип дрвеног оквира произвођача из Европске уније, преузето 23.02.2013. са сајта <http://www.jelovica-okna.si/>

Слика 89. Приказ сертификата произвођача дрвених оквира из Босне и Херцеговине (лијево) и табеларни приказ преузет и каталога произвођача из Босне и Херцеговине, преузето 23.02.2013. са сајта [http://www.fagushaus.biz/kolekcije\\_proizvoda/prozori\\_od\\_drвета.php](http://www.fagushaus.biz/kolekcije_proizvoda/prozori_od_drвета.php)

Слика 90. Приказ алуминијумских профила произведених у Босни и Херцеговини и њихових коефицијената пролаза топлоте

Слика 91. Приказ алуминијумских профила произведених у Европској унији који још нису на лагерима дистрибутера, али исти указују да за веће количине могу бити на тржишту Босне и Херцеговине и њихови коефицијенти пролаза топлоте

Слика 92. Приказ алуминијумског профила произведеног у Босни и Херцеговини и његовог коефицијената пролаза топлоте који ће ускоро бити на тржишту

Слика 93. Приказ енергетских разреда за стамбене зграде са више станова према Правилнику о енергетској ефикасности Србије (доступно 10.06.2013. године на сајту <http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>)

Слика 94. Приказ енергетских разреда за стамбене зграде, слика лијево према Правилнику о енергетским прегледима и енергетском сертификарању зграда Хрватске (доступно 10.06.2013. на сајту [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_07\\_81\\_1906.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html)), слика десно Правилник о енергетском сертификарању објеката Федерације Босне и Херцеговине (доступно 10.06.2013. године на сајту [http://www.fmpru.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_energetsko\\_certificiranje\\_objekata.PDF](http://www.fmpru.gov.ba/pravilnici/pravilnik_energetsko_certificiranje_objekata.PDF))

Слика 95a. Приказ осунчаности модела постојећег стања Узорка 1 (југоисточна фасада), слика лијево 22. децембар у 9 часова, слика десно 22. децембар у 13 часова

Слика 95b. Графички приказ могуће поставке панела транспарентне топлотне изолације на југоисточну фасаду репрезентативног узорка 1, према заклоњености узорка од сусједних зграда

Слика 96. Приказ енергетске оптимизације крова Узорка 1 (на слици лијево детаљ пресјека) и његов утицај на топлотне губитке и потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) крова)

Слика 97. Приказ енергетске оптимизације спољашњег зида и прозора Узорка 1 (на слици лијево детаљ пресјека) и њихови појединачни утицаји на топлотне губитке и заједнички утицај на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) спољашњег зида и прозора)

Слика 98. Приказ енергетске оптимизације (обнове) спољашњег зида и прозора Узорка 1 (деталј у основи)

Слика 99. Приказ енергетске оптимизације пода Узорка 1 (на слици лијево деталј пресјека) и његов утицај на топлотне губитке и на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и послије енергетске оптимизације (обнове) пода)

Слика 100. Приказ енергетске оптимизације крова Узорка 2 (на слици лијево деталј пресјека) и његов утицај на топлотне губитке и потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и послије енергетске оптимизације (обнове) крова)

Слика 101. Приказ енергетске оптимизације спољашњих зидова Узорка 2, на слици лијево деталј у основи спољашњег зида као сендвич-панела од префабрикованог бетона са додатим зидом од гас-бетона, а на слици десно деталј у основи спољашњег зида од гас-бетона

Слика 102. Приказ енергетске оптимизације вертикалног омотача референтног модела Узорка 2, укључујући и застакљење лођа, као директног утицаја на дио омотача којег чине спољашњи зид и прозори (на слици лијево деталј пресјека) и њихови појединачни утицаји на топлотне губитке и заједнички утицај на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и послије енергетске оптимизације (обнове) вертикалног дијела омотача Узорка 2)

Слика 103. Приказ енергетске оптимизације дијела вертикалног омотача референтног модела Узорка 2, застакљење лођа, као директног утицаја на цијели вертикални омотач (спољашњи зидови и прозори), на слици лијево деталј пресјека лође на посљедњој етажи, а на слици десно деталј пресјека лође карактеристичне етаже

Слика 104. Приказ енергетске оптимизације дијела вертикалног омотача референтног модела Узорка 2, деталј застакљења лође у основи, као директног утицаја на цијели вертикални омотач (спољашњи зидови и прозори)

Слика 105. Приказ енергетске оптимизације пода Узорка 2 (на слици лијево деталј пресјека) и његов утицај на топлотне губитке и на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и послије енергетске оптимизације (обнове) пода)

# 1 УВОД

## 1.1 ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

### 1.1.1 Хипотетички ставови о проблему истраживања

Грађевински фонд посебно је значајан у потрошњи енергије, јер у укупној потрошњи енергије учествује са око 40% у Европској унији (у Републици Српској око 51,8%) и са сталним је порастом потрошње као одразом индустријског развоја и повећања животног стандарда. Он посједује велики потенцијал енергетских и еколошких уштеда. Зграде због свог животног вијека имају дугачак и континуиран утицај на околину и енергетску потрошњу.

Истраживања Европске заједнице показала су да се примјеном строжијих стандарда за пројектовање нових зграда и при обнови постојећих зграда може уштедети више од једне петине садашње потрошње енергије у оквиру грађевинског фонда, као и смањити 30-45 Мт емисија угљен диоксида (CO<sub>2</sub>) годишње.

Ниски енергетски захтјеви директно ће смањити потрошњу енергије и емисију CO<sub>2</sub>, узрочника загађења животне средине, а индиректно позитивно утицати на глобалне климатске промјене.

Суочавајући се са тим проблемом земље које су потписнице протокола из Кјота, па чак и оне које нису, дефинисале су да су један од приоритетних и дугорочних циљева истраживања у енергетској оптимизацији зграда, те да ће у будућности главни разлог при обнови постојећих зграда, као највећих потрошача енергије, бити њихово неадекватно енергетско стање (енергетско сертификавање зграда).

На енергетску оптимизацију постојећих зграда утичу многобројни фактори, те одабир адекватног оптималног рјешења захтјева мултидисциплинаран и врло сложен тимски рад низа стручњака из области урбанизма, архитектуре, грађевинарства, електротехнике и машинства. Основни разлози и фактори који утичу на енергетску оптимизацију постојећих зграда су: свеобухватни гранични услови (употреба, енергија, клима и комфор), урбанистички параметри и



инфраструктура окружења, омотач зграде, инсталације у згради, материјали и стратегије, концепти и законски прописи.

Пред архитекте се поставља директан проблем како енергетску оптимизацију постојећих зграда извести на омотачу зграде, кључног елемента зграде који утиче на квалитет климатских услова унутрашњег простора (топлотни комфор), спољашњи изглед и енергетски биланс зграде.

Предмет овог рада је енергетска оптимизација омотача стамбених зграда изграђених у периоду послије Другог свјетског рата (1945-1967) и у просперитетном периоду (1967-1980) на подручју града Бањалука, Република Српска, Босна и Херцеговина, са акцентом на унапређење топлотног комфора.

У раду се разматрају карактеристике двије постојеће стамбене зграде у Бањалуци, које су, на основу развоја стандарда из области топлотне заштите на предметном подручју, присутности карактеристичне врсте (структуре) стамбеног објекта, конструктивног система и начина материјализације објекта, одабране као репрезентативни узорци и релевантне су са аспекта примјене могућих мјера обнове омотача, а у циљу енергетске оптимизације зграде.

Предмет истраживања биће посматран у односу на:

- могуће мјере обнове које су примјениве на омотач репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда, као што су побољшање омотача зграде у циљу спречавања топлотних губитака и коришћење сунчеве енергије пасивним системима у циљу стварања и оптимизације топлотних добитака,
- анализу и одабир адекватних материјала и склопова за енергетску оптимизацију омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда са аспеката грађевинске физике, екологије и економије, као и стања тржишта,
- резултате експерименталних пројеката енергетске оптимизације омотача постојећих зграда у Европској унији,
- климатске карактеристике града Бањалука релевантне за коришћење сунчеве енергије пасивним системима,
- карактеристике репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука, као што су: урбанистичка анализа, анализа организације и

материјализације, инсталације у згради, капацитет зграде и остали референтни подаци зграде.

У складу са горе наведеним, предмет истраживања прецизније је одређен насловом теме докторског рада:

*„Енергетска оптимизација омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда Града Бањалука“ .*

### **1.1.2 Пресјек основних теорија и резултата**

Бројни су захтјеви постављени пред омотач зграде, граничну површину у којој се одвијају све интеракције између спољашњих амбијенталних услова и унутрашњег простора потребног корисницима, који проводе више од 80% свога живота унутар изграђеног простора.

Спољашњи утицаји на омотач зграде (утицаји специфични за локацију) су: сунчево зрачење, температура, влажност, обрине и вјетар.

Унутрашњи фактори који утичу на омотач зграде, односно захтјеви које омотач треба да обезбједи, су: угодна температура/влажност ваздуха, количина и квалитет свјетлости, брзина измјене ваздуха/снабдјевање свјежим ваздухом, угодно кретање ваздушне масе и угодан ниво звука.

Енергетски, економски и еколошки аспекти утицали су на теорије које су концепт омотача зграде заснивале на односу према околини, новим тенденцијама, понашању ваздуха и свјетлости, развоју и захтјевима прописа топлотне заштите, те развоју и достигнућима материјала, склопова и технологија градње.

У односу према околини концепт омотача је могућ на два начина, од којих је један за отпор вањским утицајима, док је други за њихово коришћење.

У шездесетим и седамдесетим годинама двадесетог вијека појавиле су се тенденције експериментисања новим грађевинским материјалима, технологијама, новим архитектонским концептима, а постављени су и сасвим нови системи стандарда за зграде. Појавио се концепт екологије, па тиме и еколошке

архитектуре, затим концепт кинетичке умјетности који је утицао на кинетичку архитектуру чији су најпознатији представници група Archigram и Future Systems. Стасањем те генерације, непосредно након нафтне кризе седамдесетих година, која је започела концептом потпуне изолације унутрашњости зграде од њене околине, те стварања умјетне микроклиме, која је резултовала фиксним прозорима и вјештачком вентилацијом, проузроковане су смртоносне болести (примјер Легионарске болести). Све је то потакло истраживања о квалитету ваздуха у простору (IAQ) и полако се тежиште пребацивало на сарадњу са околином. Данас је приступ потпуне изолације потиснут, тенденција је концепт биоклиматске архитектуре који се базира на томе да се избјегну лоши и искористе добри утицаји околине, а све у циљу да се оптимизује количина топлотне изолације омотача зграде и да се што успјешније ријеше детаљи (карактеристични спојеви – спријече топлотни мостови).

Концепти и карактеристике омотача зграде диктирани су прописима о топлотној заштити. Иако су у Европи, тридесетих година 19- тог вијека постављене теорије о топлотној проводљивости чврстих тијела, као и настанак појмова топлотни флуks, температурни градијент и коефицијент пролаза топлоте, тек 1952. године у Њемачкој, настао је први пропис о топлотној заштити, DIN 4108, који је захтјевао минимум топлотне изолације и чији је циљ био да се уз помоћ топлотне изолације избјегне штета од влаге и да се објекат љети заштити од прегријавања. Енергетски аспект, односно концепт енергетски ефикасних зграда (први пропис у Њемачкој који разматра унапређење постојећег грађевинског фонда са аспекта енергетске уштеде је из 1984. године), од тих минималних услова топлотне заштите омотача зграде, постепено је надограђивао захтјеве за топлотном изолацијом објекта и довео је до тога да се данас због енергетске уштеде цијелокупна зграда разматра, како омотач, тако и инсталациони и други системи који у њој постоје.

Наша пракса је углавном пратила стране стандарде и прилагођавала их локалним особеностима. Топлотне карактеристике објеката одговарале су топлотним захтјевима стандарда оних периода када су објекти и грађени.

Развој прописа о топлотној заштити код нас (у земљама бивше Југославије) почиње од 1967. године, да би под утицајем Директиве 2002/91/ЕС Европског

парламента и Савјета Европе о енергетским перформансама објеката у земљама у окружењу, нпр. у Хрватској, настале измјене од 2005. године, на бази којих је у Федерацији Босне и Херцеговине 2008. године настао Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту објекта и рационалну употребу енергије, а који није важећи у Републици Српској (у Републици Српској на снази је још увијек стандард из 1987. године - Приручник о техничким и облигационим условима за пројектовање и извођење радова на изградњи, реконструкцији, санацији и адаптацији грађевина високоградње из 1999. године).

Са становишта градње омотач је резултат циљане употребе материјала. У смислу финалног производа омотач носи карактеристике свих у њега уграђених материјала. С обзиром да је ријеч о различитим материјалима и да се њихова својства међусобно разликују, омотач посматрамо као систем, а све процесе треба посматрати интегрално. Квалитет пројектованог омотача зависи од способности употребљавања материјала према њиховим својствима на мјестима гдје су најподобнији. Техничко рјешење омотача произилази из контекста материјала, конструкције, заптивног материјала, редослиједа извођења, као и захтјева проузрокованих гравитацијом, различитим унутрашњим и спољашњим физичким утицајима и околностима.

Примјена материјала је у директној спрези са развојем грађевинске индустрије и тржишта. Историјски гледано материјали који су били у употреби везани су за локалитет, јер користили су се материјали који су били доступни и карактеристични за поднебље, да би преломни тренутак дошао са индустријском револуцијом, која је привидно обезбједила неограничену распрострањеност енергије и сировина - материјала. Услјед тога, јављају се концепти материјализације зграде који не произилазе из услова локације. Технолошки прогрес донио је са собом иновације, нпр. у материјалима или у оптимизацији форме конструкције и процесу изградње.

Према приручнику за енергију (Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Birkhäuser) из 2008. године у одабиру материјала за потребе енергетске оптимизације омотача зграда, уз истовремено поштовање принципа одрживог развоја морају се сагледати техничке (функционалне) перформансе материјала и животни циклус материјала, који

зависи од захтјева употребе (прикладност употреби, чишћење и одржавање), екологије (LCA - Life cycle assessment) и економије (инвестициони издаци, експлоатациони трошкови и LCC - Life cycle cost).

У изучавању проблематике енергетске оптимизације омотача постојећих зграда, што ће резултовати обновом зграде, архитекте могу дати допринос у енергетском билансу зграде, унапређењу топлотног, ваздушног и свјетлосног комфора, као и дизајну омотача/изгледу зграде. Енергетска оптимизација омотача постојећих зграда зависи од примјењених енергетски ефикасних мјера. У пракси, на предметном подручју, мјере које су архитекти примјењивали при обнови омотача постојећих зграда нису се заснивале на прорачуну уштеде енергије, нити еколошким параметрима, него задовољењу постојећих прописа из области топлотне заштите.

### **1.1.3 Дефинисање значаја предмета истраживања**

Значај предмета истраживања ове докторске дисертације је у:

- приказу значаја (доприноса) енергетске оптимизације омотача постојећих зграда, посебно стамбеног грађевинског фонда, као најзаступљенијег на предметном подручју и то стамбене изградње везане за период од 1945-1980 године,
- приказу климатских карактеристика града Бањалука релевантних за коришћење сунчеве енергије пасивним системима уз помоћ рачунарског програма METEONORM, јер те податке Хидрометеоролошки завод Републике Српске не посједује,
- примјени методологије израчунавања енергетске потрошње постојеће зграде, као и након примјене енергетски ефикасних мјера израчунавање енергетске уштеде и смањења емисија угљен диоксида,
- енергетском и еколошком, те економском приступу при анализи, одлучивању и примјени мјера за енергетску оптимизацију омотача постојеће зграде (уз помоћ лиценцираних рачунарских програма ENSI EAB Software и ENSI Profitability Software), који ће представљати јединствено истраживање на предметном подручју, подручју околних земаља, па и шире.

## **1.1.4 Теоријско и операционално одређивање предмета истраживања**

### **1.1.4.1 Теоријско одређење предмета истраживања**

Садржаји предмета истраживања могу се разврстати на релативно истражене, дјелимично истражене и неистражене.

Из теоријског и искуственог фонда информација у литератури, студијама, истраживачким радовима и докуменатима који су релевантни за предмет истраживања енергетске оптимизације омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука, према нивоу обрађености извршена је класификација сљедећих садржаја:

а) релативно истражени и провјерени садржаји:

- значај енергетске оптимизације зграда, у циљу смањења потрошње енергије,
- фактори који утичу на енергетску оптимизацију зграда, од којих је између осталог и омотач зграде,
  - прописи из области топлотне заштите и рационалне употребе енергије код нас, у земљама у окружењу и у Европској унији,
  - техничка рјешења примјене енергетски ефикасних мјера за спречавање топлотних губитака побољшањем омотача (додавање изолације на вањски зид, кров и под приземља, измјена прозора и врата) и њихов утицај на смањење коефицијента пролаза топлоте и на уштеде са енергетског и економског аспекта,
  - погодности примјене енергетски ефикасних мјера за повећање и оптимизацију топлотних добитака коришћењем сунчеве енергије пасивним системима,
  - урбанистичке и архитектонске карактеристике стамбене изградње од 1945. до 1980. године на подручју града Београда, Република Србија.

б) дјелимично истражени садржаји:

- функционалне карактеристике енергетски ефикасних мјера (соларна структура, зидови са транспарентном термоизолацијом и застакљивање лођа) примјењених на омотач постојеће зграде у циљу стварања и оптимизације

топлотних добитака коришћењем сунчеве енергије пасивним системима на иностраном тржишту,

- анализа материјала са аспекта одрживог развоја (техничке карактеристике и животни циклус материјала),

- климатолошки подаци града Бањалука, потребни за енергетску оптимизацију омотача - просјек за посљедњих десет година (температура и влажност ваздуха, осунчање, брзина и доминантност вјетрова, облачност).

ц) неистражени, непровјерени и непознати садржаји:

- примјена мјера за спречавање топлотних губитака побољшањем омотача и њихов ефекат са енергетског, еколошког и економског аспекта, на подручју града Бањалука, Босне и Херцеговине и шире,

- примјена енергетски ефикасних мјера (соларни зид са транспарентном термоизолацијом и застакљивање лођа) на омотач постојеће зграде у циљу остварења и оптимизације топлотних добитака коришћењем сунчеве енергије пасивним системима и њихова ефикасност, са енергетског, еколошког и економског аспекта, на подручју Босне и Херцеговине и шире,

- методологија израчунавања енергетске потрошње постојеће зграде, као и након примјене енергетски ефикасних мјера приказ израчунавања енергетске уштеде за град Бањалуку, као и подручје Босне и Херцеговине,

- енергетска и еколошка анализа, неопходна са аспекта одрживости, у одлучивању и примјени енергетски ефикасних мјера у енергетској оптимизацији омотача постојеће зграде, на територији Босне и Херцеговине и земаља у окружењу,

- климатолошки подаци града Бањалука, потребни за енергетску оптимизацију омотача - просјек за посљедњих десет година,

- урбанистичке и архитектонске карактеристике стамбене изградње од 1945-1980. године на подручју града Бањалука.

#### **1.1.4.2 Операционално одређење предмета истраживања**

##### 1. просторно одређење предмета истраживања

Просторно одређење предмета истраживања су постојеће стамбене зграде на подручју града Бањалука, Република Српска, Босна и Херцеговина.

Истраживање обухвата осим предметног подручја и подручје земаља у окружењу и Европске уније с обзиром да се анализирају прописи о топлотној заштити и рационалној употреби енергије, затим анализирају резултати експерименталних пројеката на којима су се примјењивале мјере обнове у циљу енергетске оптимизације омотача постојећих зграда, као и материјали и склопови за енергетски ефикасну обнову омотача зграда на домаћем и страном тржишту.

##### 2. временско одређење предмета истраживања

Временско одређење предмета истраживања је период изградње стамбених зграда од 1945 – 1980. године у граду Бањалука, али и период од шездесетих година XX вијека па до данас због сагледавања историјског развоја доношења прописа о топлотној заштити и уштеди енергије код нас, у земљама у окружењу и у Европској унији.

Доношење ригорознијих прописа у циљу енергетске уштеде у Европској Унији везује се за период посљедње двије деценије XX вијека и касније и довело је до експерименталних пројеката обнове зграда, тачније за ово истраживање значајно, енергетске оптимизације омотача постојећих зграда енергетски ефикасним мјерама.

Истраживање се највећим дијелом везује за период од 2002. године до 2012. године, јер након доношења Директива 2002/91/ЕС Европског парламента и Савета Европе о енергетским перформансама објеката, осим што је у Европској унији дошло до измјене прописа у пројектовању нових и обнови постојећих



зграда, то је покренуто и у земљама у окружењу. У Босни и Херцеговини почела су истраживања и студије које указују на значај енергетске оптимизације зграда, као и процес доношења нових прописа о топлотној заштити и рационализацији употребе енергије, све у циљу смањења потрошње енергије.

Истраживање се везује и за садашњост због енергетске оптимизације омотача репрезентативних стамбених зграда града Бањалука у данашњим условима узимајући у обзир енергетске параметре, постојеће услове у згради, те понуду грађевинског материјала и склопова на тржишту.

Између осталог, истраживање се једним дијелом односи и на блиску будућност, јер пратећи земље у окружењу и Европску унију, у којима је већ интензивно заступљен процес обнове зграда у погледу унапређења енергетских перформанси, закључује се да ће и на предметном подручју бити неминовна примјена енергетски ефикасних мјера при обнови постојећих зграда.

### 3. димензионално одређење предмета истраживања

Предмет истраживања у највећој мјери припада области архитектуре, али је и корелативан са областима урбанизма, грађевинарства, машинства, екологије и економије.

## 1.2 НАУЧНИ ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Општи циљ истраживања је формирање референтних модела унапређења омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука, који ће омогућити оптималне енергетске перформансе и према којима ће се процјењивати квалитет будућих интервенција, односно вршити одабир мјера унапређења.

Конкретни циљ је да се сагледају и анализирају адекватне мјере обнове омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука.

Посебни циљеви истраживања су:

- анализа мјера обнове постојећег омотача којима је могуће спријечити топлотне губитке и остварити и оптимизовати топлотне добитке конвенционалним и пасивним системима коришћења сунчеве енергије,

- одабир адекватних материјала за енергетску оптимизацију омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда и то са аспекта одрживог развоја (техничке карактеристике и животног циклуса материјала) и у односу на анализу понуде на домаћем и страном тржишту,

- анализа резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације зграда у Европској унији,

- дефинисање репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука на којима ће се анализирати учинци одабраних мјера енергетске оптимизације омотача,

- сагледавање неопходних климатских карактеристика града Бањалука, уз помоћ рачунарског програма METEONORM, за примјену пасивних система кориштења сунчеве енергије и за израчунавање потрошње и уштеде енергије, прије и након примјене одабраних енергетски ефикасних мјера на омотач зграде,

- проучавање репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука са аспекта релевантних за енергетску оптимизацију омотача – урбанистичка анализа (локација и конфигурација, оријентација и осунчаност, изложеност вјетру и међусобни односи зграда), анализа материјализације

(конструктивни системи и анализа елемената омотача), инсталације у згради (систем гријања, систем хлађења, систем вентилације и систем електроинсталација и освјетљење), остала опрема која троши електричну енергију, капацитет зграде (корисна површина и волумен зграде, површина зидова, прозора, пода приземља и крова, број корисника/станара) и остали референтни подаци зграде (сезона гријања и параметри услова у згради измјерени на лицу мјеста),

- стварање адекватне методологије за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда и успостављање референтних модела за њихово унапређење,

- приказ израчунавања енергетске потрошње постојеће зграде, као и након примјене енергетски ефикасних мјера приказ енергетске уштеде и смањења емисија угљен диоксида, помоћу рачунарског програма ENSI EAB Software,

- приказ израчунавања најповољније појединачне енергетски ефикасне мјере или пакета мјера уз помоћ рачунарског програма ENSI Profitability Software.

### **Циљеви истраживања у функцији научног сазнања**

У дијелу рада „Дефинисање и ефикасност енергетске оптимизације омотача постојећих зграда“ циљ истраживања је научна дескрипција и научна експликација.

У дијеловима рада везаних искључиво за град Бањалуку „Одређивање репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука“, „Климатске карактеристике града Бањалука релевантне за енергетску оптимизацију омотача зграда“, затим „Аудит репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука са аспекта енергетске ефикасности“ циљ истраживања је научна дескрипција и научна експликација.

У дијелу рада „Анализа енергетских уштеда и смањења емисија CO<sub>2</sub> примјеном одабраних мјера обнове за енергетску оптимизацију омотача репрезентативних узорака“ циљ истраживања је научна дескрипција, научна експликација и научно предвиђање.

### 1.3 ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

Основни задатак овог истраживања је да се уз помоћ већ изведених истраживања на тему енергетске оптимизације омотача грађевина и примјера успјешно реализованих енергетских оптимизација омотача, прикажу могућности и корисности унапређења омотача на конкретним примјерима стамбених зграда у Бањалуци.

Издвајају се сљедећи задаци, који су проистекли из постављених циљева:

- идентификација и дефинисање репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука које су референтне за енергетску оптимизацију омотача,

- идентификација и анализа кључних параметара релевантних и неопходних за истраживање енергетски ефикасних мјера обнове постојећег омотача у циљу енергетске оптимизације зграде, а то су: анализа могућих мјера обнове које ће се примјенити на репрезентативним узорцима, климатске карактеристике града Бањалука и анализа карактеристика репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука, релевантних за енергетску оптимизацију,

- анализа резултата изведених истраживања енергетске оптимизације омотача зграда (искуства земаља у окружењу и Европске уније),

- идентификација, анализа, прорачун и систематизација потенцијалних ефеката енергетски ефикасних мјера за референтне моделе обнове постојећег омотача репрезентативних узорака у циљу енергетске оптимизације зграда, уз сагледавање, осим енергетског, и еколошког аспекта.

## **1.4 ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ**

У оквиру овог истраживања, сходно постављеним циљевима, полази се од одређених општих и посебних хипотеза.

### **1.4.1 Општа хипотеза**

Енергетски оптимизовано унапређење омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука створиће унутар самих зграда побољшане климатске услове (топлотни комфор) и омогућити преко цијеле године ниже енергетске захтјеве, те с тим створити финансијску уштеду крајњим корисницима. Ниски енергетски захтјеви директно ће смањити потрошњу енергије неопходну за гријање постојећих стамбених зграда града Бањалука, тиме ће смањити и емисију угљен диоксида (CO<sub>2</sub>) - узрочника загађења животне средине.

### **1.4.2 Посебне хипотезе**

У раду се постављају сљедеће посебне хипотезе:

- одабране енергетски ефикасне мјере за обнову омотача унаприједиће топлотни комфор, смањити потрошњу енергије за гријање у репрезентативним узорцима постојећих стамбених зграда града Бањалука и смањити емисију CO<sub>2</sub> за предметно подручје, а што ће бити испитано примјеном рачунарских програма за израчунавање потрошње енергије у постојећим зградама, прије свега лиценцираног програма ENSI EAB Software из Норвешке, кроз сагледавање потребне енергије прије и након примјењених енергетски ефикасних мјера за енергетску оптимизацију зграде. За прорачун потрошње енергије, као и за енергетску оптимизацију омотача неопходни су и климатолошки подаци мјеста у којем се налази зграда. У недостатку релевантних климатолошких података, као у случају Бањалуке, могуће је примјенити рачунарске програме, између осталог као што је рачунарски програм METEONORM из Швајцарске, који користи податке са више најближих метеоролошких станица око тог мјеста,

- одабир најповољније појединачне мјере или пакета мјера обнове зависи и од њихове економске исплативости, те за репрезентативне узорке у Бањалуци одабир ће бити установљен уз помоћ рачунарског програма ENSI Profitability Software,
- предметно истраживање ће представљати методологију за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука и успостављање референтних модела за њихово унапређење,
- истраживање ће дати образац за енергетски преглед (аудит) постојећих зграда.

На енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука утичу и стратегије, концепти и законски прописи стамбене градње периода из којег зграде потичу. Перформансе грађевина на којима је потребно извршити енергетску оптимизацију омотача биле су зависне од развоја прописа и стандарда о топлотној заштити на предметном подручју, од примјене и својства материјала, као и од склопова и техника градње. Постојеће стамбене зграде града Бањалука, послеријатног и просперитетног периода, грађене су без разматрања енергетске потрошње, те је потребно унапређење њихових енергетских перформанси спровођењем одговарајућих мјера унапређења омотача.

На свеобухватни приступ, који подразумјева поштовање принципа одрживог развоја, при избору енергетски ефикасних мјера у енергетској оптимизацији омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука, утичу осим енергетских карактеристика и економских ефеката и еколошки аспект материјала, односно процјена животног циклуса материјала.

## **1.5 МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА**

С обзиром на комплексност теме, приликом рада су предвиђене опште, основне, посебне и специфичне научне методе истраживања. Природа рада условљава да истраживање буде спроведено у три основна правца, односно дијела истраживања што подразумијева више различитих научно-истраживачких метода.

Први правац се огледа у теоретском разматрању енергетске оптимизације омотача зграда и заснива се на презентовању и научној анализи релевантних чиниоца у овом практичном проблему, којем ће се приступити проучавањем доступне литературе и прикупљањем релевантних података методом компаративне анализе иностраних примјера обнове постојећих стамбених зграда што ће послужити као подлога за одабир енергетски ефикасних мјера које ће бити примјењене за енергетску оптимизацију омотача предметних грађевина Бањалуке.

Други правац истраживања огледа се у прикупљању, методом *in situ*, података о релевантним узорцима постојећих стамбених зграда на којима ће се вршити енергетска оптимизација омотача. Утврђивањем и анализом чињеничног стања може се вјеродостојно сагледати енергетски аспект зграде, при чему је потребно методом историјско-развојне анализе извршити синтезу релевантних чињеница које се односе на развој прописа и стандарда о термичкој заштити, као и развој материјала, склопова и техника градње. Други дио истраживања садржи и анализу климатских карактеристика Бањалуке, све због адекватне примјене енергетски ефикасних мјера за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда.

Трећи правац истраживања подразумјева да се коришћењем методе индукције истраже могућности примјене одабраних енергетски ефикасних мјера за обнову омотача постојећих стамбених зграда. Примјеном методе студије случаја енергетска оптимизација омотача истражиће се на конкретним примјерима грађевина града Бањалука. Квантитативном анализом енергетских карактеристика различитих техничких рјешења одредиће се адекватне енергетски ефикасне мјере које ће се примјенити на омотач зграде, док ће се уз помоћ рачунарског програма ENSI EAB Software за одабране мјере обнове извршити квантитативне анализе уштеде енергије у згради и смањења емисије CO<sub>2</sub>. Упоредном анализом и методом синтезе свих претходно прикупљених података и добијених резултата спроведених анализа, установиће се основни принципи и закључци – установити референтни модели обнове и дефинисати препоруке за енергетску оптимизацију омотача на грађевинама у климатским условима Бањалуке.

## **1.6 НАУЧНА И ДРУШТВЕНА ОПРАВДАНОСТ ИСТРАЖИВАЊА**

На концепт енергетске оптимизације зграде, који има захтјеве за минималном потрошњом енергије, утичу свеобухватни гранични услови (употреба, енергија, клима и комфор), урбанистички параметри и инфраструктура окружења, омотач зграде, инсталације у згради, материјали и стратегије, концепти и законски прописи, на основу којих ће се испланирати мјере обнове зграда усклађене са енергетским, економским и еколошким захтјевима.

Првенствени задатак овог рада је да се истраже оптималне могућности примјене енергетски ефикасних мјера обнове постојећег омотача на конкретним примјерима стамбених зграда у Бањалуци.

Научни допринос рада очекује се у сљедећем:

- идентификација и систематизација карактеристика постојећих стамбених зграда које су релевантне за енергетску оптимизацију омотача (сагледавање проблема референтних стамбених зграда у Бања Луци),
- дефинисање референтних модела обнове (дефинисање најповољније појединачне мјере, као и пакета мјера обнове у циљу енергетске оптимизације зграде, уз помоћ лиценцираних рачунарских програма ENSI EAB Software, ENSI Profitability Software и METEONORM) за климатске услове Бањалуке,
- успостављање методологије и препорука за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда у Бања Луци,
- дефинисање обрасца за енергетски преглед (аудит) постојеће зграде.

### **1.6.1 Научна оправданост истраживања**

Научна оправданост предмета истраживања повезана је и условљена доприносом истраживања у архитектури.

Актуелни проблем у свијету повећања потрошње све скупље енергије, која уз то утиче на загађење човјекове околине, а с тим и на глобалне климатске промјене, као и податак да у укупној потрошњи енергије грађевински фонд учествује са око 40% и да је та потрошња у сталном порасту, говоре да су



неопходна истраживања везана за енергетску оптимизацију постојећих објеката у областима које су уско повезане са пројектовањем и извођењем грађевинских објеката (урбанизам, архитектура, грађевинарство, електротехника и машинство).

Према томе, допринос предметног истраживања је у области обнове и реконструкције постојећих објеката, а испољава се кроз:

- формирање сазнања о проблематици примјене адекватних мјера обнове омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука да би се спријечили топлотни губици и створили и оптимизовали топлотни добици коришћењем сунчеве енергије пасивним системима, као и утврђивање њихове ефикасности са енергетског и еколошког аспекта,

- развој методологије свеобухватног приступања проблему енергетске оптимизације омотача постојећих стамбених зграда, анализирањем релевантних параметара локације и климатских услова града Бањалука, карактеристика постојеће стамбене изградње на предметном подручју и анализирањем адекватних енергетски ефикасних мјера које ће бити изабране и приказане у систему израчунавања енергетске уштеде и смањења емисије угљен диоксида за репрезентативне узорке постојећих стамбених зграда града Бањалука.

### **1.6.2 Друштвена оправданост истраживања**

Имајући у виду процјену да се око 40% укупне енергије троши у оквиру грађевинског фонда и да је та потрошња у сталном порасту због повећања животног стандарда, земље Европске заједнице дефинисале су да је један од приоритетних и дугорочних циљева истраживање енергетске оптимизације зграда, као и да ће у будућности главни разлог за обнову постојећих зграда, као значајних потрошача енергије, бити њихово неадекватно енергетско стање (енергетско сертификовање зграда). Досадашња архитектонско-грађевинска пракса на предметном подручју, при обнови постојећих зграда, није узимала у обзир енергетску оптимизацију.

На енергетску оптимизацију постојећих зграда утичу многобројни фактори, те одабир адекватног оптималног рјешења захтјева мултидисциплинаран приступ и

тимски рад стручњака из области урбанизма, архитектуре, грађевинарства, електротехнике и машинства. Грађевински фонд представља највећи потенцијал енергетских уштеда. Зграде су комплексни системи и дијеле се у више категорија према намјени, начину коришћења и енергетској потрошњи, па је њихова енергетска анализа захтјевна. При томе недостатак стручњака и слаба координација пројектаната при осмишљавању енергетске оптимизације може довести до препрека и споре имплементације енергетски ефикасних мјера при обнови постојећих зграда.

Пред архитекте се поставља директан проблем како енергетску оптимизацију постојећих зграда извести на омотачу зграде, кључном елементу зграде који утиче на квалитет климатских услова унутрашњег простора (топлотни комфор) и енергетски биланс зграде.

Репрезентативни узорци постојећих стамбених зграда града Бањалука представљају адекватне објекте за примјену енергетски ефикасних мјера на омотачу у циљу енергетске оптимизације, јер су дефинисани на основу развоја стандарда из области топлотне заштите на предметном подручју, присутности карактеристичне врсте (структуре) стамбеног објекта, конструктивног система и начина материјализације објекта. У Бањалуци постоји масовна присутност двије врсте стамбених зграда од којих је једна изграђена у периоду послерије Другог свјетског рата (1945-1967), а друга у просперитетном периоду (1967-1980).

Ако имамо у виду податак да је просјечна потрошња енергије за загријавање постојећег стамбеног фонда  $250-300 \text{ kWh/m}^2$  годишње, ако не узимамо у обзир интерне доприносе у згради и топлотне добитке, кроз транспарентне дијелове омотача, од сунчевог зрачења и да се може постићи њено смањивање за око 60% на стамбеним зградама изграђеним до 1981. године, може се схватити значај енергетске оптимизације омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука. Такође не треба заборавити и допринос заштити животне средине који је кључни показатељ корисности примјене енергетски ефикасних мјера обнове за енергетску оптимизацију омотача.

Тема овог рада је актуелна како са теоријског, тако и са практичног становишта, јер је усмјерена на истраживање примјене адекватних мјера обнове омотача у циљу енергетске оптимизације постојећих стамбених зграда града

Бањалука и резултати представљају реална рјешења за конкретне зграде у циљу унапређења у енергетском и еколошком смислу.

## **1.7 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА ПРИМЈЕНА**

Енергетска оптимизација постојећих зграда омогућава економску оптимизацију у смислу цијелог животног вијека зграде, што позитивно утиче на осавременјавање постојећих зграда, повећање стандарда и комфора у зградама, смањење трошкова одржавања кроз животно вијек зграда. Искуства стечена кроз процес енергетске оптимизације постојећих стамбених зграда могу бити корисна и при пројектовању нових зграда, што ће подићи квалитет градње, као и бити подлога за дугорочни приступ анализи грађевинског фонда.

Резултати ове докторске дисертације директно дају доприносе пројектантским процесима и концептима. Архитектонски концепт енергетске оптимизације омотача и уопште енергетски ефикасног грађења захтјева блиску сарадњу архитекте са грађевинским, машинским и електроинжењерима.

Предметно истраживање ће дати бројне информације, архитектонске детаље и правила, препоруке и методологију за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда на подручју града Бањалука и шире. Пројектовање и примјена енергетски ефикасних мјера у циљу оптимизације омотача захтјева да архитекта, као и остале струке посједују адекватна знања о енергетски ефикасним мјерама и могућностима њихове примјене, те ће истраживање и у том смислу дати допринос.

За енергетску оптимизацију омотача постојећих зграда града Бањалука, а тиме и Републике Српске, као и цијеле Босне и Херцеговине, неопходно је обезбједити нове прописе за топлотну заштиту објеката и рационалну потрошњу енергије који су у складу са Европском унијом. У овом раду истраживање енергетске оптимизације одабраних постојећих стамбених зграда града Бањалука базира се на прописима Европске уније који се односе на ову проблематику.

Кроз ову докторску дисертацију сагледаће се домаћа индустрија грађевинских материјала, процјенити неопходност унапређења постојећег домаћег тржишта новим материјалима који могу обезбједити примјену адекватних енергетски

ефикасних мјера обнове омотача, да би се спријечили топлотни губици и створили и оптимизовали топлотни добици коришћењем сунчеве енергије пасивним системима.

Посебан допринос ове дисертације је приказ оптимизације омотача на постојећим стамбеним зградама града Бањалука са енергетског и еколошког аспекта, а у циљу унапређења топлотног комфора и која ће представљати подлогу за даља истраживања у функцији стварања стратегија, концепата и законских прописа у пројектовању и извођењу енергетски рационалних и ефикасних зграда у домаћим условима, као незаобилазног концепта у савременој архитектонској пракси.

Конкретна истраживања и резултати директно ће представљати методолошки приступ у обнови омотача постојећих стамбених зграда, као и у пројектовању омотача нових стамбених зграда.

## **1.8 КРИТИЧКИ ОСВРТ НА ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА**

У докторској дисертацији под називом: „Енергетска оптимизација омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука“ истражене су примарне и секундарне библиографске јединице, од важности за овај предмет истраживања, које се могу разврстати на:

- 1.) истраживања у области енергетске оптимизације постојећих зграда
- 2.) истраживања карактеристика одабраних мјера обнове у циљу енергетске оптимизације омотача постојећих зграда са аспекта одрживог развоја
- 3.) истраживања карактеристика, значајних за енергетску оптимизацију омотача, стамбене изградње од 1945. до 1980. године на подручју града Бањалука

### **1.8.1 Истраживања у области енергетске оптимизације постојећих зграда**

Директива 2002/91/ЕС Европског парламента и Савета Европе о енергетским перформансама објеката, која у земљама чланицама Европске уније прераста у

форму националних закона, дефинише стратегије и правце дјеловања, односно дефинише приступ и методе пројектовања и обнове зграда базиране на концепту енергетских перформанси зграда (EPBD), а у циљу рационализације потрошње енергије, а тиме и смањења емисије CO<sub>2</sub> у атмосфери.

Енергетска оптимизација постојећих зграда зависи од стратегија, концепата и законских прописа појединих земаља, што је директно везано за економску и технолошку развијеност земље, као и периода из којег зграда потиче и климатских карактеристика подручја. Постоји знатан број истраживања у области енергетске оптимизације постојећих зграда, али неопходно је проучавање новије релевантне иностране литературе и докумената, као и проучавање истраживања земаља у окружењу и код нас, која заступају стратегију смањења потрошње енергије у зградама.

У кључну литературу и документе у овој области спадају:

- Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006.
- „Directive 2002/91/EC of European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings“, *Official Journal of the European Communities*, 04.01.2003, L 1/65-71
- Збашник-Сенегачник, М., *Пасивна кућа*. Загреб: SUN ARH d.o.o., 2009.
- Јовановић-Поповић М. и др., *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Фаза 1, Анализа структуре грађевинског фонда*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2003.
- Jones, P., Pinho, P., Patterson, J. and Tweed, C., *Low Carbon Urban Built Environment, European Carbon Atlas*, Cardiff: The Welsh School of Architecture, Cardiff University, UK, 2009.
- Kotic, T., Krstic-Furundzic A., Rajcic A., Maksimovic D., „Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade“, in: *Architecture, Energy and the Occupant's Perspective PLEA 2009 Papers*. Quebec: Les Presses de l'Université Lava, 2009., Коришћено 15. априла 2010., са <http://www.plea2009.arc.ulaval.ca/attaches/ PLEA2009Quebec-BOOK.pdf>
- Косорић, В., *Еколошка кућа*. Београд: Грађевинска књига, 2008.

- Крстић, А., „Методолошки приступ обнови зграда“, *Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља*, Београд: Савез грађевинских инжењера и техничара Србије и Црне Горе, 2005, стр. 447-454.
- „Materials on Energy Auditing of Buildings“, Oslo: ENSI® Norway – Copyright, 2009, приватна колекција
- Правилник о енергетској ефикасности зграда Србије, документ преузет 30.08.2013. године са <http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>
- Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије Федерације БиХ документ преузет 30.09.2011. године са [http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_toplotna\\_zastita.pdf](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_toplotna_zastita.pdf) или „Сл. новине ФБиХ“ бр.49/09.
- Правилника о енергетском сертификарању објеката у Федерацији БиХ документ преузет 30.09.2011. године са [http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_energetsko\\_certificiranje\\_objekata.PDF](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_energetsko_certificiranje_objekata.PDF)
- „Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама“, Бањалука, 2009., документ преузет 30.09.2011. године са <http://www.unfccc.ba/ba/posljednje/novosti/21-bih-adopts-the-initial-national-communication-under-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- Петрињак, М., *КУЕН зграда - програм енергетске ефикасности у зградарству: нове спознаје и provedба*, Загреб: Енергетски институт Хрвоје Пожар, 2001.
- Петровић, С., „Енергетска сертификација и изражавање енергетских карактеристика објеката“, у: *40. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 523-531.
- Popescu, D. and Voazu R., „Последице политика енергетске ефикасности на тржишту некретнина“, у: *зборнику радова са 40. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 505-511.
- Пуцар, М., Пајевић М., Јовановић-Поповић М., *Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри*, Београд: ИП Завет, 1994.
- Schittich, C., *Solar architecture: Strategies, Visions, Concepts*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2003.

- „Технички пропис о уштеди топлинске енергије и топлотној заштити у зградама из 2005. године“, *Народне новине број 79/05.,155/05. и 74/06.*, Министарство заштите околиша, просторног уређења и градитељства. Коришћено 20. фебруара 2010. са <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289083.html>
- Томшић, Ж., *Енергетска учинковитост у зградарству (ЗУКЕ и ЕПБД)*. Преузето 20. новембра 2009., са сајта [http://www.ieee.hr/\\_download/repository/МАРЕ\\_10\\_12\\_predavanje\\_2009\\_ZUKE\\_i\\_EPBD.pdf](http://www.ieee.hr/_download/repository/МАРЕ_10_12_predavanje_2009_ZUKE_i_EPBD.pdf)
- Тот Баги, А., „Људски фактори уштеде енергије-навике потрошача“, у: *31. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС, 2000., стр. 242-247.
- Thomas, R., M. Fordham & Partners, *Environmental design: an introduction for architects and engineers*, London: Spon Press, 1999.
- Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008.
- Хрс Борковић, Ж. и др., *Енергетска учинковитост у зградарству: водич за судионике у пројектирању, градњи, реконструкцији и одржавању зграда*, Загреб: Енергетски институт Хрвоје Пожар и ХЕП Топлинарство д.о.о., 2007
- Хрс Борковић, Ж. и др., *Водич кроз енергетски ефикасну градњу*, Загреб: Министарство заштите околиша, просторног уређења и градитељства –Управа за становање, комунално gospodarство и градитељство, Сектор за градитељство и Енергетски институт Хрвоје Пожар, 2005.
- Holness, G., „Енергетска ефикасност у постојећим зградама – наша највећа шанса за одрживу будућност“, у: *зборнику радова са 40. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 24-33

### **1.8.2 Истраживања карактеристика одабраних мјера обнове у циљу енергетске оптимизације омотача постојећих зграда са аспекта одрживог развоја**

При обнови зграде са аспекта енергетске оптимизације и унапређења омотача, да би се редуковала потрошња енергије, као и побољшао комфор у постојећим зградама, морају се спровести енергетски ефикасне мјере, што и захтјева

Директива 2002/91/ЕС у члану 6. за постојеће објекте. Општи оквир за израчунавање енергетских перформанси зграде наведен је у анексу истоименог документа, гдје се под тачком 1. у методологији израчунавања наводи између осталог, за ово истраживање значајно, и аспект топлотних карактеристика зграде, позиција и оријентација зграде укључујући вањске климатске услове, пасивни соларни системи и заштита од сунчевог зрачења, природна вентилација и унутрашњи постојећи и пројектовани климатски услови.

Надградња овог документа је извршена Директивом 2006/32/ЕС, гдје се наводи и крајња корист од енергетске ефикасности, енергетски преглед зграде као еквивалент сертификавању, као и листа примјера пожељних енергетски ефикасних мјера и општи оквир за мјерење и провјеравање енергетских уштеда у анексима овог документа.

Разјашњавање, ојачавање и проширење обима Директиве 2002/91/ЕС, као и појава великих разлика у њеној примјени у пракси међу земљама чланицама Европске уније довеле су до преправки и увођења новог законодавног акта Директиве 2010/31/EU.

У зависности од тога какви су потенцијали и начини примјене мјера у обнови постојећег омотача зграде, да би се спријечили топлотни губици, те пасивним системима коришћења сунчеве енергије створили и оптимизовали топлотни добити, одредиће се енергетска уштеда саме зграде. Наведено указује да је неопходно сагледати истраживања из те области. Литература и истраживања која су то проучавала, дају један уопштен архитектонски и економски приказ могућих мјера обнове и унапређења омотача, не приказујући детаљан увид у методологију и систем израчунавања енергетске потрошње, а с тим ни, након примјењених мјера, у израчунавање енергетске уштеде у постојећим објектима. Постојећа истраживања при дефинисању примјењених мјера обнове енергетске оптимизације омотача нису се бавила еколошким аспектом грађевинског материјала који уједно сачињава те мјере. У литератури могу се наћи објављена истраживања еколошке исправности појединачних грађевинских материјала преко метода процјене животног циклуса.



Литература, документи и радови који садржавају горе наведена истраживања и дају неопходан увид у адекватне енергетски ефикасне мјере које ће се извести при енергетској оптимизацији омотача су:

- Berge, B., *The Ecology of Building materials* (second edition), Oxford: Architectural Press, 2009.
- Boonstra, C. and Thijssen I., *SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Energy in Building Renovation*, Gouda (The Netherlands): IEA and James & James, 1997.
- Verbeeck, G. and Hens, H., „Life cycle optimization of extremely low energy dwellings (Report)”, *Journal of Building Physics*, Volume 31, No.2, Sage Publications, Inc., 2007., pp. 143-177. Коришћено 20. новембра 2008., са <http://jen.sagepub.com/content/vol31/issue2/>
- Voss, K., *IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience*, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg (Germany): IEA and James & James, 2000.
- Giebeler, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009.
- Deplazes, A., *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, A Handbook*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2005.
- Di Giulio, R., *Improving the Quality of Suburban Building Stock – COST Action TU0701*, Malta: Faculty for the Built Environment, University of Malta, 2010.
- „Directive 2006/32/EC of European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC“, *Official Journal of the European Union*, 27.04.2006., L 114/64-85
- „Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)“, *Official Journal of the European Union*, 18.06.2010., L 153/13-35, Коришћено 15. јануара 2011., са <http://www.europarl.europa.eu/oeil/file.jsp?id=5716032>
- „Education of Architects in Solar Energy and Ecology“, Коришћено 15. јуна 2008., са <http://www.cenerg.ensmp.fr/francais/themes/cycle/html/12a.html>

- EURIMA, *U-values for Better Energy Performance of Buildings*, Коришћено 20. новембра 2007, са [http://www.eurima.org/eurima-publications/EURIMA-ECOFYS\\_VII\\_report\\_p1-65](http://www.eurima.org/eurima-publications/EURIMA-ECOFYS_VII_report_p1-65)
- IEA, *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions*, 2007. Коришћено 20. новембра 2009., са [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/tracking\\_emissions.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/tracking_emissions.pdf)
- ISOVER, *Живите удобно - штедите природне ресурсе. Изграђена за будућност: ISOVER кућа с више удобности*, Загреб: Saint-Gobain Isover Hrvatska d.o.o., 2009.
- Јовановић-Поповић, М. и др., *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Фаза 2, Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2005.
- Јовановић -Поповић, М., Ignjatović, D., Ćuković-Ignjatović, N. and Radivojević, A., „Rehabilitation project of an apartment building in Belgrade, Serbia“, *SPATIUM*, Belgrade, No. 15-16, 2007., pp.60-65
- Јовановић-Поповић, М., *Здраво становање*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2001.
- Јовановић-Поповић, М., „Грађевински материјали и топлотна средина објеката“, у: Миленковић, Бранислав, Миодраг Ралевић и Нађа Куртовић-Фолић, ур. *Становање из садашњости ка будућности*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1995., стр. 135-148.
- Јовановић-Поповић, М., *Анализа могућности примене пасивних соларних система на вишеспратним стамбеним зградама на подручју Београда* - докторска дисертација, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1991.
- Kaltenbach F., *DETAIL Practice: Translucent Materials: Glass, Plastics and Metals*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004.
- Косорић, В., *Примјена топлотних пријемника сунчеве енергије у циљу унапређења енергетских перформанси зграда у Београду* – докторска дисертација, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2009.
- Krstic, A., „Bioclimatic rehabilitation of existing building stock“, In: Sayigh A.A.M, *Renewable Energy, WREC V*, Florence (Italy): Elsevier Science Ltd., 1998.

- Крстић, А., „Еколошки приступ у изградњи нових и обнови постојећих стамбених градских зона“, у: Бајић-Брковић, Милица, ур. *Одрживост и град*, Београд: Архитектонски факултет, 1999., стр.31-39
- Крстић, А., „Накнадно решавање проблема везаних за термичку заштиту и дифузију водене паре“, у: *Грађевинска физика и материјали*, Београд: Југословенско друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција и Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2003., стр. 121-130.
- Крстић, А., „Примјена опеке као завршног слоја у обнови фасада“, у: *Зидане конструкције у савременој грађевинској пракси*, Београд: Југословенско друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција и Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2001., стр. 45-52.
- Крстић, А., „Транспарентне термоизолације“, у: Калић, Ђорђе, Срђан Спиридоновић, ур. *Рационално газдовање енергијом у широкој потрошњи*, Београд: Агенција Спиридоновић, 1997.
- Крстић, А., „Унапређење термичких перформанси фасадних зидова“, у: Куртовић-Фолић, Нађа и Ралевић Миодраг, ур. *Становање ка III миленијуму*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2001., стр.303-315.
- Kundakci, V. and Yilmaz, Z., „An approach to energy conscious renovation of residential buildings by a Trombe wall system“, *Architectural Science Review* 50.4, Sydney: Faculty of Architecture, Design & Planning, University of Sydney, 2007., pp. 340- 349.
- Ламбић, М. и Стојићевећ Д., *Соларна техника*, Зрењанин: Србија солар, 2004.
- „Materials on Energy Auditing of Buildings“, Oslo: ENSI® –Copyright, Norway, 2008., приватна колекција
- „Materials on Energy Auditing of Buildings“, Oslo: ENSI® –Copyright, Norway, 2009., приватна колекција
- Metz, B., Davidson O., Bosch P., Dave R. and Meyer L., *Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change - Working group III Contribution to the Fourth Assessment- Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: University Press, 2008.

- Михајловић-Ристивојевић, М., „Корисник и елементи изгледа фасадних материјала - (могућности и ограничења учешћа корисника у одлучивању о њиховом изгледу)“, у: Миленковић, Бранислав, Миодраг Ралевић и Нађа Куртовић-Фолић, ур. *Становање из садашњости ка будућности*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1995., стр. 149-163.
- Најдхарт, Т., *Дрво – еколошки прихватљив материјал човјекове средине, са акцентом на стамбену архитектуру* - докторска дисертација, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањој Луци, 2007.
- Ploss, M., Schulze-Darup B., Nordmann T., Tribus M., Zweier G., Weiss R., Feist W., Lang G., *Energy-efficient old building rehabilitation - solutions, lessons learned, trends*, Weissensee: Tri Alpe Adria/International Symposium for energy-efficient architecture on Weissensee Lake, 2008.
- Professional Association for transparent insulation (FVTWD e.V.) - TI Solar Wall. Коришћено 20. јуна 2008., са <http://www.umwelt-wand.de/ti/owner/ti-light.html>
- Пуцар, М., *Биоклиматска архитектура – застакљени простори и пасивни соларни системи*, Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2006.
- Пуцар, М., „Пројектовање у контексту енергетске оптимизације“, у: Миленковић, Бранислав и Миодраг Ралевић, ур. *Унапређење становања*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1991., стр. 293-302.
- Pfundstein, M., Gellert R., Spitzner M.H. and Rudolphi A., *Detail Practice: Insulating Materials: Principles, Materials, Applications*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008.
- Радосављевић, Ј., Павловић Т. и Ламбић М., *Соларна енергетика и одрживи развој*, Београд: Грађевинска књига, 2004.
- Ранђеловић, И., Тодоровић Б. и Крстић А., „Утицај термичког ефекта на расподелу притисака у зградама“, *Југословенски научно-стручни часопис КГХ*, Београд, број 2, 2001., стр. 53-57.
- Reichel, A., Hochberg A. and Köpke C., *DETAIL Practice: Plaster, Render, Paint and Coatings: Details, Products, Case studies*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004.
- Richard, C., Schulz C. and Zeitler F., *DETAIL Practice: Energy-Efficiency Upgrades, Principles, Details, Examples*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2007.

- Sitar, M. and Krainc, K., „Sustainable housing renewal“, *American Journal of Applied Sciences* 5.1, Science Publications, 2008., pp. 61-66. Коришћено 20. новембра 2008., са <http://www.scipub.org/fulltext/ajas/ajas5161-66>
- „Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године“, Енергетски институт Хрвоје Пожар, Загреб и Економског института а.д., Бањалука, документ преузет 15.09.2011. године са <http://www.narodnaskupstinars.net>
- Schittich, C., *In Detail: Building Skins, new enlarged edition*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.
- Schittich, C., Staib G., Balkow D., Schuler M. and Sobek W., *Glass Construction Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1999.
- Тодоровић, Б., *Климатизација*, Београд: СМЕИТС, 1998.
- Тодоровић М. и Бајц, Т., „Енергетске потребе пасивне куће са тромбеовим зидом у климатском подручју Београда“, у: *зборнику радова са 40. међународног конгреса КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 487-496
- Ђуковић-Игњатовић, Н., *Фасада - адаптације и трансформације*, Београд: Задужбина Адрејевић, 2010.
- Habermann, K.J. and Gonzalo R., *Energy-Efficient Architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.
- Hegger, M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T., *Construction Materials Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.
- Herzog, T., Krippner R. and Lang W., *Facade Construction Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004.
- Hoppe, M., *Manual for Improving the Energy Performance of Existing Buildings using Timber and Timber Derived Products*, München: Lehrstuhl für Bauphysik, Technische Universität München, 2008.
- Chattha, J.A. and Gilani S.I., „A monitoring project for performance evaluation of Transparent Honeycomb Insulation“, *Architectural Science Review* 48.2, Sydney: Faculty of Architecture, University of Sydney, 2005.
- Wang, F., „Потенцијал за штедњу енергије у зградама са двоструком фасадом са активним адаптивним кориштењем током зиме“, у: *зборнику радова са*

40. међународног конгреса КГХ, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 413-421

- Wigginton, M., *Glass in Architecture*, London: Phaidon Press Ltd, 1996.

### **1.8.3 Истраживања карактеристика, значајних за енергетску оптимизацију омотача, стамбене изградње од 1945. до 1980. године на подручју града Бањалука**

За енергетску оптимизацију цјелокупне постојеће зграде, а тако и њеног омотача, неопходно је истражити факторе који учествују у енергетској потрошњи зграде. Директни фактори представљени су у Директиви 2002/91/ЕС Европског парламента и Савета Европе и за постојеће објекте предметног подручја могу се сагледати из пројектне документације, као и прегледом зграде на лицу мјеста, на терену, од стране стручног лица (енергетског аудитора). Неопходни климатолошки подаци за Бањалуку, као што је сунчево зрачење, који су такође директни фактори за енергетску оптимизацију зграде, не могу се сагледати нити у једној студији и литератури, јер хидрометеоролошка станица у Бањалуци не посједује апарат који би могао такве податке мјерити. Остале потребне податке могуће је пронаћи у Хидрометеоролошком заводу Републике Српске. У литератури постоје климатолошки подаци који су застарјели, односно приказују период од 1960-1990 године, а за енергетску оптимизацију зграде релевантни су просјечни подаци изведени на основу задњих десет година.

Индијектни фактори који такође учествују у енергетској потрошњи зграде и на које треба обратити пажњу код дефинисања репрезентативних узорака предметног подручја над којима ће се вршити енергетска оптимизација омотача, могу се сагледати из постојећих техничких прописа када је зграда изграђена, стратегије која је утицала на одређивање простора, облика и позиције изградње зграде, типологије и организационе шеме, примјењених материјала, склопова и техника градње.

У литератури нису забиљежена истраживања стамбене изградње од 1945. до 1980. године за подручје Бањалуке, јер стамбена изградња бивше Југославије водила се истим принципима урбанистичке концепције, типологије и обликовања,

материјалима, склоповима и технологијама грађења, па је могуће у постојећој литератури и документима из земаља у окружењу пронаћи неопходне податке за наведени период стамбене изградње и прописа који су их пратили.

Значајна литература и документи који су неопходни да би се сагледали сви фактори везани за наведени период стамбене изградње Бањалуке, а који ће учествовати у енергетској оптимизацији омотача су:

- Богнер, М. и Исаиловић М., *Технички прописи у грејању, хлађењу и климатизацији – са коментарима*, Београд: Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије (СМЕИТС), 1995.
- Жегарац, Б., *Техника грађења и еволуција замисли о организацији становања у граду*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1989.
- Јовановић-Поповић, М. и др., *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Део 1, Анализа структуре грађевинског фонда*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2003.
- Краставчевић, М., *Неки елементи технологије грађења стамбених објеката*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1983.
- Крстић, А., Гајић Д., Тодоровић Д. и Чворо С., „Унапређење енергетских перформанси постојећег грађевинског фонда града Бањалуке – формирање базе података“, у: Симоновић, Дијана и Невена Новаковић, ур. *Урбана и градитељска обнова града Бањалуке у духу одрживог развоја-уводна разматрања*, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, 2008., стр. 182-197
- Паштар, П. и др., *Урбанистички план града Бањалука – синтеза*, Бањалука: Урбанистички завод, 1975.
- „Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова“, Службени лист СФРЈ бр. 45 (1967)
- „Правилник о техничким мјерама и условима за топлотну заштиту зграда“, Службени лист СФРЈ бр. 35 (1970)
- „Правилник о југословенским стандардима за топлотну технику у грађевинарству“, Службени лист СФРЈ бр. 3 (1980)

- Приручник о техничким и облигационим условима за пројектовање и извођење радова на изградњи, реконструкцији, санацији и адаптацији грађевина високоградње, Бањалука: Министарство за урбанизам, стамбено-комуналне дјелатности, грађевинарство и екологију и IMG, Босна и Херцеговина, Република Српска, 1999.
- Рекнагел, Шпренгер, Шрадек, Чеперковић, *Грејање и климатизација*, Четврто, измењено и допуњено издање, Врњачка Бања: Интерклима, 1995.
- Поповић, Ж., *Зградарство*, III допуњено издање, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Бањалука, 1999.
- Смлатић, С., *Бањалука, град и његове функције*, Сарајево: Свјетлост, 1978.
- Станковић, М., Гајић Д., „Енергетско одрживо градитељство у БиХ – потреба – визија – императив“, у: зборнику радова са Научно - стручног скупа међународног карактера *Савремена теорија и пракса у градитељству*, Бањалука: Завод за изградњу а.д. Бањалука, 2009., стр.75-88.
- Станковић, С., „Прозори у архитектонском наслеђу Београда“, у: Миленковић, Бранислав, Миодраг Ралевић и Нађа Куртовић-Фолић, ур. *Становање из садашњости ка будућности*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1995., стр. 165-188.
- Техничка документација стамбене зграде из 1970. године у насељу Борик, Бањалука, Завод за изградњу а.д. Бањалука
- Техничка документација стамбене зграде из 1959. године у насељу Борик, Бањалука, ГП „Крајина“ Бањалука

## 1.9 ПРЕГЛЕД САДРЖАЈА РАДА

Рад се састоји од двије књиге. У првој књизи је шест основних цјелина, закључак, и литература.

*Прва* цјелина је уводна и садржи проблем и предмет истраживања, научни циљ истраживања, задатке истраживања, основне хипотезе, методе истраживања, научну и друштвену оправданост истраживања, резултате истраживања и њихову примјену, критички осврт на досадашња истраживања, као и приказ садржаја рада.



У *другој* цјелини указује се на ефикасност енергетске оптимизације омотача постојећих зграда, кроз три дјела: основне разлоге и факторе у планирању енергетске оптимизације омотача, циљеве енергетске оптимизације омотача и анализе резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације омотача. Први дио садржи разматрања у вези са: расположивошћу енергетских извора, потрошње енергије и емисије CO<sub>2</sub> у Републици Српској и Босни и Херцеговини, затим на одрживи развој и регулативни оквир у Европској унији, карактеристике умјерене климе и топлотног комфора унутар зграде, те на опште поимање компактности зграде, омотача, инсталација и употребе зграде од стране корисника. Други дио садржи конвенционалне и пасивне концепте у вези са остваривањем циља енергетске оптимизације, а то су: одржавање и добијање топлоте, спречавање прегријавања, децентрализација вентилације и коришћење дневне свјетлости. Док су у трећем дијелу приказани резултати на енергетској оптимизацији омотача: конвенционалним елементима и транспарентном термоизолацијом као елементом пасивног соларног система и застакљивањем лођа.

*Трећа* цјелина указује на одређивање и избор репрезентативних узорка постојећих стамбених зграда града Бањалука кроз приказ: стандарда и прописа о топлотној заштити који су били и који су сад на снази на предметном подручју, те анализу стамбеног грађевинског фонда кроз: информациону базу података, врсте конструктивних система и начина материјализације стамбене изградње и присутности карактеристичних врста и њихова диспозиција у односу на контекст њиховог груписања.

У *четвртој* цјелини детаљно се разматрају климатске карактеристике града Бањалука релевантне за енергетску оптимизацију омотача зграда: сунчево зрачење, трајање осунчања и облачност, температура и влажност ваздуха, као и брзина и доминантност вјетрова.

У *петој* цјелини приказан је енергетски аудит/преглед зграда репрезентативних узорка, кроз приказ енергетске ефикасности насеља и блокова којима припадају репрезентативни узорци и указивање на специфичну потрошњу енергије за гријање предметних узорака, примарну потрошњу енергије за гријање и емисију CO<sub>2</sub>. Детаљно су образложени сви поступци и параметари који учествују у

одређивању специфичне потрошње енергије за гријање зграде, а које је неопходно прорачунати и процјенити прије уношења у лиценцирани програм ENSI EAB.

У *шестој* цјелини анализирају се енергетске уштеде примјеном одабраних мјера обнове за енергетску оптимизацију омотача репрезентативних узорака кроз енергетске, економске и еколошке анализе материјала за енергетску оптимизацију омотача зграда уопше, као и доступних на тржишту Босне и Херцеговине, затим анализе енергетских уштеда одабраних мјера и њихове економске исплативости за дефинисање референтних модела обнове.

У истом поглављу приказане су техничке карактеристике модела репрезентативних узорака, као и њихова потрошња енергије и емисија CO<sub>2</sub> након примјењених мјера.

*Седма* цјелина представља закључна разматрања.

У *осмој* цјелини је наведена коришћена литература.

У другој књизи су приказани прилози.

## 2 ДЕФИНИСАЊЕ И ЕФИКАСНОСТ ЕНЕРГЕТСКЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ ОМОТАЧА ПОСТОЈЕЋИХ ЗГРАДА

### 2.1 Основни разлози и фактори у планирању енергетске оптимизације постојећих зграда

У развијеном дијелу свијета истраживачки рад, нове алатке, иновативни производи и глобални економски развој показује нам кроз вријеме, у више наврата, посебно од почетка индустријализације, да се изузетно брзо побољшавају услови живота. Индустријализација је, кроз свој развојни пут, с једне стране ријешила човјечанству кључне проблеме задовољења и унапређења основних животних потреба, док је с друге стране необраћајући пажњу да исцрпљује природне ресурсе проузроковала и довела до уништења животног окружења, а тиме довела у опасност основне животне услове.

Прва енергетска криза, која се јавила 70-тих година, довела је до спознаје да је у порасту потрошња ресурса, те подижући свијест о томе, утицала је на свакодневницу појединца (поврат амбалаже, сепарација отпада, водомјери, електрична бројила), као и на економију (у порасту употреба обновљивих ресурса и система за употребу обновљивих енергија). Енергетска криза и принцип разматања све мање ресурса окренула је све гране друштва принципу ефикасности<sup>1</sup>. Пораст ефикасности и мања цијена коштања иду у корак са мањом штетом по окружење. Ефикасност је примарна економска категорија и ако посматрамо информатичку технологију, њен потенцијал је запањујући (сваких 18 мјесеци удвостручује се капацитет меморије рачунара).

У грађевинској индустрији жестоке су расправе о томе да слични скокови у ефикасности не могу бити примјењиви. Мјере које су већ подузете за редуковање потрошње енергије потврђују да су ови аргументи разумљиво неоправдани. Зграде грађене прије 1970. године имају просјечну потрошњу лож уља око 25-30 l/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу. Ако би се придржавали актуелних регулативних

---

<sup>1</sup> ISO 9000:2005 дефинише ефикасност као „повезаност између направљеног резултата и корисног значења“ у Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 24.

прописа на енергетској уштеди из Европске уније, нпр. Њемачке (EnEV), за нове објекте допуштена потрошња је мах. 6-7 l/m<sup>2</sup>. Податак из 2006. године говори да је само у Њемачкој изграђено око 6000 пасивних зграда (стамбених, пословних, образовних) које имају потрошњу око 1,5 l/m<sup>2</sup> (15kWh/m<sup>2</sup>) и ако их упоредимо са 6 l/m<sup>2</sup> зградом за 5% је већа вриједност изградње. Све ово говори да се развојни пут у грађевинарству у Европи, задњих 40 година, 20 пута увећао у ефикасности.

Енергетска политика је, у прошлости, увијек сматрала да одрживе залихе енергије стварају конфликт са економским растом. Утврђено је да постоји узрочан однос између бруто домаћег производа - БДП (gross domestic product - GDP) и потрошње примарне енергије ППЕ - (primary energy demand - PED), те према томе да сваки економски напредак захтијева пораст потрошње енергије.<sup>2</sup> У 1970. години земље са ниским БДП-ом, такође су имале и низак ППЕ. Насупрот томе, индустријализоване земље имале су високи БДП-у и високи ППЕ. Однос између БДП-а и ППЕ-а је показатељ стандарда живота становништва у земљи.

Инициран нафтном кризом на почетку 1970-тих година развој националних економија био је раздвојен од употребе енергије. У земљама Европске Уније, ППЕ се није много промијенио од 1980-те године док је БДП наставио да расте. Босна и Херцеговина је у свом енергетском развоју 1990. године имала највишу потрошњу енергије од 79GJ/становнику, односно 1,782toe (тона еквивалентне нафте)/становнику, у односу на 2009. годину када износи 1,580toe/становнику. Док је БДП/становнику 1990. године износио 2788 US\$ (подаци према вриједности америчког долара из августа 2012.године), а 2009. 4534 US\$. Супротно од горе наведеног односа БДП/ППЕ односа, однос ППЕ/БДП, односно енергетски интензитет, показује како нација ефикасно користи енергију. Што је већи БДП у поређењу са потрошњом енергије, боље је креирање вриједности употребе енергије, енергетска ефикасност. У каквој се лошој економској и енергетској ситуацији налази Босна и Херцеговина, а с тим и Република Српска, која има 10 пута нижи БДП и 3 пута мање троши енергије (због ниског животног стандарда и

---

<sup>2</sup> Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 49.

смањене потрошње енергије у сектору индустрије) од развијених земаља Европске Уније, приказано је у Табели 1. и на Графикону 1.<sup>3</sup>

Табела 1. Упоредни приказ БДП-а (према вриједности америчког долара из августа 2012.године), потрошње и производње енергије Босне и Херцеговине, земаља у окружењу и појединих високо развијених земаља, према подацима Свјетске банке, <http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>

Земља	БДП/стан. (US \$)	потрошња енергије/стан. (kg ое)	производња енергије (ктое)
Албанија	3796	538	1153.3
Аустралија	42101	5971	310697.7
Аустрија	45638	3784	11399.5
<b>Босна и Херцеговина</b>	<b>4534</b>	<b>1580</b>	<b>4473.8</b>
Бразил	8392	1243	230306.7
Бугарска	6403	2305	9826.1
Велика Британија	35129	3183	158912.3
Грчка	28521	2609	10079.8
Данска	56330	3369	23913
Индија	1127	560	502469.7
Ирак	2066	1035	119640.1
Италија	35073	2735	27009.1
Исланд	37974	16405	4402.3
Јапан	39473	3700	93791
Катар	61073	14911	139945.1
Македонија	4528	1352	1607.7
Њемачка	40275	3889	127089.3
САД	45192	7051	1686401.7
Србија	5484	1974	9440.5
Словенија	24051	3417	3541.1
Француска	40477	3959	129500.9
Хрватска	14323	1965	4065.7
Швајцарска	63568	3480	12765.8
Шведска	43640	4883	30345
Шпанија	31707	2756	29720.4

<sup>3</sup> Подаци за БиХ и све приказане земље изведени су основу објављених података из августа 2012. год. Свјетске банке за 2009. годину на сајту <http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>



Графикон 1. Приказ односа БДП-а и потрошње примарне енергије по становнику за 2009.години према подацима Свјетске банке, <http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>

Упоредјујући однос БДП и потрошње примарне енергије на Графикону 1. увиђамо да Босна и Херцеговина, а с тим и Република Српска, спада у земље са ниским животним стандардом и нерационално користи енергију (енергетски интензитет 0,35 kg еквивалентне нафте/БДП по становнику) у односу на земље са приближно истим БДП-ом (Албанија-0,14, Ангола-0,15, Перу-0,12, Колумбија 0,13, Тунис-0,21) 2 до 2,5 пута више троши енергије. Од земља у окружењу Словенија има највиши животни стандард и у складу са тим троши и енергију (енергетски интензитет 0,14kgое/БДП), затим Хрватска која има нижи стандард од Словеније, али исти енергетски интензитет од 0,14, док су Србија 0,36, Бугарска 0,36 и Македонија 0,30, у истом равнању са Босном и Херцеговином. Најбољи енергетски интензитет према подацима из 2009. године има Швајцарска 0,05, затим Данска и Ирска 0,06, Италија 0,07, Аустрија, Шпанија 0,08, Њемачка, Француска, Велика Британија, Грчка, Јапан 0,09, Шведска 0,11, Белгија 0,12, Аустралија 0,14, САД 0,15, Канада 0,19, док Исланд од свих наведених земаља са високим стандардом има најлошији енергетски интензитет од 0,43. Нпр. Индија и Ирак са ниским стандардом имају енергетски интензитет 0,50.

Основни разлози који су довели до планирања енергетске оптимизације постојећих зграда, уопште у свијету, су расположивост енергетских извора и потрошња енергије, као и емисија CO<sub>2</sub>. У Европској унији процијењено је да сектор зградарства има највећи удио у укупној потрошњи финалне енергије, у просјеку око 41%<sup>4</sup> (Графикон 2.). Према анализама Енергетског института „Хрвоје Пожар“ из Хрватске, за 2005. годину, је да је у Републици Српској највећа потрошња финалне енергије такође у зградарству, али са учешћем од чак 51,8%, односно 26,58 PJ<sup>5</sup> (Графикон 3.). Разлози за такав увећани постотак у односу на земље Европске Уније јесте и због лошег стања индустријског сектора у Републици Српској, те цијелој Босни и Херцеговини.

---

<sup>4</sup> Хрс Борковић, Ж. и др., *Водич кроз енергетски ефикасну градњу*, Загреб: Министарство заштите околиша, просторног уређења и градитељства –Управа за становање, комунално gospodarство и градитељство, Сектор за градитељство и Енергетски институт Хрвоје Пожар, 2005.

<sup>5</sup> Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године, <http://www.narodnaskupstinars.net>, документ преузет 15.09.2012.године



Графикон 2. Потрошња енергије по секторима у земљама ЕУ за 2005. год., према подацима Хрс Борковић, Ж. и др., *Водич кроз енергетски ефикасну градњу*, ЕИХП, 2005., стр.6.



Графикон 3. Потрошња енергије по секторима у Републици Српској за 2005. год. према подацима Стратегије развоја енергетике Р.С., до 2030. год., стр. 9., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Такође према прогнозама тог Енергетског института очекивана потрошња у сектору зградарства без мјера енергетске ефикасности у 2030. години износила би 43,30 PJ, а уз примјену мјера до 2030. године износила би око 37,40 PJ. Уз услов примјене мјера енергетске ефикасности у сектору зградарства удио потрошње финалне енергије, према њиховим анализама могао би пасти на 42,3%, чиме би се приближио европском просјеку из 2005. године. Интересантни су и показатељи потрошње енергије по секторима Енергетског биланса Републике Српске за 2010. годину<sup>6</sup>, који говоре о још већој потрошњи енергије у зградарству у односу на 2005. годину (Графикон 4а). У истом документу наведена је и структура потрошње финалне енергије по билансном плану за 2010. годину, (Графикон 4б.) који такође у односу на 2005. годину говори о порасту потрошње течних горива и електричне енергије у Републици Српској, видјети у сљедећем поглављу 2.1.1

<sup>6</sup> Енергетски биланс Републике Српске - план за 2010. годину, Бањалука: Влада Републике Српске, 2010., документ преузет 15.08.2011. године са [http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En\\_bilans\\_2010%20cir.pdf](http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En_bilans_2010%20cir.pdf)





\*индустрија без прераде сирове нафте која иде за саобраћај



\*приказана течна горива и угаљ не говоре о дијелу потрошње који улази у трансформацију за производњу електричне енергије

Графикон 4а и б. Подаци Владе Републике Српске у Енергетском билансном плану за 2010.годину, [http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En\\_bilans\\_2010%20cir.pdf](http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En_bilans_2010%20cir.pdf)

Разлози због којих се корисници зграда одлучују на обнову, а да то директно утиче на енергетску оптимизацију зграде, обично је видна дотрајалост неких грађевинских елемената (прозори, врата, недостатак термоизолације, малтера, итд.), техничких и погонских проблема на систему инсталација (цијеви, вентили, котао, бојлер итд.). Разлози због којих је неопходна обнова постојећих зграда, а који нису сагледиви као претходни, су лоши унутрашњи услова живота (топлотни, ваздушни, свјетлосни, звучни комфор) и који се индиректно исказују кроз високе параметре потрошње енергије (рачуни за потрошњу топлотне и електричне енергије) или се јављају кроз честа обољења корисника (најчешће респираторни тракт).

Фактори који утичу на енергетску оптимизацију постојећих зграда су важеће стратегије, концепти и законски прописи. Обнова постојећих зграда са аспекта енергетске оптимизације требало би да се води стратегијама и концептима одрживог развоја, ако већ исти нису споведени кроз законске прописе. Остали фактори који утичу на енергетску оптимизацију зграда су: климатске карактеристике подручја на којем је зграда саграђена и клима унутар зграде, компактност зграде, конструкција и материјализација омотача зграде, инсталације у згради (систем гријања и хлађења, систем загријавања воде – потрошња топле воде, расвјета и остали потрошачи енергије) и употреба зграде, односно понашање корисника.

### 2.1.1. Распољивост енергетских извора, потрошња енергије и емисија CO<sub>2</sub>

Документи у којима се може сагледати располољивост енергетских извора, потрошња енергије и емисија CO<sub>2</sub> у Републици Српској и Босни и Херцеговини, од 2005. до 2010. године, су: Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама из 2009.године (у даљем тексту Извјештај), документ финансиран од стране УНДП-а, Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године (у даљем тексту Стратегија), који је Народна скупштина Републике Српске усвојила 2012.године, Енергетски биланс Републике Српске - план за 2010. и 2011. годину, Владе Републике Српске, као и статистички подаци Републичког завода за статистику објављених 2011.године у документу под називом „Ово је Република Српска, 2011”.

Први национални извјештај створен је из разлога што је Босна и Херцеговина од децембра 2000. године постала потписница Оквирне конвенције УН о климатским промјенама (UNFCCC) и чини полазну основу за одрживи развој Босне и Херцеговине.

Према подацима Првог националног извјештаја просјечна потрошња енергије по глави становника у 2000. години у развијеним државама износила је 236 GJ/становнику, док је у БиХ у 2000. години износила је 45GJ/становнику, што се не слаже са подацима Свјетске банке за ту годину гдје је наведено за БиХ 49,36GJ/становнику, односно 1,179 toe/становнику.<sup>7</sup> Укупно примарно снабдијевање енергијом према њиховим подацима у 2009. години за БиХ је 1,49toe/становнику, што се такође не слаже са подацима Свјетске банке за ту годину гдје је наведено 1,58toe/становнику, иако се оба извора позивају на податке Међународне агенције за енергију (IEA). Према том националном извјештају, на 107.стр., главни извори енергије у Босни и Херцеговини су угаљ и хидро-потенцијал, а када се испрате остали документи, требало би бити наведено и огријевно дрво, јер оно у Републици Српској чини 20% учешћа у укупној потрошњи примарне енергије и 35% учешћа у финалној потрошњи енергије. Због

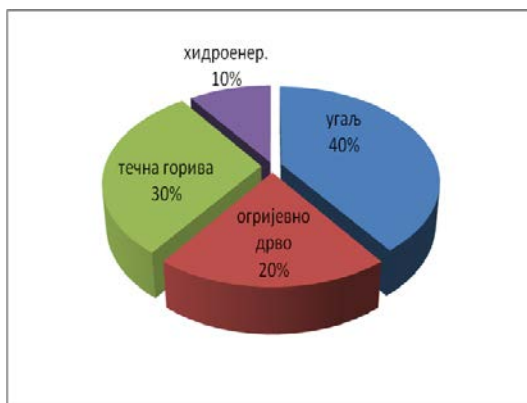
---

<sup>7</sup><http://data.worldbank.org/indicator/EG.GDP.PUSE.KO.PP.KD>, подаци преузети 01.09.2012.године

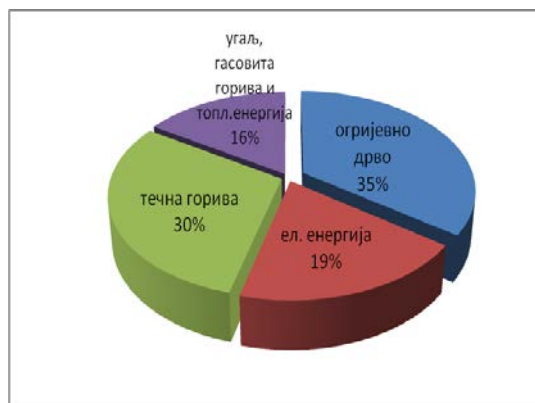
предметног истраживања које је просторно одређено на град Бањалуку сљедећи подаци више ће бити базирани на Републику Српску.

Пратећи активности у земљама Европске уније и у окружењу Влада Републике Српске 2009. године наручује од Енергетског института Хрвоје Пожар (ЕИХП) из Загреба, Хрватска и Економског института а.д., Бањалука израду Нацтра стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030. године<sup>8</sup>. У стратегији је наведено, а између осталог што је од значаја за предмет истраживања, постојеће стање енергетског сектора у Републици Српској, те три сценарија развоја енергетике у зависности од бруто домаћег производа (БДП), као и њен утицај на финалну потрошњу енергије по секторима и, за истраживање најзначајније, приједлог мјера енергетске ефикасности у зградарству.

Постојеће стање енергетског сектора је такво да се укупна потребна енергија у Републици Српској задовољава се потрошњом угља, течних горива, гасовитих горива, хидроенергије и огријевног дрвета (Графикон 5.). У периоду од 2000. до 2005. године, укупна потрошња енергије у Републици Српској расла је просјечном годишњом стопом од 1,3%.



Графикон 5. Учешће у укупној потрошњи енергије у Републици Српској према подацима Стратегије, стр. 301., <http://www.narodnaskupstinars.net>

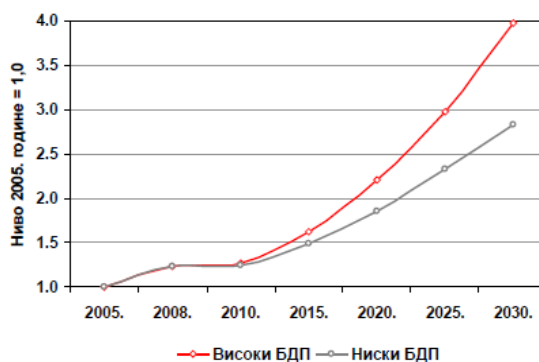


Графикон 6. Учешће у финалној потрошњи енергије у Републици Српској према подацима Стратегије, стр. 9., <http://www.narodnaskupstinars.net>

У периоду од 2000. до 2005. године, финална потрошња енергије у Републици Српској расла је са просјечном годишњом стопом од 3%. Електрична енергија, течна горива и огријевно дрво најзначајнији су облици енергије у снабдијевању финалних потрошача (Графикон 6.)

<sup>8</sup> Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године, документ преузет 15.09.2011. године са <http://www.narodnaskupstinars.net>

Развој енергетике у Републици Српској води се према три сценарија висине БДП-а у односу на 2005.годину, када је износио 3984КМ, а то су: С1- виши раст БДП-а – брз раст бруто домаћег производа (пожељан сценарио развоја привреде), примјена класичних технологија без активних мјера власти, С2- виши раст БДП-а са мјерама – брз раст бруто домаћег производа уз примјену мјера енергетске ефикасности и подстицања коришћења обновљивих извора енергије и С3- нижи раст БДП-а – спори раст бруто домаћег производа и примјена класичних технологија без активних мјера власти (Графикон 7.). Да су економски показатељи веома незахвални критеријими, говоре и нејасноће везане за Графикон 7., који је преузет из Стратегије енергетике РС. Сви наведени показатељи за 2005. и 2008. годину сагледани су из исте Стратегије, и провјерени на сајту Инвестиционо-развојне банке Републике Српске<sup>9</sup>. До погрешке вјероватно је дошло због не ажурирања података, те да су економске прогнозе рађене 2005. године, док је Нацрт Стратегије завршен и дат Влади Републике Српске на усвајање 2010.године и када се упореде стварни показатељи из 2008. године када је БДП износио 5906КМ, долази се до закључка да је прогнозирани пораст за 1,5 пут требао бити већи од нивоа из 2005., а не 1,2 како је приказано на Графикону 7.



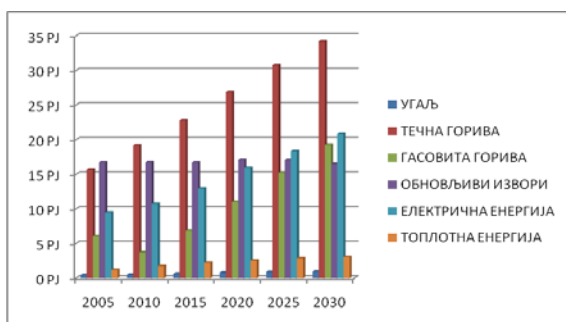
Графикон 7. Индекс раста БДП-а за Републику Српску према вишем и нижем сценарију према Стратегији развоја енергетике Републике Српске до 2030. године, стр. 8., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Прогноза потрошње финалне енергије до 2030. године према горе наведена три сценарија Стратегије, говори да ће се потрошња енергије скоро удвостручити и то да ће се и даље највише трошити течна горива, затим електрична енергија, те прогнозе да ће се пет пута увећати потрошња гасовитих горива, односно за око

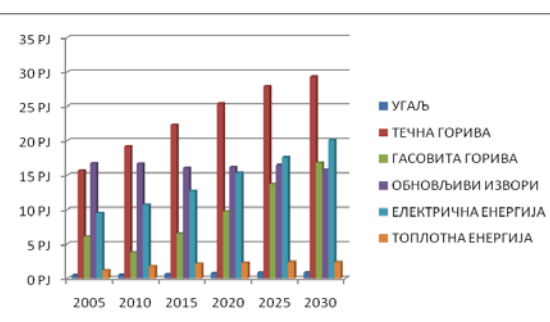
<sup>9</sup> <http://www.irbrs.net/statistik>, доступно 15.08.2012.године

10% ће се увећати, а да ће потрошња преко обновљивих извора остати на истом нивоу, што ће чинити за 10% мање учешће у укупној финалној потрошњи енергије (Графикони 8., 9. и 10.).

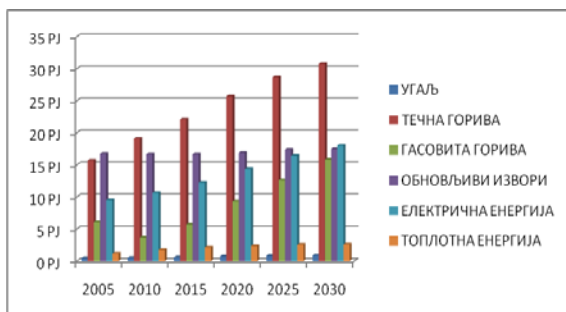
Поређење ова три сценарија на примјеру потрошње финалне енергије приказује да ће у сценарију са мјерама и високом стопом раста БДП-а (С2) у Републици Српској бити готово иста као и потрошња финалне енергије у сценарију са нижом стопом раста БДП-а (С3) (Графикон 11.).



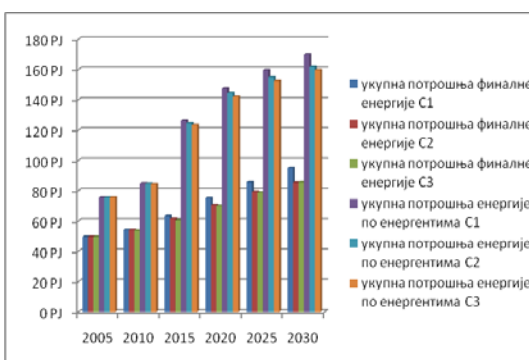
Графикон 8. Потрошња финалне енергије према сценарију 1 – С1 (Стратегија, стр.21)



Графикон 9. Потрошња финалне енергије према сценарију 2 – С2 (Стратегија, стр. 23.)



Графикон 10. Потрошња финалне енергије према сценарију 3 – С3 (Стратегија, стр. 25.)



Графикон 11. Упоредни приказ сва три сценарија укупне потрошње финалне енергије и укупне потрошње енергије по енергентима (примар. ен.)

У Табели 2. може се испратити колика је била прогнозирана потрошња финалне енергије у Републици Српској у РЈ (пета цулима) и ктоне (хиљадама тона еквивалентне нафте) за 2010. годину према ЕИХП-у и стварна потрошња финалне енергије за 2009. и 2010. годину.

Табела 2. Потрошња финалне енергије у Републици Српској

ВРСТА ЕНЕРГЕНТА у РЈ	2010 <sup>(1)</sup>	2009 <sup>(2)</sup>	2010 <sup>(3)</sup>
УГАЉ	1,96	1,52	1,68
ТЕЧНА ГОРИВА	19,11	23,99	20,03
ГАСОВИТА ГОРИВА	3,68	1,28	1,44
ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ	16,67	15,8	16,5
ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА	10,63	10,25	10,52
ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	1,75	1,37	1,48
УКУПНО у РЈ	53,81	54,21	51,65
УКУПНО у ктое	1285,2	1294,7	1233,6

(1)прогноzirани подаци за 2010.годину ЕИХП према сценарију С3 из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030., стр. 25.

(2)подаци из Енергетског биланса РС план за 2010. год., Ово је Република Српска, 2011.Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba))

(3)подаци из Енергетског биланса РС план за 2011. год., Ово је Република Српска, 2011.Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba))

Потрошња финалне енергије Републике Српске за 2010. годину (Табела 2.), према прогнозама ЕИХП-а, које су из 2009.године, према сценарију С3-нижег раста БДП-а, приближније су стварној потрошњи енергије у 2009. години. Интересантно је да је стварна потрошња енергије у 2010. години нижа од прогнозиране, и да су највећа одступања видна у потрошњи гаса, те да је непредвидиво очекивати да ће се у будућности повећавати потрошња финалне енергије (Графикон 11.).

Производња примарне енергије у Републици Српској према ЕИХП, коју је у Стратегији навео за 2005. годину, као стварну и прогнозирану за 2010. годину, приказана је у Табели 3.

Табела 3. Структура производње примарне енергије Републике Српске

ВРСТА ЕНЕРГЕНТА (у РЈ)	2005 <sup>(1)</sup>	2009 <sup>(2)</sup>	2010 <sup>(3)</sup>	2010 <sup>(4)</sup>
УГАЉ	30,41	43,77	41,66	32,83
ХИДРОЕНЕРГИЈА	10,22	9,49	11,94	8,626
ОГРИЈЕВНО ДРВО	16,74	9,47	8,6	16,86
УКУПНО	57,37	62,73	62,20	58,31

(1) подаци ЕИХП из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030., стр. 301.

(2) подаци из Енергетског биланса РС план за 2010. год., Ово је Република Српска, 2011.Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba)), [http://nasasuma.com/download/godisnja\\_analiza\\_aktivnosti\\_korisnika\\_suma\\_u\\_svojini\\_republike.pdf](http://nasasuma.com/download/godisnja_analiza_aktivnosti_korisnika_suma_u_svojini_republike.pdf)

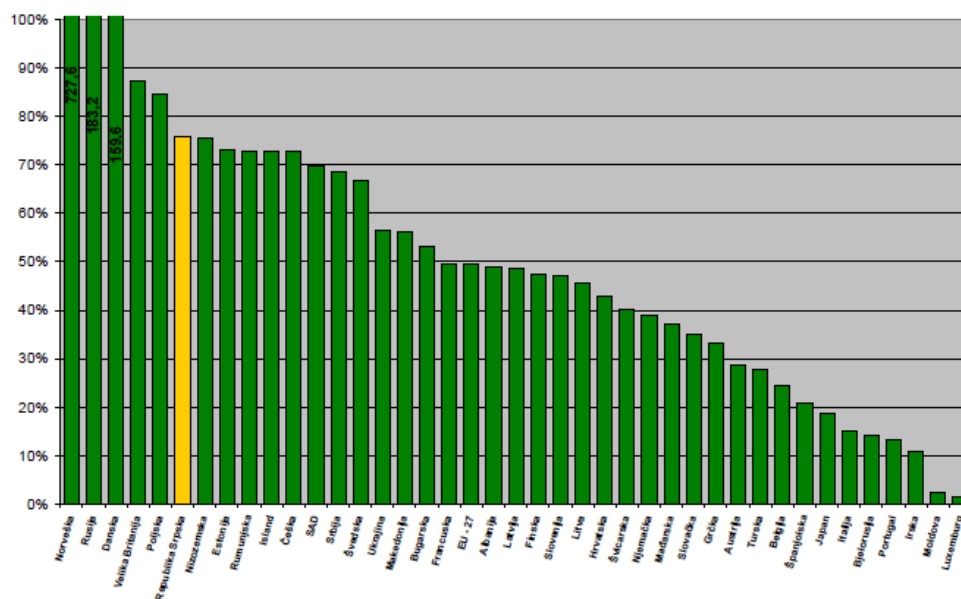
(3) Ово је Република Српска, 2011., Републички завод за статистику РС ([www.rzs.rs.ba](http://www.rzs.rs.ba)),

Пресјек и анализа стања шума РС за 2010. год. (<http://www.nasasuma.com/>)

(4) прогноzirани подаци за 2010.годину ЕИХП из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030.

У табели је према тим врстама енергената приказана и стварна производња према статистичким подацима за 2009. и 2010. годину иако у производњи енергије у Републици Српској учествују и течна горива (директни потрошачи: рудници угља, термоелектране, топлане) и гасовита горива (топлане), ти енергенти нису приказани вјероватно из разлога што је Република Српска 100% енергетски зависна према њима, односно Република Српска сирову нафту и природни гас увози. Табеларни приказ структуре производње примарне енергије у Републици Српској за 2010. годину према ЕИХП-у, који је у односу на 2005. годину прогнозирао благи пораст производње од 1 РЈ и у односу на стварне статистичке податке за 2010. годину производње угља и хидроенергије и података о огријевном дрвету из Изјештаја о извршењу производно-финансијског плана за 2010. годину, ЈПШ „Шуме Републике Српске”, говоре о одступању за 3,89 РЈ, односно укупна производња енергије у Републици Српској је била виша него што је прогнозирана.

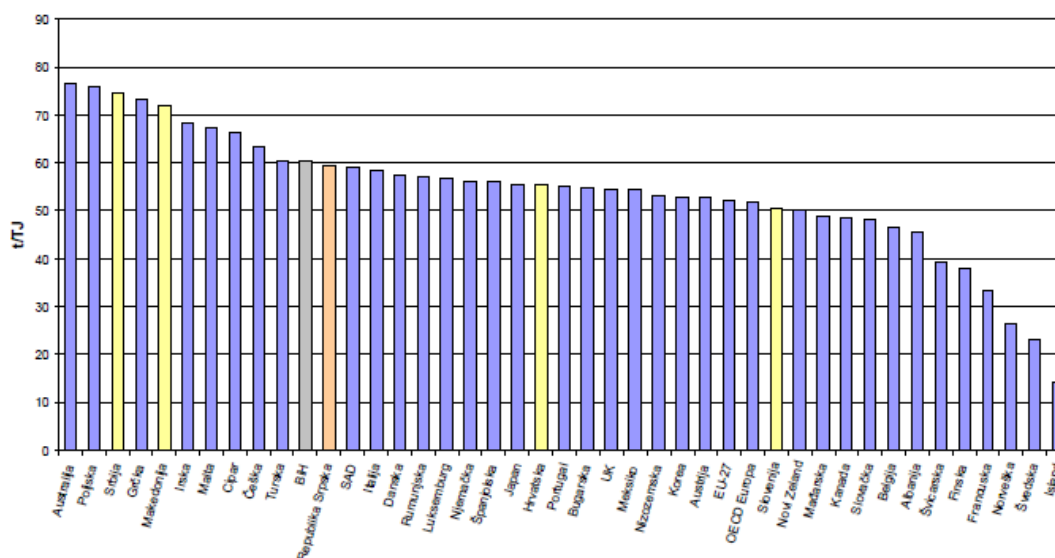
Каква је уопште расположивост енергетских извора и потрошња енергије у Републици Српској најбоље показују на Графикону 12., подаци ЕИХП-а из 2005. године, о властитој снабдјевености енергије који Републику Српску са 75,9% сврставају у раван са Холандијом, а у односу на просјек земља ЕУ27 снабдјевеност је виша за 53,4%.



Графикон 12. Упоредни приказ властите снабдјевености енергијом Републике Српске и осталих земаља, према подацима ЕИХП; IEA Energy balances of OECD countries; IEA Energy balances of non - OECD countries објављеним у Стратегији, стр. 303., <http://www.narodnaskupstinars.net>

Република Српска је зависна од увоза природног гаса и сирове нафте, јер нема производње тих енергената, док је властита снабдјевеност огријевним дрветом 100%, угаљ прелази 100% (производња већа од потрошње) и снабдјевеност електричном енергијом у појединим годинама се креће и до 150%.

Утицај енергетског сектора на околину, односно емисија CO<sub>2</sub> у Републици Српској у 2005. години, према подацима ЕИХП-а износила је 4,488 милиона тона, односно у односу на укупно потрошену енергију износила је 59,4t/TJ, што је за 14% више од просјека земаља ЕУ27 (Графикон 13.). Специфична емисија CO<sub>2</sub> по становнику 2005. године износила је 3,1 тону по становнику, што је за 62% мање од просјека земаља ЕУ27.



Графикон 13. Специфична емисија CO<sub>2</sub> по укупно утрошеној енергији, према подацима ЕИХП и IEA Statistics, објављеним у Стратегији, стр. 316., <http://www.narodnaskupstinar.net>

У Првом националном извјештају Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених нација о климатским промјенама из августа 2009., наведено је да је Босна и Херцеговина имала 1990. године индикатор специфичне емисије CO<sub>2</sub> 85t/TJ, односно 1590 kg/MWh, из разлога што примарни извор енергије је угаљ, односно у производњи енергије учествује преко 70%. Како видимо из података ЕИХП-а индикатор специфичне емисије CO<sub>2</sub> за Републику Српску и то за 2005. годину износио је 59,4 t/TJ, што износи, пропорционално индикатору за Босну и Херцеговину, око 1111 kg/MWh.



Према индикаторима специфичне емисије CO<sub>2</sub> за енергенте (примарно гориво)<sup>10</sup> (Табела 4.) и према производњи електричне енергије у Републици Српској, која је базирана 45% на хидроелектранама и 55% на термоелектранама (угаљ)<sup>11</sup>, специфична емисија CO<sub>2</sub> од 740,15 kg/MWh износи за производњу електричне енергије у Републици Српској.

За ово истраживање важно је указати још и на индикатор специфичне емисије CO<sub>2</sub> за топлотну енергију добијену од примарног енергента мазута (примарно гориво градске топлане Бањалука), који износи 330 kg/MWh.

Табела 4. Коefицијенти (индикатори) примарне енергије и специфичне емисије CO<sub>2</sub> за енергенте према стандарду EN 15603, Извор: интерни документ ENSI (Energy Saving International) из 2009.год.

	коefицијент (индикатор) примарне енергије <i>fp</i>		коefицијент (индикатор) емисије CO <sub>2</sub> <i>K</i>
	необновљиве	укупне	kg/MWh
лож уље	1,35	1,35	330
гас	1,36	1,36	277
антрацит (тешки/камени угаљ)	1,19	1,19	394
лигнит (мрки/дрвени угаљ)	1,4	1,4	433
кокс	1,53	1,53	467
дрвено иверје	0,06	1,06	4
дрвене цјепанице	0,09	1,09	14
цјепанице од букве	0,07	1,07	13
цјепанице од јеле и смреке	0,1	1,1	20
ел. ен. - хидроелектрана	0,5	0,5	7
ел. ен. - нуклеарна електрана	2,8	2,8	16
ел. ен. - термоелектрана	4,05	4,05	1340
ел. ен. - мјешовита УЦПТЕ*	3,14	3,31	617
*Унија за координацију производње и преноса електричне енергије			

<sup>10</sup> EN 15603:2008, Energy performance of buildings — Overall energy use and definition of energy ratings

<sup>11</sup> подаци из Енергетског биланса РС план за 2010., 2011. и 2012. годину, документи Владе Републике Српске, преузето 15.08. 2011., 29.09.2012., 07.12.2012. са сајта [http://www.vladars.net/sr-SPCyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Pages/Energetski\\_bilans\\_Republike\\_Srpske](http://www.vladars.net/sr-SPCyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Pages/Energetski_bilans_Republike_Srpske)

### 2.1.2 Одрживи развој и регулативни оквир у Европској Унији

Од виталног значаја за планету је разуман и одржив приступ коришћења природних ресурса, зато се сви аспекти изградње морају водити на основу дугорочног животног циклуса. Европска унија са својом „стратегијом одрживости“ кроз директиве о енергетским карактеристикама зграда (*Directive 2002/91/EC* и *2010/31/EU of European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings – EPBD*) формулисала је захтјеве за сертификацијом грађевина са енергетског аспекта, у циљу смањења потрошње енергије, што је један од критеријума одрживе градње. Директивом за производе у грађевинарству („*Construction Products Directive – CPD*“) формулисани су и захтјеви за доказима утицаја грађевинског материјала и то са аспекта утицаја на животну средину у складу са процјеном животног циклуса (*Life Cycle Assessments - LCA*).

С обзиром на животни вијек зграда који је дуготрајан, подразумјева се да би требало користити компоненте које су трајне и не захтијевају велико одржавање. Међутим, неизбежне прекретнице у животном циклусу зграде су поправке, техничке надоградње и побољшања форми. Компоненте и материјали који се мјењају или поправљају требало би да буду одстрањени без уништавања, да би се могли виšekратно употријебити или уклонити. Таква употреба повратних елемената се примјењује у аутомобилском сектору, те би у грађевинском сектору требала бити свеобухватна обавеза. Цјеловито разматрање трошкова градње и текућих трошкова, тзв. трошкова животног циклуса (*Life Cycle Cost - LCC*), чини значајан допринос са својим холистичким (цјеловитим) приступом побољшања квалитета градње, процеса и ефикасности у градњи.

У постојећем грађевинском фонду од највеће важности за дугорочну одрживост са аспекта критеријума везаних за експлоатацију енергије је надоградња свих компонената и инсталација које утичу на њену потрошњу. Ако погледамо анализе садржаја релевантих истраживачких пројеката везаних за оптимизацију енергије у зградама видјећемо да се све процјене и активности доносе у складу са стандардима који су на снази.

Поред унапређења енергетских стандарда, обнова зграда са аспекта одрживог развоја требало би да укључује промјене зграде у толикој мјери да се задовоље

потребе садашњих и будућих корисника. Архитекте са неопходним вјештинама требају бити укључени од самог почетка у току планирања рада, јер они могу да илуструју потенцијал зграде као цјелине и помоћи да се осигура да ће енергетске перформансе зграде бити интегрисане у цјелокупан одрживи концепт. Асоцијација инжењера архитектуре и грађевинарства Швајцарске (SIA) 2004. године издала је препоруке<sup>12</sup> за одрживу изградњу која треба да помогне планерима и клијентима за избор критеријума специфичних за своје пројекте у смислу договора о циљевима на почетку планирања и указивању на мјере за њихово спровођење.

Критеријуми за одрживу изградњу подјелени су у неколико тема које проистичу из три области, област друштва, грађевинске индустрије и животне средине (Табела 5.).

Табела 5. Критеријуми за одрживу изградњу према Асоцијацији инжењера архитектуре и грађевинарства Швајцарске (SIA 112/1), према Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 191.

Област	Тема	Критеријум
Друштво	Интерес	интеграција друштвени контакт солидарност/оправданост учешће - партиципација
	Пројекат	идентификација/препознатљивост индивидуални пројекат/особеност
	Корисност, доступност	основне потребе/мјешовите употребе успорен саобраћај, јавни превоз приступачан и употребљив за све
	Комфор, здравље	безбједност/сигурност освјетљеност унутрашњи ваздух зрачење топлотне карактеристике (љети) бука, вибрације
Индустрија (Грађевинарство)	Структура грађевине	локација конструктивни склоп материјализација/опрема
	Трошкови инсталација	трошкови кроз животни циклус финансирање екстерни трошкови
	Трошкови експлоатације и одржавања	експлоатација и одржавање поправке
Животна средина	Грађевински материјали	сировина (доступност) утицај на окружење опасне супстанце уклањање
	Експлоатациона енергија	гријање/хлађење због унутрашње климе загријавање воде електрична енергија покривеност захтијева за енергијом
	Тло, околина	подручје парцеле могућности изградње
	Инфраструктура	непостојаност, промјењивост неискоришћеност у експлоатацији и употреби вода

<sup>12</sup> “Recommendation SIA 112/1, sustainable construction – buildings“

Област друштва говори да квалитет изграђене животне средине одражава људске представе о вриједности и средствима изражавања даје опште идеје о култури. Зграде и све остало што чини дио изграђеног окружења су тако ефикасне и свемогуће да оне утичу на наш животни стандард на различите начине. Међутим, одговарајући критеријуми често нису мјерљиви, они могу да се процјене у квалитативним или описним терминима. Управо су нематеријалне друштвене вриједности као што су интеграција, идентификација, партиципација или здравље, оне које представљају основне, кључне факторе за одржив, миран и еколошки компатибилан развој друштва.

Посматрајући област индустрије, приликом доношења одлука у планирању, трошкови улагања у изградњу зграде су често у центру пажње. Када је економски аспект примарна категорија резултат је развијање једнодимензионалног пројекта, који је наравно у супротности са дугорочним размишљањима. Након само неколико година од изградње зграде, када је зграда у функцији, трошкови експлоатације и одржавања зграда могу бити већи од трошкова улагања. Будућа пракса у планирању, требала би да разматра трошкове зграде током њеног цијелог животног циклуса (изградња, експлоатација, уклањање). Одлуке при планирању морају одмјерити веће инвестиционе трошкове од мањих оперативних трошкова и трошкова одржавања. Квалитет пројекта има своју цијену, али дугорочно увећава вриједност некретнине.

У области животне средине, као први, при изградњи зграда или замјени компоненти, јавља се еколошки аспект, на који утичу количине грађевинског материјала, његови токови уградње или уклањања, а са друге стране, када је зграда изграђена, током експлоатације, јављају се захтјеви који проистичу из енергетског аспекта, посебно они за гријање, хлађење, освјетљење и опрему, као и за чишћење и одржавање. Зграде су дуговјечне, те под претпоставком да је стопа нове градње приближно 1% за централну Европу<sup>13</sup>, потенцијално највеће смањење емисије CO<sub>2</sub> према томе лежи у обнови постојећег грађевинског фонда. Кроз смањење количине нових материјала, наставак коришћења постојећих зграда даје одлучујући допринос оскудним ресурсима у односу на изградњу нових зграда.

---

<sup>13</sup> Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 191.

Обезбјеђивање циљева и образац кључних показатеља чине предуслове да би заживио концепт одрживости. Да би се добиле конкретне стратегије дјеловања, тиму за пројектовање, ипак су, неопходни алати при идентификацији ефеката и интерактивних веза социјалних, економских и еколошких мјера, као и њиховом примјењивању у процесу планирања и/или изградњи. Бројни алати и помагала, као што су прегледне (аудит) листе, компјутерски програми или процјењивање и сертификација грађевина су доступни и разрјешавају питање одрживости у изградњи.

Процјењивање грађевина у Великој Британији врши се методом под називом БРИМ (*BREEAM*)<sup>14</sup> која је развијена раних 90-тих година прошлог вијека као прва метода процјењивања јавних грађевина Велике Британије и у међувремену постала је примјењива и на друге грађевине разних намјена, као и најчешће коришћена метода у разним државама Европе, Сјеверне Америке и Азије. Сертификација се врши на основу оцјењивања показатеља и у зависности од укупног броја поена грађевина добија ознаку: прошао, добар, врло добар или одличан. Показатељи су подјелени у осам области: управљање, здравље и благостање, енергетика, саобраћај, вода, материјали и отпад, коришћење земљишта и екологија и загађење. Метода је тако испројектована да би је успјешно користили архитекти и планери.

У Америци Одбор за зелену изградњу (*Green Building Council*) првобитно је увео 1995. године, за америчко тржиште некретнина, систем оцјењивања под називом ЛИД (*LEED*)<sup>15</sup>. У међувремену систем се користи све више и више у Европи, а посебно у Азији. Као и код БРИМ методе, постоје посебне верзије у зависности од врсте употребе грађевине, нпр. за постојеће зграде, за јавне зграде, за зграде које су стамбене или се изнајмљују у комерцијалне сврхе. Процјена заснована на постизању одређеног броја бодова према одговарајућем каталогу критеријума издаје ознаку: сертификат, сребро, злато или платина. Показатељи су подјелени у шест области: одрживи градови, ефикасност воде, енергија и

---

<sup>14</sup> *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

<sup>15</sup> *Leadership in Energy and Environmental Design*

атмосфера, материјали и ресурси, квалитет животне средине у ентеријеру, иновација и процес пројектовања.

У складу са критеријумима препорука *SIA*-е, у Швајцарској се од 2006. године примјењује метода верификације МИНЕРЖИ-ЕКО (*MINERGIE-ECO*), за пословне, образовне и вишепородичне стамбене зграде. У припреми је преглед који укључује појединачне куће и пројекте обнове. Ознака допуњује Минержи стандард који се фокусирао на комфор и енергетску ефикасност, додајући теме здравља и екологије у изградњи. Критеријуми оцјењивања укључују и свјетлост, буку, ваздух у унутрашњости зграде, сировине, изградњу и уклањање. Значајно за енергетску ефикасност, је да ова ознака прецизира, да се енергетска потрошња зграде мора смањити за најмање 25% и потрошња фосилне енергије за 50%. У циљу да задовољи захтјеве ознаке, зграда треба да задовољи искључиве критеријуме у појединим областима (нпр. без коришћења биоцида и штетних заштитних премаза у ентеријерима). Најмање двије трећине критеријума мора бити испуњено да би се зграда добила ову ознаку.

Минержи стандард прописује да максимална потрошња енергије за постојеће зграде које се обнављају мора бити  $80 \text{ kWh/m}^2$ .

У Норвешком правилнику о зградама из 2007. године, за климатску зону Осла, максимална потрошња енергије за нове стамбене зграде на годишњем нивоу је  $120 \text{ kWh/m}^2$ , од чега је предвиђена потрошња за гријање  $30 \text{ kWh/m}^2$ .

У Њемачкој у важећем документу о очувању енергије (*Energy Conservation Act*) из 2007. године наведено је да су максимални захтјеви за потрошњом енергије за гријање за постојеће зграде које ће се обновити  $70 \text{ kWh/m}^2$ . У истом документу гдје су наведени разни нивои потрошње енергије за нове зграде (од  $60 \text{ kWh/m}^2$  - нове зграде до  $15 \text{ kWh/m}^2$  - пасивне куће), остварити потрошњу енергије за гријање за нову зграду на  $30 \text{ kWh/m}^2$  и тиме достизање нивоа стандарда под називом „*EnEV minus 50%*“ што ће гарантовати ниску каматну стопу кредитног задужења.

За предметно истраживање најважнији подаци из Стратегије развоја енергетике Републике Српске до 2030. године су да примјеном мјера енергетске ефикасности кроз законодавно окружење, за нове стамбене и нестамбене зграде је претпостављено да ће до 2030. укупна потрошња топлотне енергије бити ограничена на максимално 40-60 kWh/m<sup>2</sup>. Према њима енергетска обнова постојећих зграда, нарочито оних грађених прије 1987. године представља највећи потенцијал за енергетске уштеде, јер њихова просјечна потрошња енергије за гријање је већа од 200kWh/m<sup>2</sup>. При свакој енергетској обнови смањила би се потребна топлотна енергија у згради за 60%, првенствено захваљујући повећању топлотне заштите и увођењу ефикаснијих техничких система у зграде. Додатна улагања у топлотну изолацију при обнови већ дотрајале фасаде крећу се у укупној цијени санације фасаде 20-40%, што даје повољне економске резултате у поређењу са дугорочним уштедама које се постижу.

Систем за дијагностику квалитета одрживе градње (*DSQ*)<sup>16</sup>, чији је развој финансирала Њемачка савезна фондација за животну средину, је систем са хијерархијском структуром, чије су теме и објашњења изведена на основу препорука *SIA*-е. Један од важнијих промјена је у подјели тема по областима, истовјетног модела од 3 стуба, користећи узглавља друштво, индустрија и животна средина, систем је заснован на категоријама у вези планирања: локација, квалитет градње и квалитет процеса.<sup>17</sup> (Табела 6.)

---

<sup>16</sup> Diagnosis system for sustainable building quality

<sup>17</sup> Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 192-193.

Табела 6. Критеријуми за одрживу изградњу према систему за дијагностику квалитета одрживе градње (DSQ) према Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 192-193

Подручје	Тема	Критеријум
Квалитет локације	Интерес	доступност енергије основне потребе/мјешовите употребе интеграција солидарност/оправданост употребљивост/корисност непостојаност, промјењивост бука/ вибрације зрачење, радијација
Квалитет градње	Пристап/комуникација	саобраћај друштвена повезаност приступачан и употребљив за све
	Парцела	простор парцеле отворени простори
	Пројекат	традиција градње особеност
	Комфор, здравље	безбједност/сигурност звук освјетљеност унутрашњи ваздух унутрашња клима
	Структура грађевине	конструктивни склоп материјализација/опрема
	Трошкови градње	трошкови улагања финансирање
	Трошкови експлоатације и одржавања	експлоатација и одржавање поправке
	Материјали грађевине	сировина (доступност) утицај на окружење опасне супстанце уклањање
	Експлоатациона енергија	гријање грађевине хлађење грађевине опскрба топлотом водом управљање ваздухом освјетљење остали потрошачи ел. енергије покривеност захтјева за енергијом
	Инфраструктура	искоришћеност у експлоатацији и употреби вода
Квалитет процеса	одрживо грађење традиционално грађење учешће, партиципација интегрисано планирање анализе праћење, контрола управљање грађевином	

Све ово имало је за циљ да поједностави коришћење од стране архитеката и планера, али и то да расподјелом избјегава проблеме додјеле критеријума која се тичу сва три стуба одрживости, на примјер, загађења животне средине.

Систем за дијагностику квалитета одрживе градње је у почетку развијен као систем за процјену одрживости готових објеката, да се за потребе студија случаја обезбједи вредновање са једном методом. Овај систем је значајан за предметно



истраживање овог рада, јер разликује двије категорије критеријума: квалитативне, који покривају све области и теме одрживости и квантитативне индикаторе, који су додатак овим критеријумима (нпр. захтјеви за примарном енергијом у kWh/m<sup>2</sup>год.).

Значајни квантитативни индикатори су тренутно тешко доступни, чак и код узорних пројеката, јер законским регулативама нису захтјевани. Доступност таквих параметара и њихово коришћење очекује се у будућности, као подаци о планирању и/или подаци о градњи верификовани од стране праћења (мониторинга), контролисања, да би се омогућило извођење закључка у погледу енергетске ефикасности и ефикасности материјала градње. Такви подаци, у току стручних расправа, дају веома важан објективан допринос и обезбјеђују подстицај ради вођења рачуна о коришћењу ресурса и енергије у грађевинарству.

Правно обавезујућа потврда о енергији и одрживости, као што захтијева Закон о очувању енергије, на примјер као сертификат о енергетским перформансама или процјена животног циклуса, створиће неопходне базе података у средњерочном периоду.

Истраживања објављена у *COST<sup>18</sup> Action TU0701* под називом Побољшање квалитета субурбаних постојећих зграда<sup>19</sup> дала су један вид методологије Процјене квалитета постојећих зграда, чији су индикатори засновани на горе наведеним критеријумима за одрживу градњу (Табела 7.).

Сви индикатори састоје се од неколико аспеката, и на нивоу су подручја којем припадају, па се разврставају на ниво: простора (блок или дио насеља), зграде и/или стана.

---

<sup>18</sup> Најстарија (основана 1971.године) и најраширенија (до 2010. године учествује 35 држава Европе) европска међуржавна мрежа научних заједница која кроз сарадњу остварује истраживачке пројекте подржане од националних фондова.

<sup>19</sup> Di Giulio, R. Krstic A., et al., *Improving the Quality of Suburban Building Stock*, COST Action TU0701, Malta: Faculty for the Built Environment, University of Malta, 2010., стр. 183-193.

Табела 7. Индикатори квалитета стана, зграде и простора према Di Giulio, R. Krstic A., et al., *Improving the Quality of Suburban Building Stock*, COST Action TU0701, Malta: Faculty for the Built Environment, University of Malta, 2010., стр. 183-193.

<b>политика и планирање</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- политика изградње</li> <li>- регулативе</li> <li>- аспекти кориштења земљишта</li> <li>- грађење и уређење простора</li> <li>- инфраструктура</li> </ul>	<b>приступачност</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- елементи</li> <li>- простор</li> </ul>	
<b>службе</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- јавне службе, културне установе</li> <li>трговачко-услугне дјелатности</li> <li>спорт и рекреација, здравство</li> <li>образовање, вјерски објекти, итд.</li> </ul>	<b>здравље и безбједност</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>безбједност корисника</li> <li>- конструктивна стабилност</li> <li>- штетни грађевински материјали</li> <li>- заптивеност</li> <li>- заштита од пожара</li> <li>- забиљежене природне катастрофе</li> <li>- одржавање чистоће</li> <li>- забиљежене болести</li> <li>- загађење ваздуха</li> <li>- обезбјеђење</li> </ul>	
<b>инфраструктура</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- саобраћај</li> <li>- комуналне службе</li> <li>- управљање отпадом</li> </ul>			
<b>архитектура и простор</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- пејзаж и топографија</li> <li>- функционални аспекти</li> <li>- флексибилност простора</li> <li>- животни стандард</li> <li>- изглед и квалитет</li> <li>- интерпретација окружења</li> </ul>		<b>друштво</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- интеграција и друштвене интеракције</li> <li>- старосна популација</li> <li>- густина становника</li> <li>- тип породице (самци, родитељи с дјецом)</li> <li>- хијерархија приватности простора</li> <li>- културни аспекти</li> <li>- криминал</li> <li>- перцепција корисника</li> </ul>
<b>конструкција</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- конструктивни систем</li> <li>- материјали</li> <li>- очекивано оптерећење</li> <li>- заштита од пожара</li> </ul>			
<b>енергетска ефикасност и физика зграде</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гријање и хлађење</li> <li>- топлотне карактеристике</li> <li>- влага</li> <li>- вентилација и ваздушни комфор</li> <li>- пасивни концепт</li> <li>- активни системи</li> <li>- алтернат. енергетски системи</li> <li>- енергетска исказница</li> <li>- животни циклус</li> <li>- управљање водом</li> <li>- акустика/звучни комфор</li> <li>- освјетљење/визуелни комфор</li> </ul>	<b>управљање</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- власништво</li> <li>- одржавање</li> <li>- илегалне интервенције</li> <li>- обнова и реконструкција</li> </ul>	
		<b>економија</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- финансијске препреке</li> <li>- улагање</li> <li>- одржавање</li> <li>- изнајмљивање</li> </ul>	

Предметно истраживање, при сагледавању квалитета простора, насеља и блока, репрезентативних узорака водиће се горе наведеним индикаторима у Табели 7.

### 2.1.3 Карактеристике умјерене климе и топлотни комфор унутар зграде

Клима обиљежава локално стање атмосфере, које може бити описано посредством метеоролошких варијабли, кориштећи одређену временску димезију на начин да се разликују вријеме и метеоролошки утицаји.

Вријеме је тренутно стање атмосфере, од једног сата до неколико дана.

Метеоролошки утицаји су карактер времена преко неколико дана до једне седмице, екстремно једна цијела сезона (једно годишње доба), док је клима просјечно стање атмосфере на Земљи преко 30 до 40 година.

Просторно одређење предметног истраживања тиче се карактеристика умјерене климе, која је, у глобалу, карактеристична за централну Европу. Одликује се веома различитим интензитетом соларног зрачења (висок однос дифузног зрачења у односу на укупно сунчево зрачење, фреквентна облачност) са просјеком од око  $1100\text{kWh/m}^2$ , затим високе температурне разлике на нивоу године у просјеку око  $18\text{-}20^\circ\text{C}$ , умјерена дневна температурна разлика од  $6\text{-}8^\circ\text{C}$ , умјерена до висока релативна влажност ваздуха од око 80% и умјерене падавине око 800-1000mm на годишњем нивоу. У основи оваква клима захтијева изградњу зграда са заштитом од хладноће у зимском периоду, заштитом од предгријавања у љетњем периоду и заштиту од повремених у неким регионима и фреквентних поплава.

Микроклима описује метеоролошке утицаје слоја ваздуха око 2m изнад површине карактеристичне локације и њеног директног окружења. На њу утичу различити фактори, као што су: конфигурација тла, вегетација и сусједне зграде. Микроклима утиче на климу унутар зграде, која је пресудна за људско здравље.

Здравље човјека је базирано на његовој субјективној перцепцији на бројне спољашње утицаје. Поред тога стандардизовани, физички измјерени амбијентални утицаји (унутрашња температура и влажност ваздуха, кретање ваздуха, интензитет освјетљења, ниво буке), неоспорни индивидуални, психолошки критериј (старост, пол, конституција и здравствено стање човјека, физичка кондиција, етничка припадност, исхрана/утрошак хране) и основна група

(посредни) утицаја (одјећа, активност, окупираност/заузетост, дневни и годишњи ритам, адаптација/прилагођавање) утичу на здравље.

Топлотни комфор је примарно одређен физичким утицајима као што су температура унутрашњег ваздуха и просјечна температура спољашњег ваздуха, влажност унутрашњег ваздуха и кретањем ваздуха. Иако вриједност ових параметара имају узајаман утицај и утицај на самог човјека је субјективне перцепције истог, прихватљиве вриједности за температуру унутрашњег ваздуха су 20-22°C (љети и до 26°C), влажност унутрашњег ваздуха 35-60% и кретање ваздуха и до 0,15m/s. И са оптималним унутрашњим условима, корисници зграда неће бити 100% задовољни због разних индивидуалних фактора (врста одјеће, физичке активности, године старости, пол), према EN ISO 7730, очекивани постотак незадовољних (PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied) и када је вриједност очекиваног просјечног мишљења (PMV – Predicted Mean Vote) једнака 0 (угодан, неутралан комфор) износи 5%.<sup>20</sup> Угодна, топлотно прихватљива клима у просторији, према EN ISO 7730, је она коју најмање 80% особа, које се ту налазе, осјећа топлотно прихватљивом.<sup>21</sup>

У даљем тексту приказани су комфорни у разним релацијама према истраживачима *Wenzel H.G.; Muller E.A. (1957), Roedler F. (1960), Fanger P.O. (1970), Frank W. (1975) и Grandjean E. (1979).*<sup>22</sup>

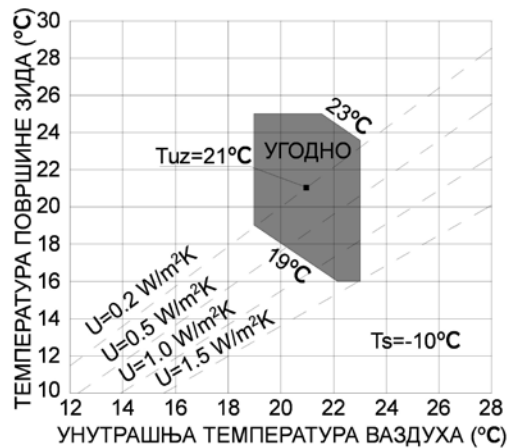
Ниво комфора у згради унапријед је одређен унутрашњом температуром ваздуха и просјечном температуром на површини зидова (Слика 1.), плафона и пода.

---

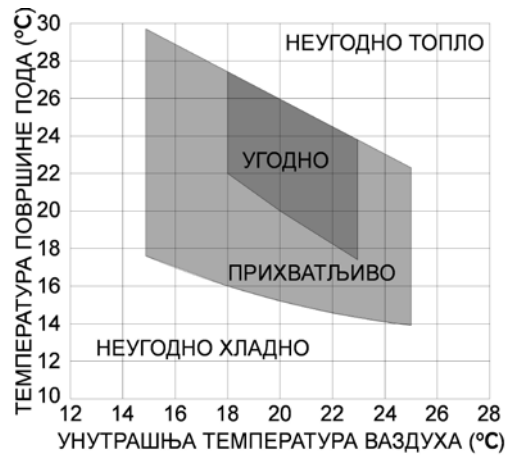
<sup>20</sup> Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 57

<sup>21</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 4.1

<sup>22</sup> Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 57-59. и Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 4.3-4.7

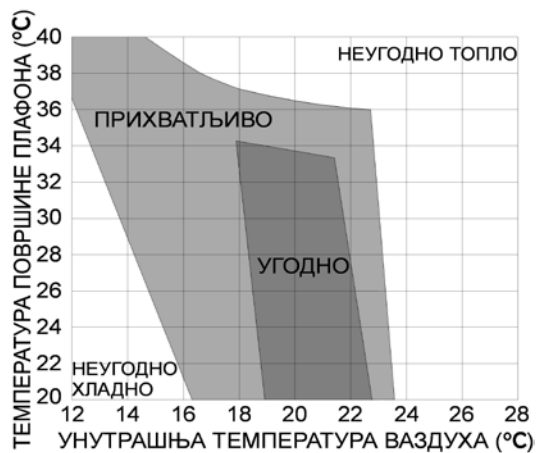


Слика 1. Комфор у релацији температура унутрашњег ваздуха и површине зида са висином U-кофицијента елемената омотача према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр.58.)

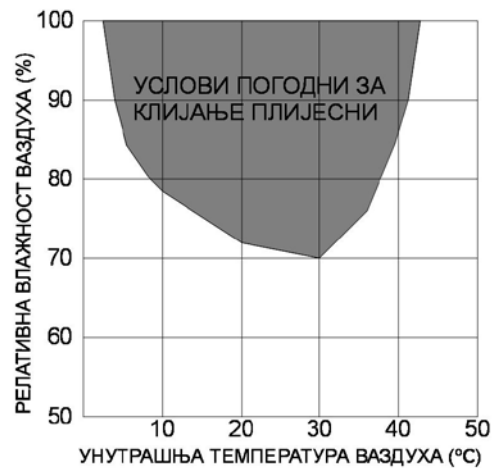


Слика 2. Комфор у релацији температура унутрашњег ваздуха и површине пода према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 58.)

У идеалном случају разлика ових температура не би требала износити више од 3°C. Просторије са великим прозорима и лошом термоизолацијом воде лошем комфору. При планирању подног гријања, ако је пројектна температура просторије 20°C температура пода не смије бити виша од 27°C (Слика 2.), док на плафону не смије прећи 34°C (Слика 3.).

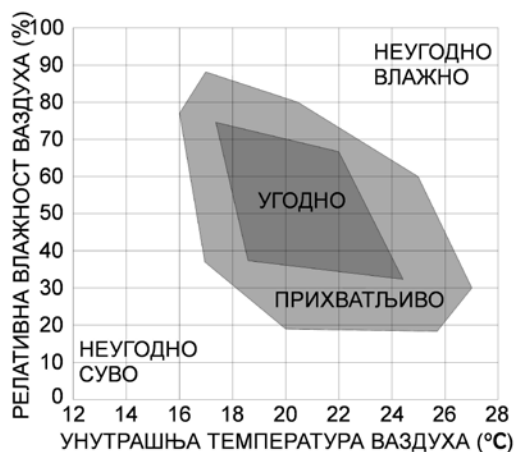


Слика 3. Комфор у релацији температура унутрашњег ваздуха и површине плафона према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 58.)

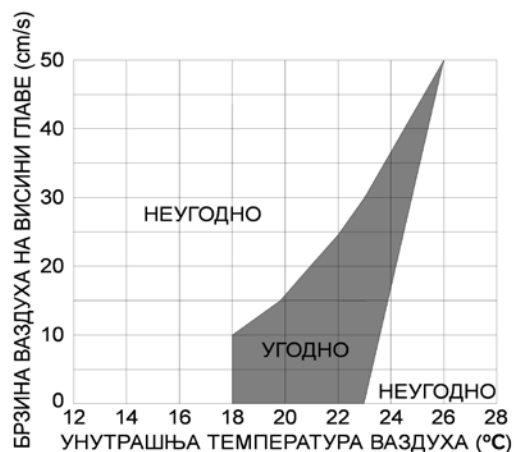


Слика 4. Релација температуре и релативне влажности ваздуха под којима се стварају услови за клијање плијесни према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 59.)

Са амбијенталном температуром од 20-22°C, релативна влажност ваздуха у просторији може износити од 35 до 70% да би била прихватљива. Преко 70% постоји могућност појаве кондензације и плијесни на елементима омотача зграде, који немају добре топлотне карактеристике. (Слика 4.) Релативна влажност ваздуха испод 35%, с друге стране акумулира прљавштину и електростатички набој у компонетама обраде пода, нарочито металним детаљима. Препоручена релативна влажност ваздуха је од 40-60% (Слика 5.).



Слика 5. Комфор у релацији температуре и релативне влажности ваздуха унутар просторије према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 59.)



Слика 6. Комфор у релацији температуре и брзине ваздуха непосредно уз човјека према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр.59.)

Кретање ваздуха у просторији, такође се очитује већ споменутиим утицајем топлотног уравнотежења особе и њеног здравља (Слика 6.).

EN ISO 7730, између осталог препоручује вриједности брзине ваздуха везане са степеном ковитлања (турбуленције) тока ваздуха, јер ток са промјеном правца и брзина појачавају осјећај промаје. При температури унутрашњег ваздуха од 20°C брзина ваздуха ако није нижа од 0,15m/s може бити сматрана као непријатна. Ако је температура ваздуха у просторији око 23°C, већа брзина ваздуха може створити угодан комфор преко одавање (дисперзије) топлоте са људског тијела. Ако се још у фази планирања и дјелимично извођења, обезбиједи да су сви детаљи ваздухонепропусни, можемо очекивати да ће инфилтрација ваздуха бити у заданим оквирима.

Према стандарду EN ISO 12831 унутрашња пројектна температура подјелена је у три категорије и за стамбене зграде (при типичном зимском одијевању човјека  $1\text{clo}=0,155\text{m}^2\text{K/W}$  и активности сједења  $1,2\text{met}=70\text{W/m}^2\sim 120\text{W}$ ) износи:

- категорија А – 21-23°C
- категорија В – 20-24°C
- категорија С – 19-25°C.<sup>23</sup>

Према истом стандарду висина унутрашње пројектне температуре за стамбене зграде износи 20°C, док је за купатило пројектна температура 24°C.<sup>24</sup>

#### 2.1.4 Компактност зграде (фактор облика), омотач, инсталације и употреба зграде

Пресудан критериј за енергетски-ефикасну оптимизацију, још у прелиминарној фази планирања, је облик и диспозиција корисне (нето) површине зграде. Волумен зграде је најчешће одређен унутрашњим обликовањем и економским разматрањима. Поред тога, конструктивни и плански законодавни оквир је услов, који се мора узети у обзир, са уважавањем коефицијента изграђености парцеле и планираних односа (регулационе и грађевинске линије по хоризонтали и вертикали), за дефинисање дозвољеног укупног волумена. За архитектонско пројектовање омотача зграде, могућа су мања одступања, која остају унутар тих оквира. Различите димензије површина омотача директно утичу на топлотне губитке. Мања, компактнија, површина омотача потребног за одређени волумен зграде, има ниже захтјеве за потрошњом енергије за загријавање зграде. Варијабла за процјењивање компактности је однос површине омотача зграде кроз који пролази, губи се, топлота и волумена зграде који се грије (климатизује), односно фактор облика зграде  $A/V$ . Са аспекта геометрије, идеалну форму представља лопта, али са ограничењем на ортогоналност структура, најбољи облик је коцка.

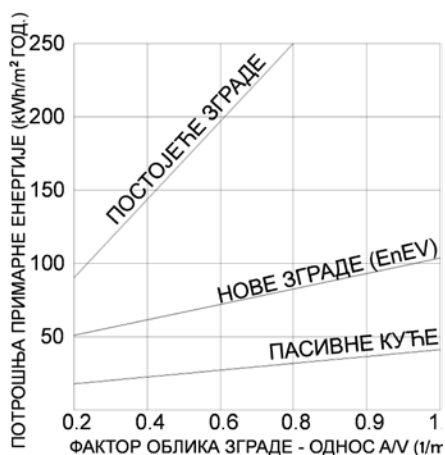
---

<sup>23</sup> EN ISO 12831:2003 Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load, Annex A (Informative) Table A.2 – Internal design temperature, pp. 37

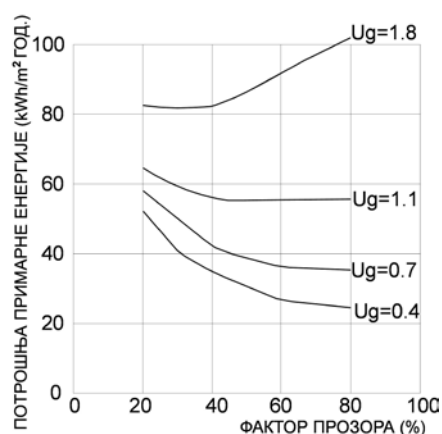
<sup>24</sup> EN ISO 12831:2003 Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load, Annex D (Normative) D.2 – Internal design temperature, pp. 66

Одступање од ових идеалних, оптималних форми воде ка различитостима у захтјевима за потрошњом енергије за загријавање зграда (Слика 7.).

Фактор прозора, односно однос између застакљених дијелова омотача (површине прозора са оквирима) и гријане/хлађене површине, такође утиче на потрошњу енергије за гријање, чији се утицај може оптимизовати оријентацијом застакљених површина и квалитетом стакла (Слика 8.).



Слика 7. Утицај фактора облика зграде на потрошњу примарне енергије према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 86.)



Слика 8. Утицај фактора прозора и квалитета стакла на потрошњу примарне енергије једне приватне куће са оријентацијом прозора J:3/I:C=3:2:1 према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 92.)

Простори зграде који се не загријавају, као што су степеништа, помоћни простори, оставе и гараже се не рачунају у волумен који се загријава и загријавани волумен зграде мора бити топлотно изолован у односу на њих. Са аспекта енергије, то није компактност бруто волумена зграде који је релевантан, него волумен гријаних дијелова зграде. У принципу, степен компактности се повећава са повећањем волумена. Велике јединице стамбених блокова у низу показују много мање топлотне губитке него слободно-стојеће зграде са истом површином у основи.

Упоредним приказом истих типолошких јединица, који имају збирно исти волумен, оријентацију и однос прозора према оријентацији, закључује се да јединице груписане као стамбени блок имају најбољи фактор облика зграде, те сходно томе и најнижу специфичну потрошњу енергије за гријање, као и укупну потрошњу примарне енергије (Слика 9.).



ТИПОЛОШКА КОМПАРАЦИЈА		ПОЈЕДИНАЧНЕ КУЋЕ	КУЋЕ У НИЗУ	СТАМБЕНИ БЛОК	ВИШЕСПРАТНИЦА	СТЕПЕНАСТИ НИЗ
ОРИЕНТАЦИЈА: СЈЕВЕР-ЈУГ ВОЛУМЕН: 4320m <sup>3</sup> ОДНОС ПРОЗОРА: СЈЕВЕР 20% ИСТОК 30% ЗАПАД 30% ЈУГ 50%						
ФАКТОР ОБЛИКА ЗГРАДЕ - ОДНОС A/V	(1/m)	0.78	0.65	0.43	0.49	0.78
УКУПНА ПОВРШИНА ОМОТАЧА	(m <sup>2</sup> )	3384	2808	1848	2104	3384
ПОВРШИНА ОМОТАЧА (ЗИДОВА И КРОВА)	(m <sup>2</sup> )	2664	2088	1608	2024	2124
ПОВРШИНА ОМОТАЧА НА ТЛУ (ПОДА)	(m <sup>2</sup> )	720	720	240	80	1260
ПОВРШИНА КРОВА	(m <sup>2</sup> )	720	720	240	80	720
ОДНОС ОМОТАЧА ИЗЛОЖЕНОГ ВАЗДУХУ И ТЛУ	(-)	3.7:1	2.9:1	6.7:1	26.3:1	1.7:1
ФАКТОР ПРОЗОРА	(%)	23	23	21	30	20
ГУБИЦИ ТОПЛОТЕ КРОЗ ОМОТАЧ	(H <sup>c</sup> =W/m <sup>2</sup> K)	0.49	0.46	0.56	0.63	0.45
СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ ЗА ГРИЈАЊЕ (q <sub>h</sub> =kWh/m <sup>2</sup> год.)		72 (100%)	60 (83%)	48 (66%)	56 (77%)	66 (9%)
УКУПНА ПОТРОШЊА ПРИМАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ (Q <sub>p</sub> =kWh/год.)		168000 (100%)	136000 (81%)	113000 (67%)	126000 (75%)	146000 (87%)

Слика 9. Упоредни приказ груписања типских јединица (зграда) и утицај њихових карактеристика на губитке топлоте кроз омотач и потрошњу енергије за гријање према *Energy Manual: sustainable architecture* (Negger, 2008., стр.70.)

Потенцијал енергетски-ефикасне оптимизације зграде може се постићи, у фази пројектовања у распореду просторија према топлотним зонама, што подразумева одређивање позиција унутрашњих просторија према њиховим различитим пројектним температурама. Енергетска оптимизација постојећих зграда ефекат промјене температурних зона може се постићи додавањем двоструког омотача или застакљивањем лођа.

Мноштво је захтјева уграђено у омотач зграде као енергетске граничне површине између спољашњих амбијенталних услова и унутрашњих климатских потреба корисника (Табела 8.).

Табела 8. Омотач зграде кроз утицајне факторе, особине и функције, према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 83.)

СПОЉАШЊИ УТИЦАЈИ	ОМОТАЧ ЗГРАДЕ	УНУТРАШЊИ УТИЦАЈИ
		ТОПЛОТА
	ОСОБИНЕ	унутрашња температура ваздуха
	транспарентност	просјечна температура окол. површина
	прозрачност	температура околних површина
СВЈЕТЛОСТ	тамноћа	температура долазног свјежег ваздуха
интензитет сунч. зрачења	топлотна проводљивост	брзина долазног свјежег ваздуха
угао сунчевог зрачења	укупан пролаз енергије	унутрашња влажност ваздуха
освјетљеност	тежина	влажност долазног свјежег ваздуха
топографија терена	звучна апсорпција	кретање ваздуха
изграђено окружење	топлотни капацитет	АКУСТИКА
вегетација	дифузија водене паре	ниво буке
ВАЗДУХ	ФУНКЦИЈЕ ЗАШТИТЕ	обухват акустике
температура ваздуха	влага	вријеме повратног звука
влажност	вјетар	ВИЗУЕЛНОСТ
брзина ваздуха	топлотна заштита зими	директно сунчево зрачење
смјер вјетра	топлотна заштита лети	упадни угао свјетлости
квалитет ваздуха	заштита од сунца	освјетљеност
звук	заштита од буке	јачина свјетлости
атмосферске падавине	приватност	контраст, одблијесак
ЗЕМЉА	ФУНКЦИЈЕ КОЈЕ ОБЕЗБЈЕЂУЈЕ	фактор освјетљености
температура земље	природно освјетљење	самосталност свјетлости
тачка температуре росе	природна вентилација	излагање бојама околине
топлотна маса земље	визуре	визуре
	пасивни топлотни добици	МИРИС
	активни топлотни добици	брзина измјене ваздуха
	производња ел. енергије	квалитет ваздуха

Најчешћи конфликт, при пројектовању, је постићи да транспарентни дио омотача оствари циљеве визуре, коришћења дневног освјетљења и мјера засјенчења. Омотач зграда зависи од употребе зграде, климатских аспеката, конструкције и законске регулативе (*Правилник о топлотној заштити и рационалној употреби енергије*). Историјски развој градитељства је указао да умјерена климатска зона захтијева грађење масивних, зиданих спољашњих зидова, који уједно рјешавају и конструктивне проблеме. Овакве конструкције допуштају само мале отворе, али представљају велике топлотне масе (способност складиштења/акумулације топлоте), те оба ова фактора омотача имају суштински утицај на климу унутар зграде.

Око 1820. године Жан Фурије<sup>25</sup> поставио је постулате теорије о топлотној проводљивости масивних тијела и користио је термине који су и данас у употреби („топлотни флуks/проток“, „температурни градијент“ и „топлотна проводљивост“). Већ 1828. године физичар Жан Клод Ежен Пекле<sup>26</sup> увео је k-коэффициент (данас познат као U-коэффициент) као вриједност топлотне пропустљивости тијела (као мјера за пролаз топлоте). Са становишта енергије, омотач зграде садржи у најједноставнијем случају шест површина. Оне се морају разматрати посебно у складу са дотичним унутрашњим и вањским захтјевима. С обзиром да конструкција пода и крова обично буде искључиво функционално испројектована, фасада (спољашњи зидови) као елемент омотача који повезује ове двије површине, исказује архитектонске аспекте. С таквим тежњама, европска архитектура примарно је давала значај развоју технологије стакла и жељеза, те средином 19-тог вијека настаје прекретница у архитектури (Кристална палата у Лондону), док отприлике у исто вријеме у Америци настаје и први патент термоизолованог стакла. У Америци у првој половини 20-тог вијека настаје и прва стаклена зид-завјеса (*Halladie* зграда у Сан Франциску), те након тога термоизоловано стакло појављује се и на тржишту.

Дио омотача зграде који је често непримјетан, неважан за спољашњи изглед зграде, а веома значајан у контексту енергије (топлотни биланс зграде), је површина омотача која је у контакту са земљом (под).

Топлотна изолативност спољашњих зидова била је битна тема још у 19-том вијеку, али у смислу топлотног комфора у згради. У другој половини 20-тог вијека функција физике зграде и топлотне заштите елемената, постаје важна са развојем омотача од вишеслојних компоненти од различитих материјала, те нпр. у Њемачкој се након 1952. године појављују први прописи о топлотној заштити зграда, да би се тек након 1970. године у цијелом свијету почело размишљати о рационалној потрошњи енергије и њеном утицају на окружење. Тек након 1992. године конференције у Рио де Женеиру, те 1997. године Кјото протокола и 2002. године конференције у Јоханесбургу и за Европу значајне Директиве о

---

<sup>25</sup> Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) француски математичар и физичар, којем се приписује откриће, које је објавио у есеју из 1824. године, да атмосферски гасови повећавају површинску температуру на Земљи, што ће се касније назвати ефектом стаклене баште.

<sup>26</sup> Jean Claude Eugene Peclet (1793-1857) француски физичар

енергетским перформансама зграда из 2002. године, топлотна изолативност омотача достиже економску и еколошку важност и од тада се повезује са потрошњом енергије.

Кључна ставка код енергетски-ефикасне изградње је настојати користити конструктивне мјере да се оствари повољно, удобно коришћење зграде са минимумом коришћења енергије. На првом мјесту је прилагодити омотач зграде, и изабрати материјале према климатским условима подручја. И поред тога, зграде у многим климатским зонама, па тако и у умјереној континенталној клими, захтијевају додатно контролисано снабдјевање енергијом. Технологије потребне за то имају значајан утицај на комфор корисника, а с тим и зграда има утицај на природно окружење. Утицај зграде на природно окружење може се процијенити израчунавањем свих захтијева за потрошњом енергије неопходне за функционисање зграде, као што данас и захтијева Европска унија са Директивом о енергетским перформансама зграда везано за гријање, хлађење, припрему топле воде, вентилацију, расвјету и додатне потрошаче електричне енергије. Инсталације зграде, код постојећих репрезентативних узорака стамбених зграда, као што су систем гријања, систем расвјете и разни потрошачи електричне енергије (осим опреме и кухињских апарата, ту спада и систем за припрему топле воде), сходно горе наведеном, су саставни дио цјелокупног енергетског концепта зграде.

Систем гријања, односно топлотна енергија, у градовима Босне и Херцеговине, добија се дијелом, око 30%, из градског централног гријања.<sup>27</sup> За Републику Српску структура потрошње примарне енергије у топланама за 2011. годину је мазут (средње лож уље) 64%, угаљ 26%, биомаса 6% и природни гас 4%.<sup>28</sup>

Због дуготрајног неодржавања ових система и њихове старости (процјењује се да је опрема у градским топланама стара и до 25 година), они сада раде са ниском

---

<sup>27</sup> Подаци из Студије енергетског сектора БиХ, Модул 1Б, 2008. наведени у Првом националном извјештају Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама из 2009. године, стр. 103.

<sup>28</sup> Подаци о потрошњи енергената за производњу топлотне енергије у Републици Српској према докуменатима Владе Републике Српске, под називом Енергетски биланс Републике Српске, и то у плановима за 2010., 2011., 2012. и 2013. годину, су приближно истог омјера. Видно је опадање енергената биомасе и гаса за 1-2% из године у годину, што представља лоше показатеље односа према животној средини, доступно 12.01.2013. на сајту <http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/> (за сваку годину само важећи, последњи документ доступан на сајту)

ефикасношћу. Топлане у Босни и Херцеговини имају тешкоће у наплати испоручене топлотне енергије, коју оне опет обрачунавају на основу нето површине стана (по  $m^2$ ), што је у колизији са Законом о заштити потрошача, гдје је у члану 35. наведено да енергија испоручена потрошачу мора бити измјерена.<sup>29</sup>

За рационално понашање корисника, а сходно томе повећање енергетске ефикасности и смањење загађења животне средине, неопходно је обрачун трошкова гријања водити према мјерењу топлотне енергије, што је и пракса у Европској унији. Према искуствима других земаља, што се наводи у сваком Енергетском билансу Републике Српске, увођењем обрачуна трошкова по измјереним вриједностима потрошње постиже се смањење потрошње од 10%. Ово потврђује и ENSI<sup>30</sup>, да према интернационалним искуствима, праћењем потрошње енергије и воде, као нове мјере, смањује се потрошња за 5-15%.

Према подацима Првог националног извјештаја Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама из 2009. године, који су преузели податке из Студије енергетског сектора БиХ из 2008. године, у Босни и Херцеговини 29% становништва живи у становима. У Извјештају је још наведено да просјечна површина стана до 1980. године је била  $50m^2$ , а 1991. године  $60,45m^2$ , да 30% кућа има централно гријање (12% градско даљинско гријање, 11% појединачне котловнице, 6% индивидуално централно гријање), док се 70% грије собним гријалицама/пећима (огријевно дрво 77%, електрична енергија 12%, угаљ 9%). Интересантно је да се наводи да су спроведене анкете у сврху Студије енергетског сектора БиХ и да је према њима просјечна количина енергије потрошене за гријање  $200kWh/m^2$  гријане површине (у Републици Српској  $216 kWh/m^2$ ) и да је у Извештају наведено да ту вриједност треба узети са резервом, јер ниједна зграда није испитана у погледу губитка топлоте. Према Студији енергетског сектора БиХ из 2008. године, а наведене у Извјештају, главни типови енергената за гријање воде у домаћинствима су 80%

---

<sup>29</sup> Сл. гласник БиХ бр. 25/2006, стр. 2453, доступно 12.09.2012. на сајту <http://www.mvteo.gov.ba/zakoni/zakoni/>

<sup>30</sup> *Energy Saving International AS*, норвешка организација за развој и консалтинг у области енергије и енергетске ефикасности. Основана је 1992. године од стране Trond Dahlsveen, тада предсједника удружења машинских инжењера Норвешке. Између осталих међународних пројеката, Норвешка влада их финансира 2009. године да на подручју Босне и Херцеговине изврше обуку 30 инжењера за енергетски аудит зграда и након тога 10 енергетских аудитора за предавање њихове методологије., [www.ensi.no](http://www.ensi.no)

електрична енергија и 15% огријевно дрво, за кухање 50% електрична енергија и 36% дрво и да само мали број стамбених јединица има апарате за климатизацију ваздуха (8%), да су генерално домаћинства добро опремљена електричним апаратима и да се штедне сијалице веома ријетко користе (3%), те да просјечно у домаћинству живи 3,25 станара.

Употреба зграде, са становишта енергије, води се параметрима техничког управљања зградом, одржавањем и праћењем потрошње енергије у згради. У земљама са високим радним најамнинама, као што је Њемачка, за вријеме функционисања зграде, цијена чишћења често је виша него цијена гријања. Један од економских аспеката у фази пројектовања подразумјева примјену површина лаких за чишћење, као што су глатке и површине без спојева створене од материјала отпорних на хабање. Фасадна облога од стаклене емајлиране површине има циклус чишћења, и двоспратне и десетоспратне зграде, једном годишње или чак једном у четири године. Са аспекта енергије за ефикасност транспарентних дијелова омотача, веома је важна чистоћа.<sup>31</sup> Понашање корисника је веома важно за правилно функционисање зграде и планирану потрошњу енергије. Праћење потрошње енергије је једини показатељ да ли ће потрошња енергије бити на очекиваном нивоу. Само рационално понашање корисника може осигурати да ће планирана потрошња енергије зграде, таква и бити након изведених енергетски ефикасних мјера било на омотачу или на инсталацијама (системима) унутар зграде.

Према Извјештају мјере за повећање енергетске ефикасности постојећих зграда, које су прузете из Директиве Евроске уније о енергетским карактеристикама зграда 2002/91/ЕС су:

-промјена понашања потрошача, мјере са ниским трошковима (мањи радови и кратак период отплате инвестиција – до 3 године) и мјере са високим трошковима (велики радови на зградама и период отплате до 10 година). Према њиховим подацима које су преузели из пројеката енергетске ефикасности у зградама града Јесенице, Словенија (Грађевинског института ЗРМК, Љубљана, [www.gi-zrmk.si](http://www.gi-zrmk.si) и

---

<sup>31</sup> У еколошком смислу, лако одрживо подразумјева да ће чишћење бити успјешно и са мало средстава. Врста чишћења према цијени коштања, од ниже ка вишој су: суха (механичка), влажна (механичка), влажна (хемијска) и вакумска, према Hegger M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel: Birkhäuser, 2008. стр.146-175

Јавног комуналног предузећа Јасенице, [www.jeko-in.si](http://www.jeko-in.si)) програма Интелигентна енергија - Европа из 2007. године говоре о великим неслагањима између израчунатих и стварних вриједности потрошње енергије, те да се најбољи и најбржи резултати постижу у зградама повезаним на централно гријање.

У Извјештају према пројектима Словеније на зградама изграђеним прије 1980. године енергетски ефикасне мјере и њихове стопе поврата су:

- постављање заптивних трака на постојеће прозоре – смањење 10-15% - поврат за 2 године,
- замјена прозора – смањење 20% - поврат за 3 године,
- изолација плафона – смањење 7-12% - поврат 3 - 4 године,
- изолација косог крова – смањење 10% - најбоља мјера за зграде,
- изолација фасада – 20-50% - поврат за 10 - 15 година,
- образовање и мотивисање потрошача – смањење 5 - 10% - поврат за 1 годину,

Све наведене мјере заједно, према њиховим подацима смањили би потрошњу енергије за 60% или више и просјечан поврат инвестиција био би за 25 година, док оне економски повољне мјере би смањиле потрошњу за 30% и поврат инвестиције би био за 10 година. Наведене мјере су уопштене и не указују на конструктивно-материјалне карактеристике.

Према Стратегији, односно ЕИХП, преглед мјера које се тичу омотача стамбених зграда су за мале трошкове и брзи поврат инвестиције (до 3 године):

- дихтовање прозора и спољашњих врата, замјена остакљења са двоструким ИЗО остакљењем ниске емисије (препука  $U$  остакљења  $< 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- провјера и поправак окова на прозорима и вратима,
- изоловање ниша за радијаторе и кутије за ролете,
- топлотно изоловање постојећег косог крова или стропа према негријаном тавану дебљим слојем топлотне изолације,
- редуковање губитака топлоте кроз прозоре уградњом ролетни, завјеса и сл,

Мјере са већим трошковима и дужим периодом поврата инвестиције (више од 3 године):

- замјена прозора и спољашњих врата топлотни квалитетнијим прозорима, препорука  $U$  прозора  $1,1-1,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,

- на прозоре уградња микропрекидача који искључују конвекторско гријање и хлађење при отварању прозора,

- цјеловита топлотна изолација спољашњег омотача код неизоловане зграде или повећање топлотне изолације изоловане зграде у складу са захтјевима Техничког прописа и изградити вјетробран на улазу у зграду.

Енергетски ефикасне мјере наведене у Стратегији не указују конкретно колика је уштеда енергије за гријање након њихове примјене и обједињене су за све врсте зграда (јавне и стамбене). У Стратегији (стр. 780-787) су приказане конструктивно-материјалне карактеристике појединих мјера (приказ у пресеку детаља изолације спољашњег зида и темељног зида као и пода на тлу, затим равног крова, таваница према негријаном тавану и косог крова) без приказа детаља спољашњег зида са прозором, као и да су губици топлоте кроз кров 30%, док су кроз под према тлу 10%. У детаљима је видна препоручена дебљина и врста изолације, на примјеру спољашњег зида од гитер блока 19cm наведено је 10-12cm камене вуне или експандираног полистирена, да би у поду на тлу 8cm исте врсте изолације и на темељном зиду 8-10cm експандираног полистирена. Препоручена дебљина код косог крова је 16-20cm, да би код таванице према негријаном тавану такође наведено мин. 16cm, као и код равног крова, с тим што је приказано да армирано-бетонски назидак на равном крову треба бити сав обложен са мин. 8cm изолације.



## 2.2 Циљеви енергетске оптимизације омотача зграда као конвенционалних и пасивних концепата

При енергетској оптимизацији омотача постојећих зграда, пратећи важећи регулативни оквир Европске уније везан за енергетску ефикасност зграда, омотач се не сагледава само као елемент који спречава топлотне губитке (мјере унапређивања омотача уобичајеним додавањем топлотне изолације), него се користи као елемент, који својом оптимизацијом доприноси одржавању и добијању топлоте, избегавању прегријавања, расподјеливању вентилације, коришћењу дневне свјетлости и производњи електричне енергије (Табела 9.).

Предметни рад ће се водити остваривањем циља одржавања и добијања топлоте за гријање енергетском оптимизацијом омотача постојећих зграда кроз концепте као што су топлотна изолације од непровидних и транспарентних компоненти и пасивно коришћење соларног зрачења. Одабир параметара и мјера обнове, зависи од циља обнове, односно да ли је циљ формирање енергетски рационалне или ефикасне зграде. У оба случаја неопходно је унапређење топлотних перформанси спољних зидова, с тим што се у циљу стварања енергетски рационалних зграда формирају фасадни зидови конвенционалних структура, док се код енергетски ефикасних зграда, поред зидова конвенционалних структура, формирају и зидови соларне структуре.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Крстић, А., „Методолошки приступ обнови зграда“, *Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља*, Београд: Савез грађевинских инжењера и техничара Србије и Црне Горе, 2005, стр. 447-454.

Табела 9. Циљеви, концепти, мјере и параметри који утичу на енергетски ефикасну оптимизацију омотача према *Energy Manual: sustainable architecture* (Hegger, 2008., стр. 85.)

Тема	Циљеви	Концепти	Параметри и мјере
Оптимизација омотача зграде	Одржавање и добијање топлоте	Оптимизација површине и геометрије омотача	компактност, зонирање, топлотна изолација
		Топлотна изолација од неправидних компоненти	<b>избор материјала, изолација, топлотни мостови</b>
		Топлотна изолација од транспарентних компоненти	<b>однос застакљења, квалитет стакла</b>
		Пасивно коришћење соларног зрачења	<b>застакљење лођа, транспарентна термоизолација и топлотна маса</b>
		Минимизирање вентилационих топлотних губитака	брзина измјена ваздуха, повраћај топлоте, предгријавање долазног ваздуха, ваздухопропустност
		Активни соларно топлотни добици енергије	кровни колектори, колектори на фасади
	Спречавање прегријавања	Редуковање топлотног протока	термоизолација, површинска температура, фазно одлагање
		Редуковање долазног соларног зрачења	конструктивне мјере, специјална стакла, системи засјенчења
		Топлотна маса и вентилација	онемогућити акумулацију топлотне енергије, климатизација долазног ваздуха
	Децентрализација вентилације	Природна вентилација	вентилација преко прозора, коришћење вјетра, кретање ваздуха
		Јединице механичке вентилације постављене на фасади	уметнути панелни елементи, конвектори испод подова, вентилација кроз рамове
	Коришћење дневне свјетлости	Геометријска оптимизација	геометрија зграде и просторије, однос застакљења, распоред прозора
		Системи за дневно освјетљење	преношење свјетлости рефлектујући, преусмјеравајући транспарентно (провидно) и трансlucentно (полупровидно)
	Производња електричне енергије	Омотач зграде са фотонапонским панелима	фотонапонски панели на фасади фотонапонски панели на крову

У наредном поглављу 2.3 Анализа резултата експерименталних пројеката оптимизације омотача зграда у Европској унији приказује конвенционалне мјере или конвенционалне структуре, као и соларне структуре или мјере застакљења лођа и постављање транспарентне термоизолације у зависности од топлотне масе зида које представљају концепт пасивног коришћења соларног зрачења за добијање топлотне енергије.

Табеларни приказ циљева, концепата, параметара и мјера енергетске оптимизације омотача зграда уједно говори о свим елементима који утичу на омотач зграде, а с тим и на потрошњу енергије у згради. Предметна енергетска оптимизација омотача односи се на све оне циљеве и концепте који изузимају активне соларне системе, односно изузимају циљеве и концепте производње енергије (топлотне или електричне). Приказ наведених циљева и концепата у теми енергетске оптимизације омотача постојећих зграда, указује на значај постојећих параметара који чине омотач зграде: површина и геометрија омотача, однос застакљења омотача и површине просторија које су обухваћене тим омотачем, као и оријентација, структура и квалитет зида, крова и пода, који чине омотач зграде, топлотни губици кроз омотач – трансмисиони и вентилациони (инфилтрациони), топлотни мостови, кретање ваздуха унутар просторије. При томе потребно је да се у планирању новог пасивног концепта користе и елементи омотача неопходни за обезбјеђивање оптималног топлотног комфора, а који не би нарушавали постојећи комфор у згради – свјетлосни, визуелни, акустички (звучни) и ваздушни (квалитет ваздуха).

За остваривање енергетске оптимизације омотача постојећих зграда, потребно је спровођење анализа везаних за одржавање и добијање топлоте, спречавање прегријавања, децентрализацију вентилације и коришћење дневне свјетлости што је детаљније објашњено у ПРИЛОГУ А.

### 2.3 Анализа резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације омотача зграда у Европској Унији

Захваљујући активностима Интернационалне агенције за енергију (*IEA - International Energy Agency*) и њеним мониторинг пројектима по фазама (фаза I: 1993-1996 и фаза II: 1997-1998), чије су коначне резултате објавили 2000-те године<sup>33</sup>, дошло се до спознаје о енергетској и економској анализи ефикасности пасивних и активних соларних система који су примјењени на постојећи омотач зграде. Ови експериментални пројекти заснивали су се на интегрисаној примјени обје врсте соларних система, све у циљу што веће уштеде енергије у згради. У основи свака енергетска оптимизација омотача примјењује конвенционалне концепте као што су топлотна изолација од непровидних компоненти, топлотна изолација од провидних компоненти, што се односи на мјере додавања термоизолације на омотач, рјешавање топлотних мостова, замјена прозора и врата на омотачу. За ово истраживање значајни су резултати примјењених енергетски ефикасних мјера у виду унапређења постојећег омотача конвенционалним и пасивним соларним концептима, те због прегледности табеларно су приказани примјери код којих су јасно, према истим критеријумима, наведени квалитативни и/или квантитативни резултати тих концепата (Табела 10. и 11.). Пасивни соларни концепти изведени су као систем двоструког омотача без ваздушног простора (транспарентна термоизолација постављена директно на постојећи зид) и са ваздушним простором као вентилисани омотач (транспарентна термоизолација у систему зид-завјесе служи за предгријавање ваздуха, као и застакљивање лођа са или без предгријавања ваздуха). Сви пасивни соларни концепти, извођени као вентилисани омотач, примјенили су стакло као завршни слој омотача.

Значај анализираних резултата експерименталних пројеката је у томе што су, након изведених мјера на омотачима постојећих зграда, мониторингом сагледане стварне уштеде енергије и топлотни добици од сунчеве енергије, јер теоретским

---

<sup>33</sup> Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000.

прорачунима и претпоставкама у фази пројектовања мјера у појединим примјерима очекивани су и већи резултати.

### 2.3.1 Енергетска оптимизација омотача конвенционалним елементима и транспарентном термоизолацијом као елементом пасивног соларног система

Резултати и искуства у исплативости транспарентне термоизолације (ТИ), као елемента пасивног соларног система примјењеног на постојећим зградама у циљу њихове енергетске оптимизације, приказани су на примјерима Швајцарске и Њемачке (Табела 10.).

Табела 10. Приказ пројеката обнове зграда са транспарентном термоизолацијом као елемента пасивног соларног система и њихове енергетске и економске уштеде према Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000.

Пројекти обнове	Niederurnen, Switzerland	Hedingen, Switzerland	Wurzen, Germany	Freiburg, Germany
клима – год. просјек	9,5°C	8,9°C	9,3°C	11°C
укупно хоризонт. соларно зрачење	1 121 kWh/m <sup>2</sup> a	1 094 kWh/m <sup>2</sup> a	900 kWh/m <sup>2</sup> a	1 184 kWh/m <sup>2</sup> a
тип зграде	4-спратна стамбена зграда	3-спратна стамбена зграда	4-спратна школа	3-спратна вила, пословање
површина	966m <sup>2</sup>	702m <sup>2</sup>	4100m <sup>2</sup>	750m <sup>2</sup>
година изградње/обнове	1971/1996	1969/1996	1978/1996-97	1912/1995
разлог обнове	проблеми са влагом и плијесни, незадовољавајући комфор, неугледан изглед	дотрајалост фасаде, велика потрошња енергије	деградиран материјал фасаде, велика потрошња, смањени услови комфора	зграда се није користила, дотрајалост зграде
основна обнова	изолација, нови прозори	изолација, нови прозори, нови систем гријања и његова контрола	изолација, нови прозори, нови систем контроле сунчевог зрачења	изолација, нови прозори, нови систем гријања
повод за соларни систем	власници зграде послују са транспарентном термоизолацијом	власници зграде послују са транспарентном термоизолацијом и соларним колекторима	у сврху промоције транспарентне термоизолације	идентитет инвеститора, пилот пројекат префабриковане транспарентне термоизолације
употреба соларног система у обнови	84m <sup>2</sup> транспарентне термоизолације оријентисане ка југу, зид-завјеса на 15cm опеке, вањски застор, 11m <sup>2</sup> PV	80m <sup>2</sup> транспарентне термоизолације оријентисане ка југу, зид-завјеса на зиду од шупље опеке, вањски застори, 43m <sup>2</sup> соларна DHW колектора	300m <sup>2</sup> транспарентне термоизолације оријентисане ка југу, зид-завјеса на зиду од лакких бетонских блокова дебљине 32cm, вањски застори	53m <sup>2</sup> транспарентне термоизолације оријентисане ка западу, композитни системи на 40cm опеке, 7,5m <sup>2</sup> соларних колектора
укупна инвестиција/ соларни систем	746/ 62 EUR/m <sup>2</sup>	436/ 126 EUR/m <sup>2</sup>	503/ 63 EUR/m <sup>2</sup>	633/ 18 EUR/m <sup>2</sup>
<b>коначни резултати (за гријању површину простора)</b>				
уштеда енергије	68 kWh/m <sup>2</sup> a	106 kWh/m <sup>2</sup> a	115 kWh/m <sup>2</sup> a	187 kWh/m <sup>2</sup> a
новчана уштеда	2,0 EUR/m <sup>2</sup> a	3,18 EUR/m <sup>2</sup> a	3,5 EUR/m <sup>2</sup> a	5,6 EUR/m <sup>2</sup> a

Пројекти обнове	Niederurnen, Switzerland	Hedingen, Switzerland	Wurzen, Germany	Freiburg, Germany
<b>допринос соларног система (за цјелокупну површину транспарентно термоизолиране фасаде)</b>				
енергетски допринос у зимском периоду	141 kWh/m <sup>2</sup>	160 kWh/m <sup>2</sup>	161 kWh/m <sup>2</sup>	86 kWh/m <sup>2</sup>
соларна (топлотна) ефикасност (продуктивност)	28%	15%	23%	26%
макс. температ. зида	према ТИ 104°C, унутра 30°C	према ТИ 110°C, унутра 26°C	према ТИ 74°C, унутра 30°C	према ТИ 62°C, унутра 34°C
еквивалентна новчана вриједност	0,43 EUR/kWh	0,36 EUR/kWh	0,30 EUR/kWh	0,22 EUR/kWh
додатна корисност за зграду	побољшан топлотни комфор, сухи зидови, без плијесни, атрактиван дизајн фасаде	побољшан топлотни комфор, атрактиван дизајн фасаде	побољшан топлотни комфор, атрактиван дизајн фасаде	побољшан топлотни комфор, рјешавање влаге у зидовима
поуке	корисници би требали бити добро информисани да макс. искористе транспарентну термоизолацију, љети вјетар може проузроковати да функција застора буде неповољна	прије разматрања о постављању транспарентне термоизолације материјал зида треба бити пажљиво прегледан због опасности деградације ТИ	лаки бетон који има ниску топлотну проводљивост подесан је за транспарентну термоизолацију	доказана погодност префабрикованих елемената од транспарентне термоизолације, због сферног стакла у малтеру љети нема прегријавања иако нема система засјенчавања

Од четири пројекта која су користила транспарентну термоизолацију као пасивни соларни систем, само је на једном, у Фрајбургу (Њемачка), примјењена транспарентна термоизолација као композит са транспарентним малтером справљеним од ситних комада сферног стакла постављених у полимерну мрежу (Слика 10.).



Слика 10. Примјер стамбене зграде у Фрајбургу, Њемачка, где је примјењен композитни систем и на слици је у сивим зонама фасаде. Дебљина од 10cm ТИ чини  $U$  коеф.  $=0,94W/m^2K$  (Voss, K. Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Building Renovation, pp. 8., <http://www-cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf>)



Слика 11. Примјер стаклене зид-завјесе са ТИ на постојећој стамбеној згради у Нидерунену, Швајцарска (Voss K., Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Building Renovation, pp. 9., <http://www-cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf>)

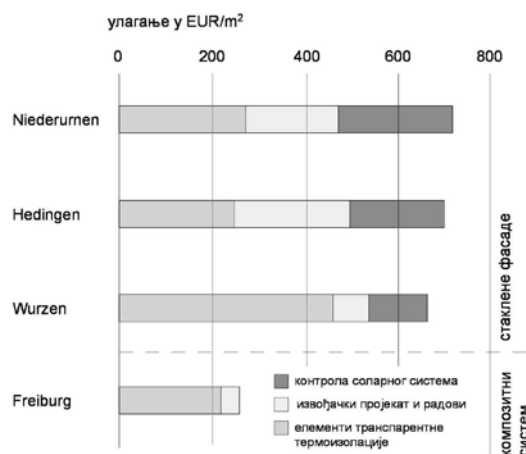
На табеларном приказу ових зграда наведени су квантитативни показатељи уштеде енергије при примјени свих мјера, интегрисаних соларних система, док су мјере примјене транспарентне термоизолације приказане и квантитативно и квалитативно (Табела 10).

Остала три пројекта су конструкције са постављеном транспарентном термоизолацијом по принципима стаклене зид-завјесе<sup>34</sup> (Слика 11.), укључујући и сјенила - вањски механизам за засјечивање унутрашњег простора. Сви системи су базирани на идентичном изолаторном материјалу – плоче од поликарбоната капиларне структуре око 10cm дебљине, постављене испред масивног зида, који је обојен тамном бојом. Када се експериментално доказало на примјерима постојећих стамбених зграда да овакав вид фасадног система доприноси уштеди топлотне енергије, али да су неопходни системи засјенчавања због прегријавања унутрашњег простора у љетњем периоду, што овај фасадни систем чини веома скупим, каснија истраживања довела су до сазнања да се прегријавање може спријечити вентилисањем ове фасаде и на тај начин смањити цијена.

Испројектовани системи композита без елемената засјенчења коштају два до три пута мање него фасадни зид од транспарентне термоизолације по принципу стаклене зид-завјесе, што је видно на упоредном приказу цјелокупних структура инвестирања у обнову ових зграда помоћу система транспарентне термоизолације (Слика 12.). Сјенила чине стаклену зид-завјесу 20-30% скупљом, али се у сваком случају показују као неопходни да би се загарантовао комфор у љетном периоду.

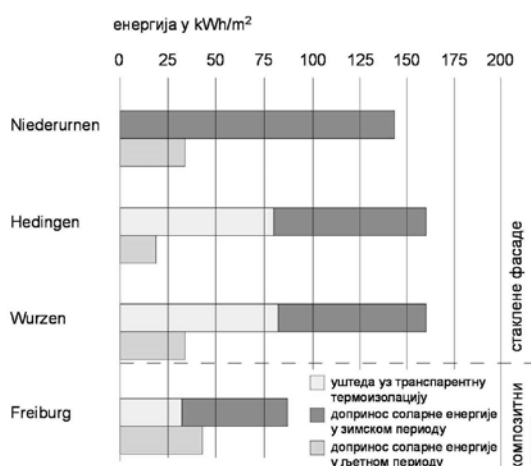
---

<sup>34</sup> Принципи постављања транспарентне термоизолације према Крстић, А., „Транспарентне термоизолације“, у: Калић, Ђорђе, Срђан Спиридоновић, ур. *Рационално газдовање енергијом у широкој потрошњи*, Београд: Агенција Спиридоновић, 1997., стр. 399-408.



Слика 12. Приказ структуре инвестирања – цијена искључује ПДВ и одговара периоду обнове (на основу извора Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000., pp. 13.)

Зидови са транспарентном термоизолацијом оријентисани према југу достижу соларне добитке између 50 и 150 kWh/m<sup>2</sup> површине фасаде у сезони гријања. Разлике између пројеката углавном припадају различитостима топлотне отпорности пуних зидова иза транспарентне термоизолације, нпр. мања отпорност виши соларни допринос. Зид од опеке код Швајцарског пројекта у Хедингену био је мање прикладан за транспарентну термоизолацију него што је очекивано. Релативно мали допринос енергије у Њемачком пројекту у Фрајбургу десио се због апликовања на зид западне оријентације (Слика 13.).



Слика 13. Приказ уштеде енергије (на основу извора Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000., pp. 13.)



Материјали зида са великом густином даљим пројектовањем оптимизовања достижу ефикасности од 40% и више, те тиме достижу перформансе зидова нових зграда. Врста материјала постојећег зида одредила је максималну температуру која се јавља на спољној површини зида (апсорберу) гдје је измјерено између 62°C (Фрајбург) и 110°C (Хединген). Температура од 80 и 100°C узрокује деградацију данашњих транспарентних термоизолационих пластичних материјала. Ово се може пратити на пројекту у Хедингену. Пажљива испитивања у раној фази пројектовања може предвидјети овакве штете. Ниска температура загријаваног зида уз транспарентну термоизолацију на свим пројектима се показала као веома позитивна у повећавању топлотног комфора за станаре. Загарантовани топлотни комфор је главни разлог за постављање транспарентне термоизолације.

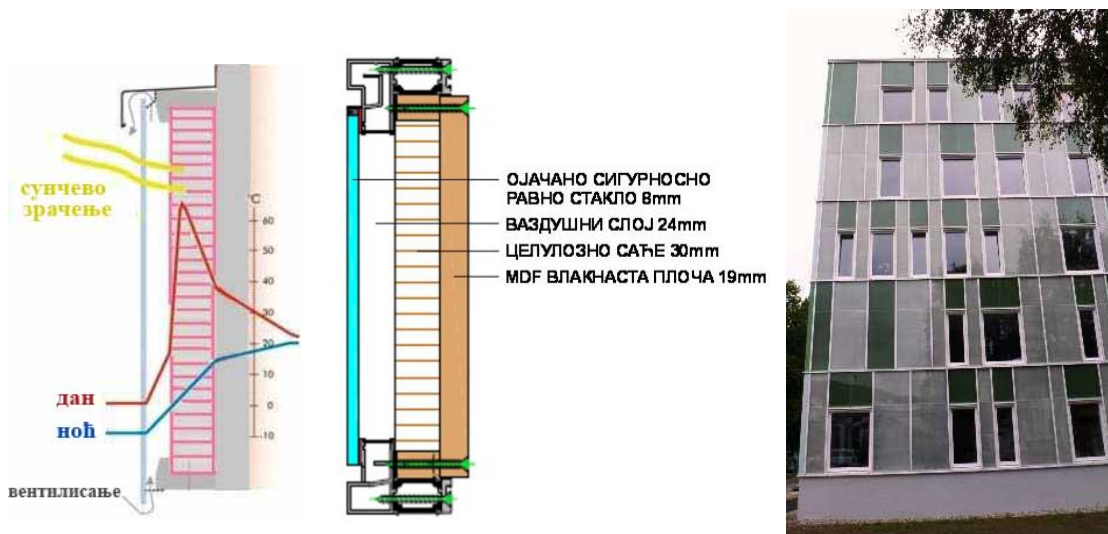
Када се дошло до спознаје да је транспарентна термоизолација<sup>35</sup> у виду саћасте или капиларне структуре која је најчешће од поликарбоната или акрилног стакла (плексиглас), као елемент пасивног соларног система, енергетски ефикасна, односно да ствара енергетску уштеду, појавили су се критички аспекти да је транспарентна термоизолација еколошки неприхватљив материјал. Таква разматрања довела су до појаве нових фасадних система сличног концепта, исте структуре само од природних материјала (картон/целулоза, дрво) под називом GAP-solution и Lucido Solar AG.

Фасадни систем GAP-solution умјесто транспарентне термоизолације користи саће од целулозе (картона). Структура овог соларног фасадног система (укупне дебљине око 8cm, Слика 14. десно) позната је још од 1995. године, али има забиљежену највећу примјену од 2008. до 2010. године, при обнови фасадног омотача на постојећим стамбеним зградама у Грацу, Аустрија. Такође, ово саће налази се испред масивног зида, а од вањских утицаја заштићено је стаклом. Целулозно саће може бити обојено, што нуди одређене обликовне могућности. Зимом сунчеви зраци са ниским упадним углом продиру у саће и загрију га, те при дневним ниским спољашњим температурама од око 0°C, температура спољашњег

---

<sup>35</sup> Под називом TWD, у Њемачкој регулативи о очувању енергије (EnEv), транспарентна термоизолација наведена је као елемент који утиче на уштеду енергије, налази се и прорачун њеног утицаја када је дио омотача зграде

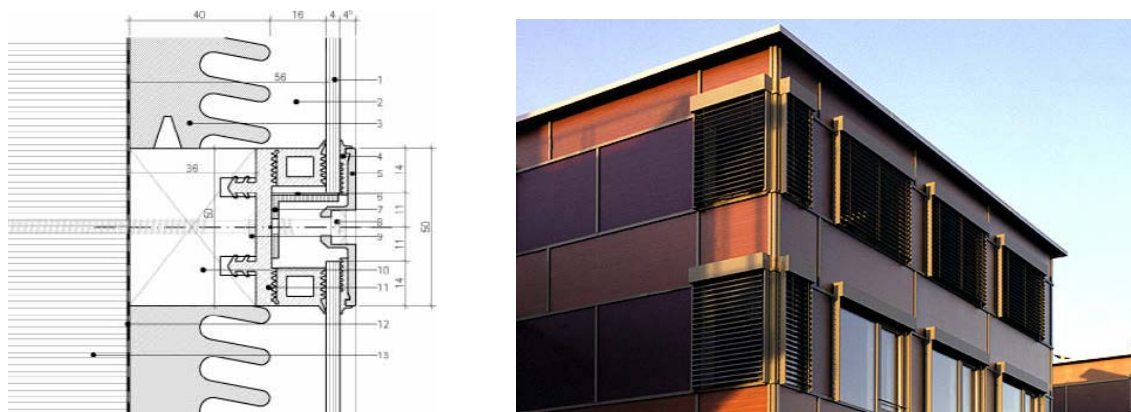
зида загријава се на око 40°C, што доприноси да температура ваздуха у просторији достигне око 20°C (Слика 14. лијево).



Слика 14. Приказ утицаја целулозног саћа на спољашњи зид, слика лијево и слојеви система GAP-solution у пресеку, слика у средини и приказ на згради, слика десно (доступно 20.05.2013. на сајту <http://www.gap-solution.at/produkte.html> )

Љети целулозно саће представља заштиту од предгријавања, јер су сунчеве зраке вишег упадног угла и не продиру у саће, те није потребна додатна заштита од сунчевог зрачења. Топлотни добици зависе од количине сунчевог зрачења и уградња је најадекватнија на јужне, источне и западне зидове зграде, али је погодна и за зидове сјеверне оријентације, јер и дифузна свјетлост утиче на пролаз топлоте кроз целулозно саће. У Линцу у Аустрији, при обнови постојеће стамбене зграде са 50 станова из 1958. године, овакав саћасти фасадни систем остварује на спољашњем зиду коефицијент пролаза топлоте од 0,02-0,08 W/m<sup>2</sup>K и забиљежено је да су топлотни добици већи од топлотних губитака.

Фасадни систем Lucido Solar AG умјесто транспарентне термоизолације користи структуриране ламеле од пуног дрвета, који на јужној, западној и источној фасади може смањити од 40-50% дебљину топлотне изолације. При обнови породичне куће у Латасвил (*Lanterswil*) у Швајцарској 2005. године, постојећи масивни зидови са U-коефицијентом од 1,5 W/m<sup>2</sup>K, додавањем топлотне изолације (дрвене вуне) од 10cm и система Lucido, сведен је на ефективни (динамички) коефицијент пролаза топлоте од 0,08 W/m<sup>2</sup>K (Слика 15.)



Слика 15. Графички приказ слојева и споја два фасадна панела система Lucido Solar AG, 1. стакло 4mm (за захват сунчеве енергије и као заштита од вањских утицаја), 2. ваздушни простор 16mm (вјетрени слој), 3. дрвени панел 40mm (за апсорбовање топлоте), слика лијево (доступно 24.03.2012. на сајту [http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Advances\\_in\\_Housing\\_Retrofit.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Advances_in_Housing_Retrofit.pdf)) и примјер зграде из 2006. године у Вилу (*Wil*) на истоку Швајцарске, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту [http://www.lucido-solar.com/eng\\_portfolio.htm](http://www.lucido-solar.com/eng_portfolio.htm))

Наведени фасадни систем је створио у гријном периоду динамичке коефицијенте пролаза топлоте кроз зидове према јужној оријентацији  $U_{eq} = -0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ , према истоку  $U_{eq} = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ , према западу  $U_{eq} = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$  и према сјеверу  $U_{eq} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . На службеним страницама Lucido AG-а изведени су ефективни (динамички) коефицијенти пролаза топлоте према странама свијета за спољашње фасадне зидове при статичком U-коефицијенту од  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ .<sup>36</sup> Од свих наведених градова Милано (исток  $U_{eq} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ , југ  $U_{eq} = -0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ , запад  $U_{eq} = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ , сјевер  $U_{eq} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), који према Метеонорму у зимском периоду има нижу дозрачену сунчеву енергију у односу на Бањалуку за 14% према истоку, 17% према југу, 14,6% према западу и 6% према сјеверу. Милано у зимском (гријном) периоду има дозрачену енергију на вертикалне површине према Метеонорму према истоку  $302 \text{ W/m}^2$ , југу  $556 \text{ W/m}^2$ , западу  $320 \text{ W/m}^2$  и сјеверу  $166 \text{ W/m}^2$ , док Бањалука такође према Метеонорму има према истоку  $344 \text{ W/m}^2$ ,  $651 \text{ W/m}^2$ ,  $367 \text{ W/m}^2$ ,  $176 \text{ W/m}^2$  (климатске карактеристике града Бањалука објашњене у поглављу 4.) Наведени подаци указују да би за град Бањалуку статички коефицијент топлоте од  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  за примјењени фасадни систем Lucido AG имао ефективни динамички коефицијенти пролаза топлоте према истоку  $U_{eq} = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ , југу  $U_{eq} = -0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ , западу  $U_{eq} = 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ , сјеверу  $U_{eq} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

<sup>36</sup> Параметри статичког и ефективног коефицијента пролаза топлоте према странама свијета наведени за поједине европске и америчке градове (доступно 10.03.2013. године на сајту [http://www.lucido-solar.com/ger\\_energiedaten.htm](http://www.lucido-solar.com/ger_energiedaten.htm))

### 2.3.2 Енергетска оптимизација омотача застакљивањем лођа

При обнови постојећих стамбених зграда најчешће примјењивано пројектантско рјешење за топлотне добитке од сунчеве енергије је застакљивање лођа. Застакљивање лође или балкона је више него пасивни соларни елемент, јер разрјешава проблеме постојећег омотача као што су: лоша термоизолативност и трансмисиони губици, смањење топлотног мостова код конструктивне плоче балкона, смањење инфилтрације кроз спојнице постојећих прозора, затим спречава даљу разградњу свих грађевинских материјала омотача која су настала због изложености неповољним временским утицајима и побољшава заштиту од буке и вјетра. Осим заштите постојећег омотача, застакљивање лођа омогућава и унапређивање квалитета живота у стану, јер осим топлотног комфора унапређује и просторни комфор, са чињеницом да се застакљена лођа, без гријних тијела, око 100 дана више користи од незастакљене (коришење у сезони прољећа и јесени).

Већина данашњих концепата обнове (нпр. нови прозори) побољшавају ваздухонепропусност зграде и обезбјеђује смањење инфилтрације ваздуха, али да би се унаприједио квалитет унутрашњег ваздуха и како би се избјегли проблеми стварања влаге, услијед повећања влажности ваздуха у просторији, због недовољног отварања прозора, неопходне су мјере додатне вентилације. Посебно у великим стамбеним зградама механичка вентилација је најприкладније рјешење за одржавање квалитета ваздуха у просторији.

Принцип функционисања застакљене лође је да се соларно загријава (предгријава) свјеж ваздух који пристиже у лођу и кроз стан циркулише помоћу исисног (излазног) вентилационог система. Сви остали елементи омотача морају бити ваздухонепропусни (херметички затворени), да би ваздух преко дистрибутивног система отвора долазио преко застакљеног простора - лође. Да би се љети контролисали соларни добици застакљене лође морају имати елементе који се отварају. Из разлога комфора неопходни су и елементи засјенчивања, што је у љетном периоду неопходно и код незастакљених лођа.

Према Интернационалној агенцији за енергију и програма соларног гријања и хлађења<sup>37</sup>, на годишњем нивоу застакљена лођа без предгријавања ваздуха може да створи уштеду од 10-20 kWh/m<sup>2</sup> површине стана. Ако је застакљивање лође дио обнове омотача који је укључивао и замјену прозора са двоструким ниско емисионим стаклом годишња уштеда енергије за гријање простора може бити редукована за 35-55 kWh/m<sup>2</sup>. Само замјена прозора ниско емисионим стаклом може створити уштеду од 30-40 kWh/m<sup>2</sup>. Застакљивање лођа са предгријаваним вентилисаним ваздухом, за просјечни стан од 70 m<sup>2</sup>, на годишњем нивоу направиће уштеду од 30 kWh/m<sup>2</sup>. Наравно уштеда енергије, на чему су сви пасивни концепати и засновани, зависиће од коришћења и одржавања простора (понашања корисника), нпр. несмотрено остављање отворених врата између гријаног простора и застакљене лође створиће већу потрошњу енергије за гријање.

Резултати и искуства примјењених мјера застакљивања лођа или балкона на постојећим зграда у Европској Унији сагледиви су на примјерима Холандије, Слика 16., који су такође у обнови имали и примјењених мјера активних соларних система (соларних колектора).



Слика 16. Застакљене лође зграде у Зандаму у Холандији (Voss K., Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Building Renovation, pp. 7., доступно 10.03.2013. на сајту [www.cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf](http://www.cenerg.ensmp.fr/ease/retrofit.pdf)), лијево и приказ застакљених лођа на згради у Ден Хагу у Холандији, Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000., pp. 11., интерни документ), десно

<sup>37</sup> Technical Report Task 20 Subtask F: Improvement of Solar Renovation Concepts and Systems, Haller Andreas (ed.), IEA SHC Programme Task 20 "Solar Energy in Building Renovation", Hedingen: Ernst Schweizer, 1999., pp.17 доступно 10.03.2013. на сајту <http://archive.iea-shc.org/publications/downloads>

Квантитативни показатељи уштеде енергије говоре о примјени свих мјера, интегрисаних соларних система, док су мјере застакљења лођа, балкона приказане квалитативно (Табела 11.).

Табела 11. Приказ пројеката обнове зграда са застакљеним лођама као елементима пасивног соларног система и њихове енергетске и економске уштеде према Voss, K., IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg: IEA and James & James, 2000

Пројекти обнове	Zaandam, The Netherlands	Den Haag, The Netherlands
клима – год. просјек	9,3°C	9,3°C
укупно хоризонт. соларно зрачење	1 000 kWh/m <sup>2</sup> a	1 000 kWh/m <sup>2</sup> a
тип зграде	14-спратна стамбена зграда	4-спратна стамбена зграда
површина	30 720m <sup>2</sup>	9 072m <sup>2</sup>
година изградње/обнове	1968/1999	1961/1998
разлог обнове	загађеност ваздуха проузрокован кухињским бојлерима на гас децентрализованог система за загријавање потрошне воде, неугледан изглед зграде	замјена кухињских бојлера централизованим системом загријавања потрошне воде, побољшање комфора
основна обнова	нови систем гријања, централни систем загријавања потрошне воде, реновирање кухиња и купатила	изолација, побољшање система вентилације, застакљење лођа
повод за соларни систем	побољшање изгледа зграде и демонстративни примјер	демонстративни примјер
употреба соларног система у обнови	760m <sup>2</sup> соларних колектора на равном крову, 40m <sup>2</sup> резервоара, застакљење лођа на 42 стана, 90 m <sup>2</sup> PV	побољшање застакљивањем лођа, 17m <sup>2</sup> соларних колектора за загријавање потрошне воде на зиду, 5m <sup>2</sup> PV система повезаног са пумпом колектора
укупна инвестиција/ соларни систем	309 EUR/m <sup>2</sup> / 38 EUR/m <sup>2</sup>	360 EUR/m <sup>2</sup> / 86 EUR/m <sup>2</sup>

Пројекти обнове	Zaandam, The Netherlands	Den Haag, The Netherlands
-----------------	-----------------------------	------------------------------

**коначни резултати (за гријану површину простора) процјењени**

уштеда енергије	67 kWh/m <sup>2</sup> a	70 kWh/m <sup>2</sup> a
новчана уштеда	3,0 EUR/m <sup>2</sup> a	3,0 EUR/m <sup>2</sup> a

**допринос соларног система (застакљење балкона)**

додатна корисност за зграду	различитост изгледа дјелимичног застакљивања у односу на постојеће крупно панелне блокове, смањење буке и побољшан квалитет ваздуха у стану	побољшан изглед зграде, побољшан комфор, смањени топлотни мостови и смањена деградација материјала омотача
поуке	обратити пажњу на оквире који су саставни дио застакљења, јер умањују ниво освјетљења у посторији	соларни резервоар позициониран на врху степенишног простора, јер зграда нема подрум, ваздухопропусност омотача мора се контролисати за вријеме обнове

Ефикасност застакљивања лође, соларно предгријавање ваздуха које долази у осунчани простор стана, ствара двоструку уштеду енергије. Повољни предуслови за застакљивање лођа су:

- да је постојећи омотач лође још увијек у добром стању, да би се могао задржати са минималним измјенама,

- да тај простор лође има зидове са три стране, јер код таквих случајева застакљивање прави највећу енергетску уштеду и најмања је површина застакљивања и

- да стан има активни или пасивни (ефекат димњака) вентилациони систем у унутрашњости купатила или кухиње.

Довод ваздуха преко отвора је неопходан и на новом омотачу, као и на постојећем омотачу између лође и стана. Ови отвори морају бити добро позиционирани (горњи дио прозора, изнад радијатора или иза радијатора) и ручно подесиви за кориснике (станаре), да би се контролисао хладни ваздух (појава промаје у стану).

Повољно пројектовање вентилационог система је да се истрошени ваздух извуче преко купатила и кухиња централним вентилаторима смјештеним на крову зграде да би смањили буку континуираног рада вентилатора. Унутрашњи проток ваздуха из просторија, успоставља се кроз једноставне прорезе на вратима оних просторија које посједују вентилационе отворе (ефекат димњака). преко којих ће се истрошени ваздух (кроз купатило или кухињу) извести из стана. Централно одвођење ваздуха допушта даљу уштеду енергије са топлотним повратом од топлотне пумпе за исисавање ваздуха што додатно загријава простор. Квалитет унутрашњег ваздуха мора бити загарантован при томе да се у погледу уштеде енергије мора одржавати и смањена брзина протока ваздуха кроз вентилациони систем. Доња граница вентилације, узимајући у обзир и националне прописе, треба бити дефинисана као 20-40 m<sup>3</sup>/h по особи. Обновљени омотач мора бити ваздухонепропусан да би се довод ваздуха омогућио на мјестима пројектованих отвора, а тиме се избјегава и кондензација у грађевини. Из разлога квалитета ваздуха у просторији мора се посебна пажња обратити и на улазна врата стана, загађени ваздух из степеништа може се с друге стране инфилтрирати-увући.

Температура ваздуха у лођи у зимском периоду је обично умањена за 1-3°C, у односу на температуру ваздуха у стану, што је у зависности од односа волумена лође и волумена стана. У многим случајевима, нису све собе у стану којима је потребно довођење ваздуха спојене на лођу, и ту се ваздух дјелимично директно с вана инфилтрира у простор преко прозорских отвора. Од пола до двије трећине доведеног ваздуха је обично остварено преко лође. Избор застакљења и система оквира утиче на цијену, енергетске карактеристике, освјетљење и употребљивост застакљене лође. При одабиру величине стаклених елемената треба узети у обзир и практичне аспекте као што су руковање и чишћење. Проблеми с буком између станова рјешавају се са звучном изолацијом у поду, као и изолацијом на зидовима ако су лође станова у низу. Знатне уштеде енергије само су достижне са двоструким ниско емисионим стаклом. Једноструко стакло и метални оквир ствара на површини кондензацију од уласка истрошеног ваздуха кроз отворене прозоре из унутрашњости стана, најчешће прозора кухиње и купатила. Контролисани проток ваздуха с вана кроз лођу у простор стана, редукује појаву кондензације. Из разлога квалитета ваздуха, лођа као дио система вентилације са предгријаваним ваздухом, није прилагођена да буде простор за пушаче или остава за кухињски отпад.

Препоруке за застакљивање лођа су да се предвиди комбинација са контролисаном вентилацијом и то за вријеме концептуалне фазе. Захваљујући кооперативности инжењера архитектуре, грађевине и машинства и произвођача, стан ће добити на функционалности и цијени коштања, а корисници стана требају имати упутство у којем је објашњено како се користи унапређена застакљена лођа да би створила највеће добитке.



### **3 ОДРЕЂИВАЊЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

#### **3.1 Стандарди и прописи о топлотној заштити зграда у Босни и Херцеговини**

Омотач зграде и његова анализа кључни је елемент у енергетској оптимизацији грађевинског фонда, јер се налази на удару температурних разлика између спољног и унутрашњег простора. Правилно испројектована топлотна заштита у оквиру спољног омотача може смањити количине неопходне енергије за загријавање, односно хлађење унутрашњег простора. Концепти и карактеристике омотача зграде диктирани су прописима о топлотној заштити, те истраживањем њиховог развоја, одредиће се карактеристични периоди за репрезентативне узорке на предметном подручју. На одлучивање о врсти мјера обнове и обиму интервенција директно утичу важећи прописи и стандарди о топлотној заштити, али је важно и усклађивање стандарда са стандардима у Европској унији. Осим прописа који су на снази у Републици Српској, биће приказани и прописи у Федерацији Босне и Херцеговине, која је своје стандарде прилагодила стандардима Европске уније. Прописи под називом “Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије“ и „Правилник о енергетском сертификарању објеката“ донешени 2010. године у Федерацији Босне и Херцеговине могу се сматрати, а не морају, и као важећи на цијелом подручју Босне и Херцеговине, зато је неопходно образложити и њихове недостатке из разлога доношења нових унапријеђених истоимених прописа у Републици Српској.

##### **3.1.1 Развој стандарда и прописа о топлотној заштити зграда на предметном подручју**

Историјске и социјалне околности у нашој средини, тачније период после Другог свјетског рата, довеле су до интензивне стамбене градитељске активности, која је била усмјерена само на квантитет, а не и на квалитет градње. У том

периоду није се размишљало о условима топлотног комфора, све до 1967. године када настаје први Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова<sup>38</sup> као прелазно рјешење до доношења конкретних техничких прописа из области топлотне заштите зграда, што је учињено три године касније. У оквиру правилника приказан је преглед коефицијената пролаза топлоте за обимни зид и раван кров стамбених зграда за три климатске зоне, према којима је разврстано подручје бивше СФР Југославије. Правилник из 1970. године<sup>39</sup> представља први нормативни акт који се односио искључиво на проблеме топлотне заштите објеката и знатно детаљније је дефинисао услове и мјере заштите. Иако је било сагледано више параметара за спровођење топлотне заштите него 1967. године, нису били обухваћени сви они аспекти који се данас сматрају мјеродавним за обезбјеђивање топлотног комфора.

Прекретницу у третирању проблема топлотне заштите у нашој земљи представља 1980. година<sup>40</sup>, јер тада је донешен систем стандарда који је по први пут на свеобухватан начин сагледао проблеме термичке заштите објеката, а уједно су били дефинисани и неопходни услови и методи релевантних прорачуна. Структура овог система прописа била је тако установљена да је задржан и до данашњих дана. Овдје се у прорачун укључује и третман љетњег режима. Тачан назив стандарда који је и до данас на овом подручју важећи је ЈУС У.Ј5.520 – Топлотна техника у грађевинарству – Методе прорачуна дифузије водене паре у зградама из 1980. године, и ЈУС У.Ј5.530 – Топлотна техника у грађевинарству – Методе прорачуна карактеристика топлотне стабилности спољашњих грађевинских конструкција зграда за љетње раздобље из 1980. године. Измјене и допуне прописа о топлотној заштити десиле су се 1987. године<sup>41</sup>, и то у концепту прорачуна топлотних карактеристика објеката, а дефинисале су и специфичне топлотне губитке објекта. Важећи стандарди из ове године су ЈУС У.Ј5.510 –

---

<sup>38</sup> Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова, Службени лист СФРЈ бр. 45 из 1967. године

<sup>39</sup> Правилник о техничким мјерама и условима за топлотну заштиту зграда, Службени лист СФРЈ бр. 35 из 1970. године

<sup>40</sup> Правилник о југословенским стандардима за топлотну технику у грађевинарству, Службени лист СФРЈ бр. 3 из 1980. године

<sup>41</sup> Приручник о техничким и облигационим условима за пројектовање и извођење радова на изградњи, реконструкцији, санацији и адаптацији грађевина високоградње, Министарство за урбанизам, стамбено-комуналне дјелатности, грађевинарство и екологију и IMG, Босна и Херцеговина, Република Српска, Бањалука, 1999.

Топлотна техника у грађевинарству – Методе прорачуна коефицијената пролаза топлоте у зградама из 1987. године, и ЈУС У.Ј5.600 – Топлотна техника у грађевинарству – Технички услови за пројектирање и грађење зграда из 1987. године.

Стандард топлотне заштите унапређивао се кроз наведене карактеристичне периоде, што је видљиво нпр. на параметару који се може пратити од увођења прописа 1967. године па до данас, а то је вриједност коефицијента пролаза топлоте -  $k$  за обимни (спољашњи) зид, чија се вриједност од 1,01 смањила до 0,80 и за кров - таваницу изнад гријаних просторија, чија се вриједност коефицијента од 0,96 унаприједила на 0,55 (Табела 12.).

Табела 12. Упоредни преглед вриједности коефицијената пролаза топлоте у карактеристичним временским периодима<sup>42</sup>

Коефицијент пролаза топлоте - $k \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ \text{K}$	Година доношења прописа (III климатска зона)				Домен примјене
	1967	1970	1980	1987	
Спољашњи зид	1,01	0,82	0,83	0,80	с
Међуспратна конструкција према тавану	-	0,86	0,69	0,70	ср
		1,12	0,94		тм
Равни или скошени кровови – таванице изнад гријаних просторија	0,96	0,69	0,55	0,55	ср
		1,12	0,72		тм
Међуспратна конструкција изнад подрума	-	0,77	0,52	0,50	ср
		1,03	0,72		тм
Дрвени прозор са двоструким стаклом у размаку од 12mm	-	2,41	3,00	2,90	
Дрвени прозор крило на крило	-	2,15	2,80	2,70	

Захтјеви у погледу топлотне заштите од 1980. године су вриједности допуштених коефицијената пролаза топлоте  $U(k)$  смањили за око 30% у доносу на 1970. годину. Ново, поштрено и допуњено издање донешено 1987. године ограничило је топлотне губитке, не само кроз поједине елементе спољашњег омотача већ и за зграду као цјелину. Да би се то задовољило коефицијенти пролаза топлоте морају бити и знатно мањи од допуштених.

Важећи стандарди и прописи о топлотној заштити зграда и рационалној употреби енергије у Босни и Херцеговини, као и Републици Српској детаљније су приказани у ПРИЛОГУ Б.

<sup>42</sup> У нашем стандарду постојећи коефицијент пролаза топлоте означен је са  $k$ , док је у Европској Унији означен са  $U$ . ( $U$ -value).

### 3.2 Анализа стамбеног грађевинског фонда града Бањалука

При анализи постојећег стамбеног грађевинског фонда, да би се сагледало колико је укупно станова као јединица изграђено на подручју града Бањалука, значајна је информациона база података добијена из пописа спроведених 1961., 1971., 1981. и 1991. године и обрађених од стране Савезног завода за статистику СФРЈ – Београд и Републичког завода за статистику СР БиХ – Сарајево. Сагледани и обрађени су необјављени подаци нађени у трезору Савезног завода за статистику, а тичу се пописа 1961. и 1971, и објављени подаци из библиотеке Републичког завода за статистику Србије за 1981. и 1991. годину, док су подаци Републичког завода за статистику СР БиХ – Сарајево из 1981. и 1991. године добијени од стране Републичког завода за статистику Републике Српске. У Босни и Херцеговини послје 1991. године нису вршени пописи, тако да ће се у овом истраживању детаљно обрадити подаци о стамбеном грађевинском фонду закључно са 1981. годином. Попис из 1991. године је незваничан, те сви подаци послје 1981. године без методолошке обраде Завода за статистику били би упитни, односно не би се могли на исти начин приказати. Ова информациона база података обрађена је и објављена 2008. године у зборнику радова Архитектонско-грађевинског факултета Универзитета у Бањалуци под називом *Урбана и градитељска обнова града Бањалуке у духу одрживог развоја - уводна разматрања*<sup>43</sup>, али због значаја и доприноса самог аутора, као члана тимског рада на предметном истраживању, биће сажето приказана и у овом истраживању.

Подаци Нацрта Урбанистичког плана Бањалуке из 1993. године<sup>44</sup>, указују на мањи број станова за подручје града Бањалука у 1981. години, што вјероватно говори да је статистичко подручје града Бањалуке већи обухват од урбанистичког плана, те пошто су се активности на доношењу и усвајању овог нацрта дешавале у ратним условима (1992-1994) у Бањалуци је на снази, и након тог периода, био Урбанистички план из 1975. године (са планским хоризонтом до 1990. године).

---

<sup>43</sup> Крстић, А., Гајић Д., Тодоровић Д. и Чворо С., „Унапређење енергетских перформанси постојећег грађевинског фонда града Бањалуке – формирање базе података“, у: Симоновић, Дијана и Невена Новаковић, ур. *Урбана и градитељска обнова града Бањалуке у духу одрживог развоја-уводна разматрања*, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, 2008., стр. 182-197.

<sup>44</sup> Планска документација Урбанистичког завода Републике Српске а.д., Бањалука

Урбанистички завод Републике Српске 2009. године израдио је Нацрт Урбанистичког плана Бањалуке 2008-2020, који још није усвојен, али посједује податке везане за број и анализу просјечне величине стамбених јединица у претходним периодима.

Анализом квантитативних показатеља структуре и бонитета стамбених зграда могу се извести закључци на глобалном нивоу и они су груби показатељи постојећег стања стамбеног грађевинског фонда града Бањалука. Информациона база, због тачности података и сагледавања стамбеног фонда којег је неопходно обновити, водиће се подацима до 1981. године и служиће да се у глобалу сагледа прва процјена колико је станова и које су просјечне површине и опремљености инсталацијама у почетној фази истраживања енергетске оптимизације постојећих стамбених зграда града Бањалука.

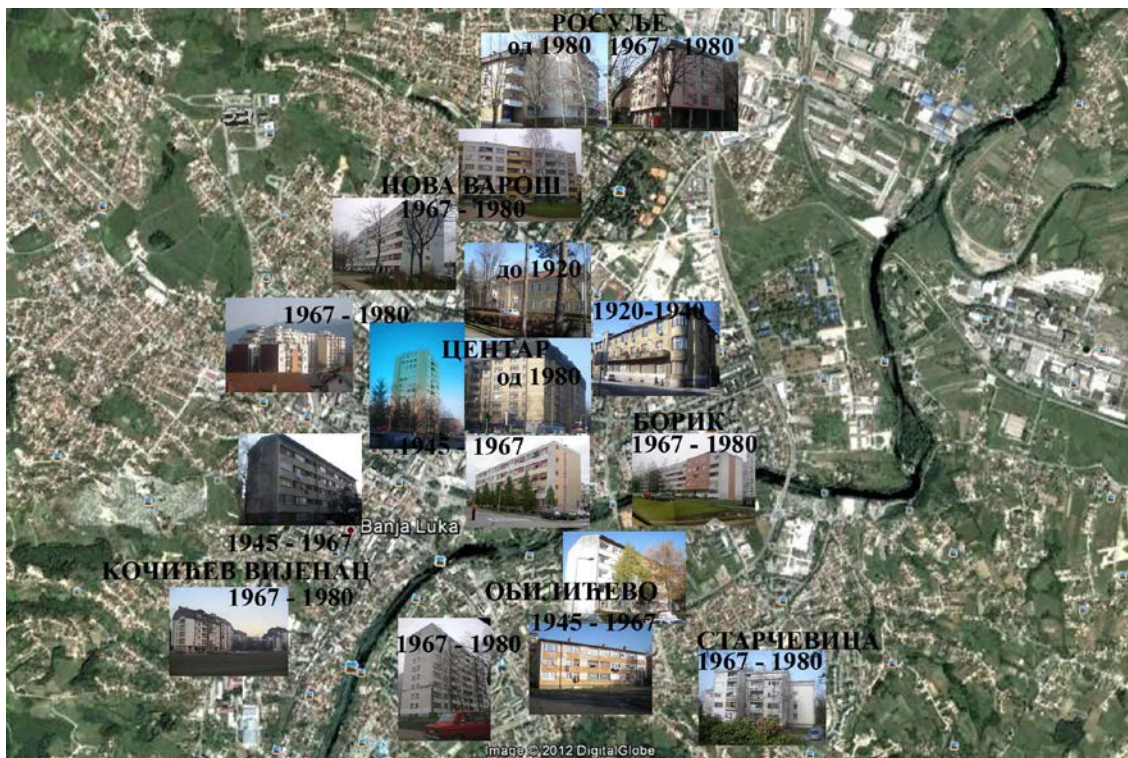
У Бањалуци је од 1900-1981. године изграђено укупно 48.784 стана са укупном површином од 2.576.000 m<sup>2</sup> (Табела 13.).

Табела 13. Процентуално изражен број изграђених станова по временским периодима

Укупно	Површина станова у хиљ. m <sup>2</sup>	Станови изграђени											
		до 1900. године	1901-1918	1919-1930	1931-1945	1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	I-III 1981
48.784	2.576	1,80%	1,00%	2,00%	4,00%	3,40%	3,30%	8,30%	13,50%	26,50%	22,60%	13,50%	0,10%

Информациона база података постојећег стамбеног грађевинског фонда града Бањалука приказана је у ПРИЛОГУ В.

Након стварања информационе базе, истражене су врсте конструктивних система и начина материјализације у стамбеној изградњи на предметном подручју, према карактеристичним временским периодима, те присутност карактеристичних врста постојећих стамбених зграда у насељима града са аспекта типичних конструктивних система и начина материјализације (Слика 17.).



Слика 17. Приказ карактеристичних временских периода масовне стамбене изградње у појединим насељима града Бањалука

### 3.2.1 Врсте конструктивних система и начина материјализације стамбене изградње

Стамбена изградња града Бањалуке подјелена је на пет карактеристичних временских периода, који су створени у зависности од историјског и социјалног развоја друштва и њихових важећих прописа у изградњи, видјети у ПРИЛОГУ Г Табелу Г1.

Период до 1920. године, период код којег је изградња у Босни и Херцеговини, па и у Бањалуци, била под аустроугарским прописима (Bau-Ordnung)<sup>45</sup>, истражен је на основу овог прописа, затим из архивске документације Фонда Краљевске банске управе Врбаске бановине<sup>46</sup>, из литературе<sup>47</sup>, као и на самом терену на

<sup>45</sup> Правилник који је израдила Земаљска влада и који је објављен 1880. године, у свом трећем дијелу наводи прописе који се односе на градњу.

<sup>46</sup> Нацрти, предмјери и предрачуни архитекте Николе Федорова из 1930.год. за нове зграде банске управе Врбаске бановине. Архив Републике Српске: Фонд Краљевске банске управе Врбаске бановине, 1930., кутија 1 и 1931/32., кутија 4.

<sup>47</sup> Спасојевић, Б., *Архитектура стамбених палата аустроугарског периода у Сарајеву*, Сарајево: Рабиц, 1998., стр. 54-55.

зградама овог периода. У овом периоду карактеристичан је масивни, подужни конструктивни систем, спратности П+1 и П+2, зидова од пуне опеке у ширини коју су диктирале димензије аустроугарске опеке 29/14/6,5cm и позиција у спратности. Најнижа етажа има најдебљи зид (обично 75cm) који се за ширину једне опеке (опека и малтер 15cm) смањује по вишим етажама (приземље 60cm, а спрат 45cm). Међуспратна таваница висине 50cm је дрвена конструкција, која је премоштавала распоне од 4,00 до 5,00 m. Кровна конструкција редовно је била дрвена са кровним везачима (столице или вјешалке) и стрмим нагибом изнад 35°, са покривачем од бибер-кријепа. Степеништа су прављена од камена, а пред крај аустроугарске владавине и од армираног бетона. Чиста висина просторија није била изнад 3,5m. Прозори су двоструки са два размакнута крила и њихова величина, односно површина износи 1/7 до 1/10 квадратуре просторије. (Слика 18. и 19.)



Слика 18. Стамбена зграда у улици Краља Петра I Карађорђевића (Центар 2)



Слика 19. Некад „Царска кућа“ данас Архив Републике Српске у Алеји Светог Саве (Центар)

Период од 1920-1940. године карактерише изградња под Врбаском бановином (од 1929 – 1941.године) и истражена је кроз архивску документацију Фонда Краљевске банске управе Врбаске бановине<sup>48</sup> која је објављена 2006. године у ауторском раду у зборнику радова Архитектонско- грађевинског факултета Универзитета у Бањалуци под називом *Ретроспектива научне мисли и визије*

<sup>48</sup> Нацрти, предмјери и предрачуни архитекте Николе Федорова из 1930.год. постојећих зграда које је неопходно уклонити да би се извеле нове зграде банске управе Врбаске бановине, и из нацрта грађевина које су предвиђене за адаптацију. Архив Републике Српске: Фонд Краљевске банске управе Врбаске бановине, 1930., кутија 1.

развоја Архитектонско-грађевинског факултета у Бањалуци<sup>49</sup>. У овом периоду дешава се и прва планска вишепородична стамбена изградња града Бањалуке (Чиновнички павиљони у Алеји Светог Саве из 1930.године). Главне карактеристике конструкције и материјализације стамбене изградње у овом периоду су да су то зграде масивног конструктивног система, спратности П+2. Масивни зидови су од пуне опеке аустроугарског формата, зидани у кречном малтеру 1:3. Темељи су тракасти од набијеног бетона са 20% ломљеног камена. Дебљина фасадних зидова је 45cm, док су подрумски зидови 60cm. Изнад прозорских отвора рађене су армирано-бетонске греде. Међуспратна конструкција су челична ребра са испуном од бетона, а висине у зависности од распона (за распон од 4,00m укупна висина је 26cm). Висина је достигала и 50cm када је премотавала распон од 7,50m што је видно у нацртима палате Банског двора. Кровна конструкција је класични дрвени коси кров над таванским простором, са цријепом као покривачем (бибер цријеп). На појединим стамбеним зградама, које су биле једнопородичног становања (утицај Модерне), јављају се и равни кровови (без термоизолације). Степеништа су од армираног бетона. Чиста висина просторија је од 3,20m до 3,40m. Прозори су једноструки са оквиром од дрвета са једноструким остакљењем и износе 1/5 квадратуре просторије. (Слика 20. и 21.)



Слика 20. Стамбена зграда на углу Алеје Светог Саве и Улице Васе Пелагића (Центар)



Слика 21. Стамбена зграда у Алеји Светог Саве (Центар)

<sup>49</sup> Гајић Д., „Конструктивни системи и материјали јавних грађевина у центру Врбаске бановине“, у: Станковић, М. и Михајло Ђурђевић, ур. зборник радова *Ретроспектива научне мисли и визије развоја Архитектонско-грађевинског факултета у Бањалуци*, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, 2006., стр.154-168.



Период од 1945-1980. год. доноси социјалне околности које интензивирају изградњу вишепородичних стамбених зграда и у Бањалуци и у цијелој Европи. Стамбена изградња овог периода сагледана је највећим дијелом на терену и кроз архивску документацију Завода за изградњу Бањалука и грађевинског предузећа „Крајина“ Бањалука, затим кроз објављене научно-истраживачке радове земаља у окружењу и у Европи<sup>50</sup>. У овом временском раздобљу издвајају се два типа карактеристичних конструктивних система градње: систем масивних зидова од пуне опеке и скелетни префабриковани систем са армирано-бетонским зидовима за укрућење. Систем масивних зидова користи се кроз читаво раздобље, али не истог интензитета изградње, као скелетни систем. Скелетни систем са зидовима као елементима за укрућење конструктивног система је у већини случајева био чешће примјењиван у периоду послије разорног земљотреса у Бањалуци (1969.године).

Зграде изграђене послије Другог свјетског рата, а прије земљотреса су зграде масивне градње, конструктивних зидова од опеке у оба правца. За конструктивни систем зграде карактеристично је да се зидови од 38cm налазе по ободу зграде или само бочне стране зграде (калкански зидови) и у попречном правцу на средини зграде као зид укрућења, а остали конструктивни зидови у оба правца су дебљине 25cm (документација из 1963. и 1970. године). Темелји су тракасти од набијеног бетона. Подрумски зидови су хидроизоловани и рађени су од набијеног бетона и то испод зидова од 25cm су 30cm дебљине, док су испод зидова од 38cm такође 38cm. Зграде су спратности П+2, П+3 и П+12, али су најчешће П+4 са хоризонталним серкљажима у нивоу армиранобетонске таванице са испуном од опекарских елемената „ТМ“ (висине 18cm), које су ослоњене на конструктивне зидове у размаку од 3,60 - 4,80m. Габарити зграда су промјењљиви и приближно одговарају димензијама 10x24m(П+2), 10x42m(П+4), 9x18m (П+4), 9x36m(П+3), 10x20m(П+2), те 18x24m(П+12). Најчешћа кровна конструкција ријешена је као класични коси кров изнад негријаног таванског простора са покривачем од цријепе и због нижих нагиба кровне плохе (<math><30^\circ</math>), те бржег и лакшег постављања, као покривач чешће се јавља салонит (азбестне таласасте плоче). У овом периоду јавља се осим равног крова без термоизолације (стамбене зграде - небодери на

---

<sup>50</sup> Наведено у овој докторској дисертацији под насловом 1.8 Критички осврт на досадашња истраживања

Булевару изграђени око 1960. године) и раван кров са термоизолацијом – хераклит 5cm (пројектна документација из 1961. године). Спратна висина је 2,80m, док је чиста (свијетла) висина просторија од 2,50m до 2,60m. Отвори који су смјештени на подужним странама зграде или су у дужини цијелог конструктивног растера (од зида до зида) или су уже ширине отвора које заузимају 2/3 фасадног зида између два унутрашња попречна конструктивна зида. Прозори су двоструки, свако крило је са једноструким остакљењем – крило на крило и износе 1/3 до 1/5 квадратуре просторије.

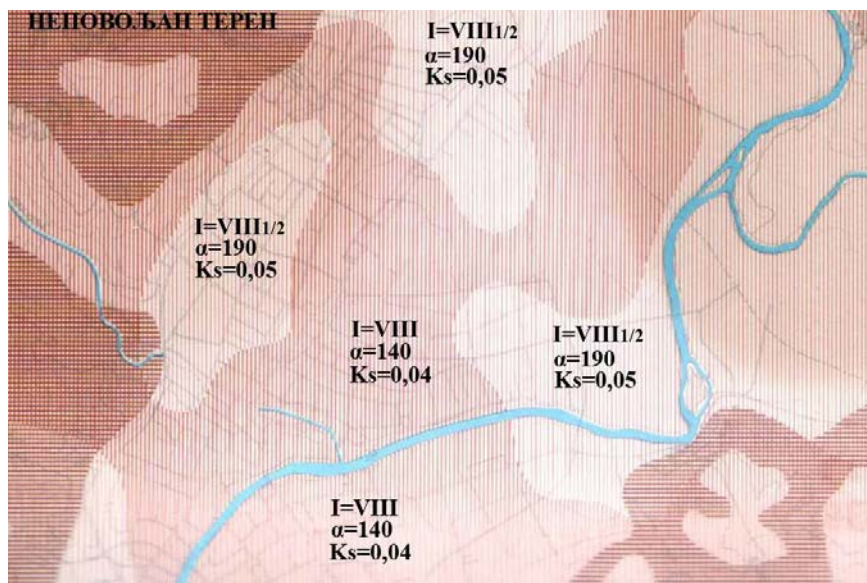
Интересантно је да су стамбене зграде овог периода успјеле опстати након разорног земљотреса у Бањалуци (1969), јер се прије њега није пројектовало према асеизмолошким правилима и конструктивни систем и спратност зграда овог периода у коализији су са истим. На карти сеизмичке микрореонизације Бањалуке<sup>51</sup> (Слика 22.), која је настала после земљотреса, према MSK-1964<sup>52</sup> (Medvedev-Sponheuer-Karnik) скали, Бањалука је подјелењена на VII<sup>1/2</sup>, VIII и VIII<sup>1/2</sup> степен сеизмичког интензитета.<sup>53</sup>

---

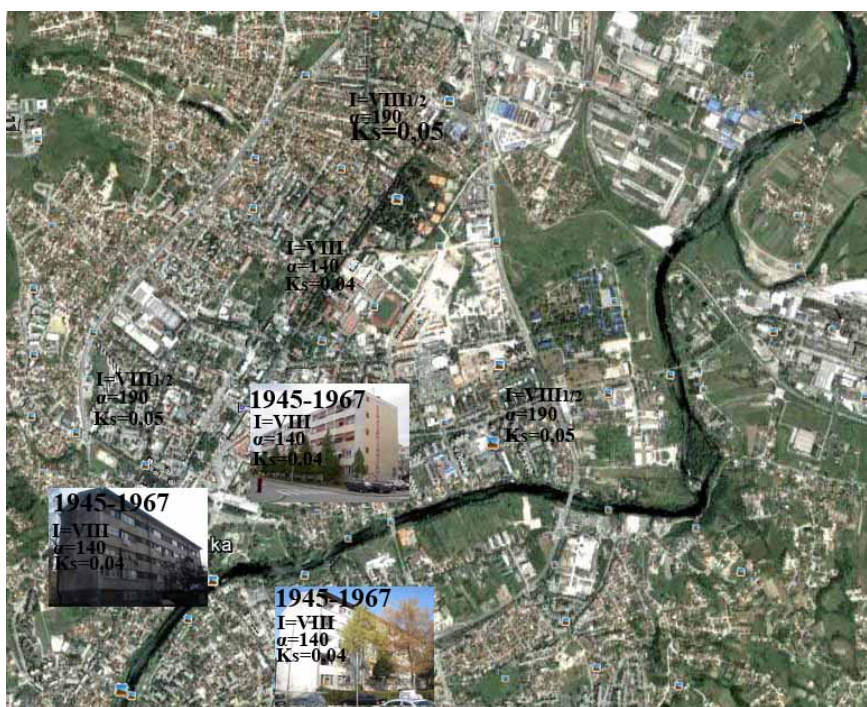
<sup>51</sup> Стојковић, Мирослав Б., „Сеизмичка микрореонизација градског подручја Бањалуке“, у: Међународни симпозијум поводом 30 година земљотреса у Бањој Луци, Бањалука: Скупштина града Бањалука, 26-27 октобар 1999., стр. 66-77.

<sup>52</sup> На засједању UNESCO-а 1964.год. у Паризу, прихваћена је ова скала сеизмичког интензитета за опште важећу међународну скалу., др Бошко Петровић: *Одабрана поглавља из земљотресног грађевинарства*, II издање, Београд: ИРО "Грађевинска књига", 1989., стр.6

<sup>53</sup> Урбанистички план града Бањалука – синтеза, Урбанистички завод, Бањалука, 1975., стр. 81.



Слика 22. Карта сеизмичке микрореонизације урбанистичког подручја Бањалуке - Урбанистички план града Бањалука – синтеза, Урбанистички завод, Бањалука, 1975., стр. 81



Слика 23. Позиција и изглед стамбене изградње периода од 1945-1967 у односу на сеизмичку микрореонизацију града Бањалука

Према важећем Правилнику о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима из 1981.год., зидане конструкције се дијеле на: обичне зидане конструкције, зидане конструкције са вертикалним

серклажима и армиране зидане конструкције.<sup>54</sup> Након земљотреса над овим зградама извршена је санација и статичко обезбјеђивање, додавањем вертикалних серклажа и извођењем додатних конструктивних зидова<sup>55</sup> (Слика 24 и 25.).



Слика 24. Стамбена зграда у Улици талијанског батаљона (Чаире-Кочићев вијенац)



Слика 25. Стамбена зграда у Улици Степе Степановића (Мејдан-Обилићево)

Стамбене зграде које су грађене после земљотреса (1969) су зграде префабриковане градње, скелетног система ИМС-а (Института за испитивање материјала Србије познат као „Монтажни систем Жежел“). У овом периоду развија се индустрија грађевинских материјала захваљујући којој конструкција зграда постаје све лакша, задовољавајући само статичке прорачуне, док физика зграде и енергетски концепт, још увијек нису присутни.

Конструкција је изведена од стубова висине три етажe (8,40m) од МБ-450 и међуспратних таваница 4,20 x 4,20m које су системски преднапрегнуте. Темељи су од армираног бетона и то тракасти испод зидова, док су испод стубова темељи самци. Подрумски зидови су од бетона дебљине 30cm. Зграда је потпуно

<sup>54</sup> Мурављов, Михајло, "Конструкцијска својства зиданих зграда са елементима од печене глине", Изградња 7-8 (јули-август 1993), стр. 49-60. Под обичним зиданим конструкцијама, какве су и зграде периода после Другог свјетског рата (Слика 23.), подразумевају се зидови и стубови зидани са продужним цементним малтером (цемент главно везиво, а креч додатак) најмање марке М 2,5. Није дозвољена употреба само кречног, или само цементног малтера. Висина обичних зиданих зграда је ограничена на П+1 у зони VIII степена и П+2 у зони VII степена, а у зони IX степена овај тип зграда није допуштен. У зони VIII и IX степена дозвољене највеће ширине отвора у носећим зидовима су 2,50m, с тим да размаци међу прозорима буду најмање 2/3 ширине отвора, док код зоне VII степена размаци међу отворима требају бити најмање 1/3 отвора. Зидови оваквих конструкција морају бити добро повезана у оба смјера, да би се обезбједила стабилност зидова од превртања. Дужина неукрућених зидова нпр. дебљине 29cm, не смије бити већа од 6,50m, ако је дебљина зида већа, за сваких 10cm, дозвољена дужина таквих зидова повећава се за 1m. Таванице морају бити од армираног или преднапрегнутог бетона са хоризонталним серклажима над свим носећим и везним зидовима. Хоризонтални серклажи морају бити исте висине као таваница, али не мање од 20cm, док им је ширина једнака ширини зида.

<sup>55</sup> Архивска документација планова санације Завода за изградњу Бањалука

хидроизолована. Фасадни неносиви зидови су од префабрикованих елемената – бетонских сендвич панела укупне дебљине 17cm, 23cm или у мањем обиму зидани гитер блоком 19cm или термоблоком 30cm. Пропис о топлотној заштити зграда из 1970. године захтјева скромну топлотну изолацију у спољним зидовима у дебљинама 2-4 cm, а у кровној конструкцији која је најчешће ријешена као раван проходан кров, појављује се термоизолација од пјенопласта (експандирани полистирен) дебљине 5cm (документација из 1970.године). Зграде су најчешће спратности П+4, када се на крову појављује видна конструкција цијеле етаже, а појављују се и као П+8. Габарити зграда овог типа су различити, зависно од околног простора гдје су смјештени. Ширина зграда је увијек тачно 13,65m, док је дужина варијабилна од 24m (само за степенасте ламеле спратности од П+4 до П+16), 42m, 64m до 106m. Спратна висина је 2,80m, док је чиста (свијетла) висина просторија 2,45m. На подужним странама зграда отвори позиционирани у средишњем дијелу пружају се цијелом дужином са повременим прекидима од 30cm (отвори заузимају 2/3 зида изнад парапета), док при крајевима прекиди су и до 100cm (отвори заузимају 1/2 зида изнад парапета). Прозори су једноструки са два стакла - крило на крило и износе 1/3 до 1/5 квадратуре просторије. (Слика 26. и 27.). Све до 1980. године у Бањалуци се стамбена изградња води горе наведеним префабрикованим системима са фасадним елементима - бетонским сендвич панелима.



Слика 26. Стамбена зграда у Улици Мајке Кнежепољке (Борик)



Слика 27. Стамбена зграда у Масариковој улици (Нова варош)

Око 1980. године почиње употреба шупље опеке у саставу спољашњег зида са фасадном опеком као завршним слојем без термоизолације, а када је зид био од

бетона онда се стављало такође скромних 2-4cm изолације између бетона и фасадне опеке. Тек након 1987. године спољашњи зид добија слојеве материјализације са термоизолацијом дебљине 5cm (документација из 1988.године) и карактеристикама термоизолације каква је и данас на снази (најчешћа употреба експандираног полистирена). Према подацима у извођачким пројектима грађевинских предузећа града Бањалука постављање термоизолације дебљине 5cm на зид од гитер блока 19cm траје све до 2005. године, када почиње употреба термоизолације дебљине од 8cm, док се постављање изолације на армирани бетон са дебљине од 7cm мијења на 10cm експандираног полистирена. Од 2010. године примјена је термоизолације дебљине 10cm на све врсте зидова.

Почиње уграђивање прозора са побољшаним топлотним карактеристикама тачније једноструких прозора са изолационим стаклом најчешће два стакла дебљине 4mm са ваздушним простором између стакала од 12mm (4-12-4). Нови прописи стварају нови изглед зграда, прозорски отвори постају мањи у односу на претходни период када су се прозорски отвори пружали од зида до зида, односно површина прозора чини максимално 1/7 површине пода. Случајеви када су прозори прелазили ово ограничење имали су додатну топлотну заштиту у виду вањских ролетни (Слика 28. и 29.).



Слика 28. Стамбена зграда на углу улица Триве Амелице, Краља Петра II Карађорђевића и Вождовачке улице (Росуље)



Слика 29. Стамбена зграда на углу улица Николе Пашића, Булевара Војводе Радомира Путника и Гундулићеве улице (Центар)

У ПРИЛОГУ Г у Табели Г1. наведен је развој конструкција и начина материјализације зграда, кроз присутност конструктивних елемената у изградњи на подручју града Бањалуке, Републике Српске, а и цијеле Босне и Херцеговине.

Анализа материјализације омотача стамбених зграда града Бањалука за предметне периоде са аспекта топлотних карактеристика, односно вриједности коефицијента пролаза топлоте,  $U$  ( $W/m^2K$ ), елемената омотача приказана у ПРИЛОГУ Г у Табели Г2., а сагледана је кроз:

- архивску пројектну документацију Фонда Краљевске банске управе Врбаске бановине, Завода за изградњу Бањалука (ЗИБЛ), ГП „Крајина“ Бањалука,
- литературу предметног истраживања на подручју Босне и Херцеговине, земаља у окружењу и Европске уније,
- мјерењима и прегледом омотача на самом терену: методом мјерења пролаза топлоте<sup>56</sup> и инфрацрвеном термографијом<sup>57</sup>.

На развој габаритних и волуметријских карактеристика стамбене изградња утицали су разни типови приступа у архитектонском пројектовању од традиционалних до увезених, иностраних модела, који су се прилагођавали законским регулативама у градитељству, затим познавање конструктивно-материјалних (тип конструкције, примјењени материјали, техника градње) и самих локационих (урбанистички показатељи) карактеристика. Подаци о габариту, спратности и висини етажа указују на преглед фактора облика зграда на подручју града Бањалука кроз горе наведене временске периоде до 1980. године. (Табела 14.) Период након 1980. године није узет у разматрање, због појаве изградње стамбених зграда у низу, фактора облика зграде који се појављују кроз временски период од 1945. до 1980. године.

---

<sup>56</sup> ISO 9869:1994, Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance

<sup>57</sup> ISO 6781:1983, EN 13187:1998, Thermal insulation -- Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes -- Infrared method

Табела 14. Фактор облика карактеристичних стамбених зграда на подручју града Бањалука до 1980.године

Временски период	Тип зграде за становање*	Габарити у основи	Спратна висина	Спратност - број етажа	Фактор облика зграде - A/V
до 1920	царска кућа	15m x 58m	4,20m	П+1	<b>0,42</b>
	вила	12m x 16m	4,00m	П+1	<b>0,54</b>
1920-1945	павиљон	12m x 22m	3,50m	П+2	<b>0,45</b>
	двор	52m x 50m	3,80m	П+2	<b>0,25</b>
1945-1967	стамбена зграда	10m x 24m	2,80m	П+2	<b>0,52</b>
		10m x 42m		П+4	<b>0,40</b>
		10m x 20m		П+2	<b>0,54</b>
		9m x 18m		П+4	<b>0,48</b>
		9m x 36m		П+3	<b>0,46</b>
		18m x 24m		П+12	<b>0,25</b>
1967-1980	стамбене зграде - ламеле	13,65m x 24m	2,80m	П+4,6,8,10,12,16	<b>0,37-0,27</b>
		13,65m x 42m		П+4	<b>0,34 (0,54)**</b>
		13,65m x 42m		П+8	<b>0,27</b>
		13,65m x 64m		П+4	<b>0,32 (0,50)**</b>
		13,65m x 106m		П+4	<b>0,30 (0,46)**</b>
		16m x 16m		П+4	<b>0,40</b>
		18m x 18m		П+12	<b>0,28</b>

\* за период до 1945. године називи зграда преузети према првобитним називима зграда из документације Завода за заштиту културно-историјског наслеђа Републике Српске из Валоризације Бањалуке арх. Сабире

Хусејиновић, док су остали називи преузети из пројектне документације самих зграда

\*\* зграде са препустима и лођама - већа разуђеност омотача у односу на правоугаони габарит

Облици зграда који су се појављивали у стамбеној изградњи града Бањалука кроз временске периоде говоре да најкомпактнију структуру, односно најнижи фактор облика зграде има зграда са габаритима 52m x 50m, спратности П+2, (Бански двор у Центру саграђен 1932.године) или стамбене зграде са габаритима 18m x 24m, спратности П+12 (небодери на Булевару у Центру саграђени око 1960. године). Стамбена зграда компактне форме има фактор облика зграде 0,30-0,35, док зграда истог волумена са омотачем који је разуђен (типска зграда у насељу Борик, саграђене почетком 1970-тих година), односно посједује лође и препусте, чини за 50-60% већи фактор облика зграде и износи 0,46-0,54.



### 3.2.2 Присутност карактеристичних врста постојећих стамбених зграда и њихова диспозиција у контексту њиховог груписања

Зграде изграђене до 1945. године чиниле су основу за урбанистичко планирање блокова града Бањалука, односно на бази њихових габарита планирале су се регулационе линије парцела у блоковима и грађевинске линије унутар парцела блока. Самим тим стамбене зграде до 1945. године су блоковске групације, односно чине цијели блок или прате контуру блока и присутне су у центру града Бањалука, нема их много и све чине културно-историјско наслеђе Републике Српске, а и Босне и Херцеговине, зграде које осим архитектонске посједују и амбијенталне вриједности (Слика 30. и 31.).



Слика 30. Дио насеља Центра I- позиција двора и павиљона (период 1920-1945)



Слика 31. Дио насеља Центар II- позиција вила (период до 1920.)

Најинтензивнија изградња вишепородичних стамбених зграда у Бањалуци настала је од Другог свјетског рата до 1980. године. Након тог периода интензивна изградња дешава се у периоду од 2000. године и још увијек је на снази, што није за разматрање, јер су зграде нове и нису предмет овог истраживања. Масовна присутност вишепородичне стамбене изградње последице Другог свјетског рата је испланирана и изведена у насељима смјештеним по ободу самог центра града: Обилићево (бивши назив Мејдан), Кочићев вијенац (обједињена два бивша насеља Чаире и Хисета) и Центар (Слика 32. и 33.).



Слика 32. Дио насеља Обилићево- сивом бојом означене постојеће стамбене зграде (период 1945-1967)



Слика 33. Дио насеља Кочићев вијенац - сивом бојом означене постојеће стамбене зграде (период 1945-1967)

Након разорног земљотреса 1969. године, у наведеним насељима, већина постојећих стамбених зграда је задржана и обновљена, те је почела градитељска револуција у префабрикованој изградњи, у испланираним новим насељима града Бањалука, на широким, слободним и равним просторима, који су такође по ободу насеља Центар, у насељима Борик и Нова варош, Слика 34. и 35., да би од 1980. године стамбена изградња била проширена и на насеља Росуље, Старчевица и источни дио насеља Кочићев вијенац.



Слика 34. Дио насеља Борик – сиво-жутом бојом означене постојеће стамбене зграде (период од 1967-1980)



Слика 35. Дио насеља Нова варош - сивом бојом означене постојеће стамбене зграде (период 1967-1980)

Насеље Старчевица и источни дио Кочићевог вијенца посједује терен у нагибу, али су стамбене зграде испланиране и изведене паралелно са изохипсама, тако да су главне улице у нагибу, а присупне улице, паркинг простори и зграде изведене на равном терену. Све зграде од 1945-1980. године су испланиране као

слободностојеће на парцели са једним до два улаза, да би од 1970. године почела изградња и стамбених ламела у низу, које су такође слободностојеће у простору. Појављују се два типа ламела у низу: ламеле исте спратности паралелне улици дуж њене грађевинске линије и ламеле различите спратности степенасто увучене (Слика 34.)

Габарити зграда након 1987. године, у централном градском језгру прате димензију постојећих зграда стамбеног блока, јер су већином интерполирани у постојећу изграђену структуру или ако чине нови блок онда су то обично ламеле у низу које попуњавају цијели блок чинећи компактну структуру у облику „L“ или „U“ или су слободностојеће структуре од 2 ламеле или 4-6 ламела у композицији (Слика 36. и 37.).



Слика 36. Дио насеља Центар I – сивом бојом означене постојеће стамбене ламеле (изграђене након 1987. године)



Слика 37. Дио насеља Росуље – сивом бојом означене постојеће стамбене ламеле (изграђене након 1987. године)

На регулационим плановима Бањалуке, као и истраживањем на самом терену сагледан је број карактеристичних врста постојећих стамбених зграда према временским периодима до 1980. године и њихове заступљености, збирно у свим насељима (Табела 15.).

Табела 15. Присутност карактеристичних врста постојећих стамбених зграда града Бањалука до 1980. године

Временски период	Габарити у основи	Спратност - број етажа	Насеља - број регулационог плана	Број зграда	Број станова у згради
до 1920	15m x 58m	П+1	Центар I - 45	<b>1</b>	-
	12m x 16m	П+1	Центар II - 89	<b>12</b>	-
1920-1945	12m x 22m	П+2	Центар I - 51 и 52	<b>6</b>	6
	52m x 50m	П+2	Центар I - 51	<b>1</b>	-
1945-1967	10m x 24m	П+2		<b>27</b>	9
	10m x 42m	П+4	Центар I - 51, 52, 50b	<b>34</b>	30
	10m x 20m	П+2	Кочићев вијенац - 77	<b>28</b>	6
	9m x 18m	П+4	Обилићево - 60, 63 и 120	<b>18</b>	10
	9m x 36m	П+3	Нова варош - 46	<b>26</b>	20
	18m x 24m	П+12		<b>5</b>	91
1967-1980	13,65m x 24m	П+4,6,8,10,12,16		<b>32</b>	24,34,44,54,64,84
	13,65m x 42m	П+4	Борик - 53	<b>3</b>	40
	13,65m x 42m	П+8	Нова варош - 46	<b>4</b>	72
	13,65m x 64m	П+4	Центар I - 51, 52, 50b	<b>10</b>	60
	13,65m x 106m	П+4	Обилићево - 63 и 120	<b>2</b>	100
	16m x 16m	П+4	Старчевица - 65	<b>9</b>	20
	18m x 18m	П+12		<b>5</b>	52

У односу на сву стамбену изградњу, када посматрамо карактеристичне врсте зграда (исте типове зграда према конструкцији, материјализацији, те габаритима и спратности), највише истих зграда град Бањалука посједује из постојеће стамбене изградње периода 1945-1967. У насељима Обилићево и Кочићев вијенац, је навише заступљено зграда из периода 1945-1967.

Највећа је присутност, у тим насељима, стамбених зграда са карактеристичним приближним габаритом од 10m x 42m и спратности П+4, које су постављене у односу на стране свијета својим подужним странама југоисток-сјеверозапад или сјевероисток-југозапад. Приказ ових зграда, у регулационим плановима (Слика 32. и 33.) и на самом терену, говори о већој присутности зграда са оријентацијом подужних страна према југоистоку и сјеверозападу.

У односу на сву стамбену изградњу, када посматрамо број станова у карактеристичним врстама зграда (исти типове зграда према конструкцији, материјализацији, те габаритима и спратности), највише станова у истим зградама град Бањалука посједује из постојеће стамбене изградње периода 1967-1980. У насељима Борик и Нова варош је навише заступљено зграда из периода 1967-1980.

Највећа присутност станова у постојећим стамбеним зградама карактеристичних габарита у којој једна дужина је 13,65m, а друга се мултипликује од 24m, на 42m, 64m или 106m, те различите спратности од П+4, на П+6, П+8, П+10, П+12 и П+16. Зграде габарита 13,65m x 24m, различите спратности од П+4 до П+16 у насељу Борик, појавују се као стамбене ламеле степенасто увучене, код који су подједнако заступљене све четири оријентације. Док зграде габарита 13,65m x 42m, спратности П+4 и П+8 (Борик и Обилићево), те габарита 13,65m x 64m, спратности П+4 (Борик и Нова варош) и 13,65m x 64m, спратности П+4 (Борик) се појављују као ламеле паралелне са улицом и својим подужним странама оријентисане су на сјевероисток-југозапад или сјеверозапад-југисток, од којих је већи број зграда оријентисаних ка сјевероистоку и југозападу. Најмасовнија присутност станова у истим врстама зграда је у насељу Борику, гдје се појављује чак 100 станова у згради габарита 13,65m x 106m и спратности П+4, оријентисане својим подужним странама ка сјевероистоку и југозападу.

### 3.3 Закључак – избор репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда

Увидом у стање постојећег грађевинског фонда Бањалуке оствареног анализом резултата пописа становиштва, станова и домаћинстава спроведених у претходном периоду и праћењем доношења и примјене прописа и стандарда о топлотној заштити објеката на овом предметном подручју, анализом врста конструктивних система и материјализације стамбених зграда са акцентом на вриједности коефицијента пролаза топлоте омотача истих, те присутности на предметном подручју долази се до сазнања да се треба обновити, скоро сав, постојећи грађевински фонд града Бањалука изграђен до 1980. године. Сама чињеница да је у Европској унији обавезујућа пракса да се обнављају зграде које су старије од 40 година, због временског трајања самих елемената који су уграђени у зграду (пројектни временски хоризонт трајања зграда је 60 година)<sup>58</sup>, указује да је изградња до 1980. године прва коју је неопходно обновити. Са аспекта енергетске оптимизације омотача и важећих прописа о топлотној заштити на подручју Европске уније, било би неопходно обновити све стамбене зграде града Бањалука. Избор репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука може се водити сљедећим закључцима:

- Степен обнове зграда зависиће од периода у којем је зграда изграђена
- С обзиром на чињеницу да је вијек трајања зграда од зиданог материјала мин. 100 година, постојеће зграде изграђене до 1920. године такође ће бити неопходно обновити у блиској будућности
- Имајући у виду да грађевине изграђене до 1945. године посједују спољне зидове од опеке дебљина већих од 38 cm ( $U$ -коефицијент  $<1,0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) и вријеме доношења првих прописа из области топлотне заштите, најугроженију категорију представљају постојеће грађевине изграђене у периоду од 1945-1967. године, јер не посједују ни минимум захтјева топлотне изолативности. Према попису из 1981.

---

<sup>58</sup> Иако су ови параметри наведени у ISO 15686-1:2011 Buildings and constructed assets—Service life planning –Part 1: General principles and framework, на примјеру термоизолационог стакла према Construction Materials Manual (Hegger и др., 2006) термоизолационо стакло има трајност од 50 година, европске норме EN 1279 наводе да се мора обезбједити трајање од 25 година, док при обнови зграда у Њемачкој, Refurbishment Manual- maintenance, conversions, extension (Giebelер и др, 2009), је утврђено да таква врста застакљења има вијек трајања од 20-35 година, што говори да би обнова зграда већ након 30 година била неопходна (замјена или обнова значајнијих елемената нпр. прозори, кровни покривачи и осталих облога омотача)

године у том периоду изграђено је око 54% станова од укупног броја свих станова.

- У насељима Кочићев вијенац, Центар и Обилићево, након разорног земљотреса 1969. године, врши се обнова зграда и статичко обезбјеђивање конструкције армирано-бетонским вертикалним серкљажима који зидани омотач зграда, лоших топлотних карактеристика, још ослабљује са енергетског аспекта.

- Карактеристично за град Бањалуку да је након земљотреса 1969. године убрзана изградња стамбених зграда, која са технички напредном производњом материјала за зидање, употребом бетона и армираног бетона, те градњом "танких" конструкција (фасадни зид – сендвич панел 17cm), задовољава статички прорачун, али има лош енергетски концепт. Зграде од 1967-1980. године су изграђене по захтјевима топлотне заштите, односно прописима и стандардима који су у том периоду били заступљени, што указује да те грађевине посједују минималну топлотну изолацију од влакнастих материјала, најчешће хераклит, који према данашњим материјалима има високу вриједности коефицијента топлотне проводљивости. Према попису из 1981. године станова који су смјештени у таквим грађевинама је 36% у односу на укупан број станова.

- Према попису из 1981. године закључује се да Бањалука у стамбеној изградњи има највише станова двособне структуре и да су такви станови просјечне површине од 51-60m<sup>2</sup>.

- Према нацрту Урбанистичког плана Бањалуке 2008-2020. године и попису из 1981. године просјечна површина станова од 56m<sup>2</sup> (51-60 m<sup>2</sup>, двособне структуре) у вишепородичној стамбеној изградњи до 1980. године је вишег стандарда (у смислу припадајуће површине по члану домаћинства) него данашња изградња станова од 2005.године.

- У временском раздобљу од 1945 – 1980 издвајају се два типа карактеристичних конструктивних система градње: систем масивних зидова од пуне опеке и скелетни префабриковани систем, од којих се систем масивних зидова користи кроз читаво раздобље, али не истог интензитета изградње, као скелетни систем. Скелетни систем је у већини случајева био чешће примјењиван у периоду послје земљотреса.

- Стамбене зграде у временском раздобљу од 1945 – 1980 посједују 1/3-1/5 површину прозора у односу на површину пода и у пројектној документацији није се предвиђала никаква заштита.

- Типске стамбене зграде које садрже 2, 3 или 5 ламела, у насељима Борик и Нова варош које су саграђене почетком 1970-тих година (период 1967-1980) посједују највиши фактор облика зграде (0,58-0,66) који се појављује у стамбеној изградњи града Бањалука.

- Највећа присутност карактеристичних (истог типа конструкције и материјализације, габарита 10m x 42m, спратности П+4) стамбених зграда је у насељима Кочићев вијенац и Обилићево.

- Највећа присутност карактеристичних стамбених зграда према броју стамбених јединица – станова је у насељима Борик, Нова варош и Обилићево скоро једнак број станова смјештен је у стамбеним ламелама степенасто увученим, габарита 13,65m x 24m, различите спратности од П+4 до П+16 (насеље Борик), и ламелама паралелним са улицом спратности П+4 (насеља Борик и Нова варош) и П+8 (насеље Обилићево), а различитих габарита 13,65m x 42m (Борик и Обилићево) и 13,65m x 64m (Борик и Нова варош) и 13,65m x 64m (Борик).

- Постојеће стамбене зграде Бањалуке са својим правоугаоним основама, са подужном страном која је доминантнија четири пута у односу на попречну у периоду 1945-1967 највише су оријентисане својим подужним странама ка сјеверозападу-југоистоку, док се у периоду 1967-1980 стамбене зграде код којих су више присутне подужне стране оријентисане ка сјевероистоку-југозападу и чак су и до осам пута дуже у односу на попречну страну зграде.

Наведени подаци указују на два репрезентативна узорка постојећих стамбених зграда града Бањалука чија енергетска оптимизација омотача, може дати два референтна модела обнове зграда за подручје града Бањалука:

- из периода 1945-1967. године, насеље Кочићев вијенац, постојећа стамбена зграда приближних габарита 10m x 42m и спратности П+4, оријентисана својим подужним странама југоистоку и сјеверозападу, односно постављена паралелно са мрежом главних улица града Бањалука, Слика 38. и



- из периода 1967-1980. године, насеље Борик, постојећа стамбена зграда габарита 13,65m x 106m и спратности П+4, оријентисана својим подужним странама сјевероистоку и југозападу, Слика 39.



Слика 38. Позиција репрезентативног узорка из периода 1945-1967 у насељу Кочићев вијенац



Слика 39. Позиција репрезентативног узорка из периода 1967-1980 у насељу Борик

#### 4 КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ГРАДА БАЊАЛУКА РЕЛЕВАНТНЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ТОПЛОТНИХ ГУБИТАКА И ДОБИТАКА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА И ЗА КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ ПАСИВНИМ СИСТЕМИМА

Најважнији климатолошки подаци за коришћење свих видова соларних система (пасивних и активних) су укупно дозрачена Сунчева енергија (сунчево зрачење) и температура ваздуха. На интензитет сунчевог зрачења утичу особине локације преко климатских карактеристика трајања осунчања, облачности, падавина и влажности ваздуха, те вјетра. Укупно сунчево зрачење које доспијева на неку произвољно постављену површину под нагибом према хоризонталној равни, састоји се од директног и двије компоненте дифузног (небеског и рефлексивног од околине) зрачења<sup>59</sup>. При анализи кориштења сунчеве енергије пасивним и активним системима, те одабиру најповољнијег, оптималног угла површине за добијање најефикаснијег ријешења за максимално искориштење сунчевог зрачења значајне су вриједности сунчевог зрачења према хоризонталној површини. Укупним сунчевим зрачењем хоризонталне површине дефинисана је укупна расположива енергија, а температура ваздуха дефинише ефикасност претварања Сунчеве енергије у друге облике енергије у соларним системима.

##### 4.1 Сунчево зрачење

На подручју града Бањалука, једини и најважнији климатолошки параметар, за који Републички хидрометеоролошки завод не посједује мјерни инструмент, те из тог разлога не посједује податке, је укупно сунчево зрачење.

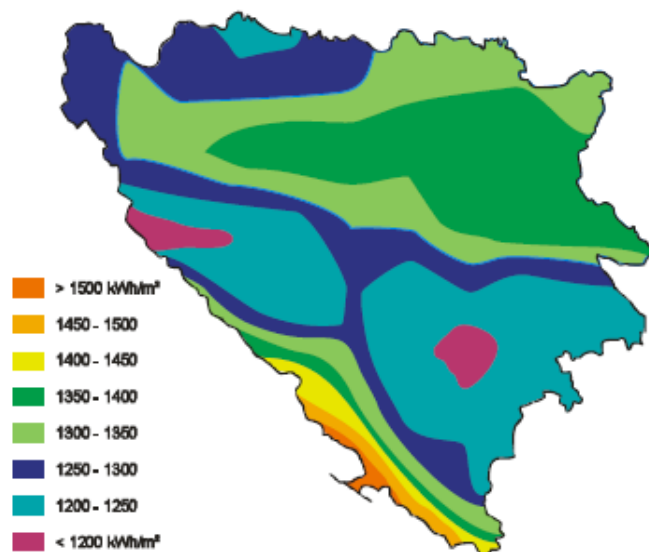
Према Првом националном извјештају Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама, у којем је сунчево зрачење за Босну и Херцеговину изведено на основу података међународног пројекта ADEG из 2005. године<sup>60</sup>, подручје Бањалуке може

---

<sup>59</sup> Тодоровић, Б., „Климатизација“, Београд: СМЕИТС, 1998., стр.38.

<sup>60</sup> ADEG Пројекат: Напредни децентрализовани системи за производњу енергије у земљама западног Балкана, Извјештај бр. 1., Машински факултет, Сарајево, 2005.

очекивати просјечно годишње сунчево зрачење на хоризонталну површину од 1,3 до 1,4 MWh/m<sup>2</sup> (Слика 40.).



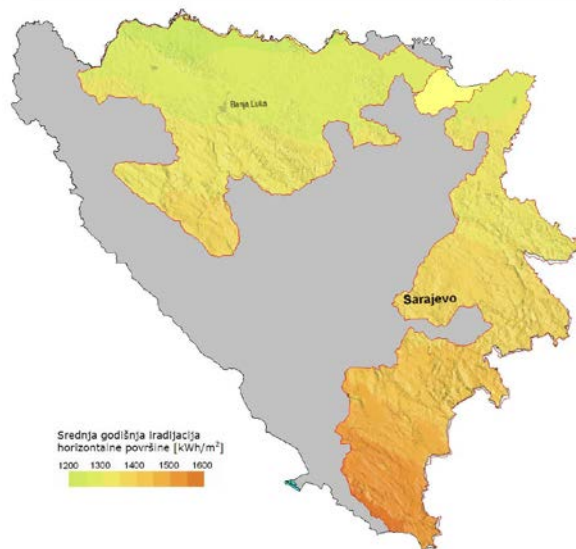
Слика 40. Карта просјечне годишње дозрачене сунчеве енергије према хоризонталној површини у kWh/m<sup>2</sup> у диференцијалу од 50 kWh/m<sup>2</sup> (извор: Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама, стр.111)

Према ЕИХП-у, који је сунчево зрачење за Републику Српску извео на основу базе података PV GIS (*Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology*)<sup>61</sup>, подручје око босанске Посавине (Бањалука) може очекивати од 1,25 до 1,3 MWh/m<sup>2</sup> укупно дозрачене Сунчеве енергије.

Према њиховим подацима и карти просторне расподјеле средње годишње дозрачености хоризонталне површине укупним сунчевим зрачењем за подручје Републике Српске, у складу са промјеном географске ширине, укупна годишња количина сунчевог зрачења, у општем случају, опада од сјеверозапада према југоистоку (Слика 41.). Расподјела зрачења, која на граници атмосфере зависи само о географској ширини, на тлу је модификована због утицаја метеоролошких фактора на које примарни утицај имају појава облака и ортографија терена. Јака ортографска разведеност терена значајно се одражава у расподјели изолинија укупног зрачења. Најнижи соларни потенцијал доступан је у сјеверним

<sup>61</sup> PV GIS је пројекат покренут 2001. године у склопу *Joint Research Centre* Европске комисије у Испри, Италија. PV GIS се базира на међународним базама и пружа отворену архитектуру података и софтвере-а те климатске и географске податке високе разлучивости интегрисане у географски информацијски систем (GIS). Кориснички интерфејс се базира на примјени карата и доступан је и почетницима у примјени Сунчеве енергије. Алгоритми за моделовање радиометријских података и климатолошки подаци базирају се на Европском атласу Сунчевог зрачења. Доступно 24.09.2012. на сајту <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>

предјелима, док се његов интензитет повећава спуштањем према југу. Количина зрачења се повећава спуштањем према југу тако да подручја јужне Херцеговине остварују дозрачену сунчеву енергију између 1,5 и 1,55 MWh/m<sup>2</sup>.



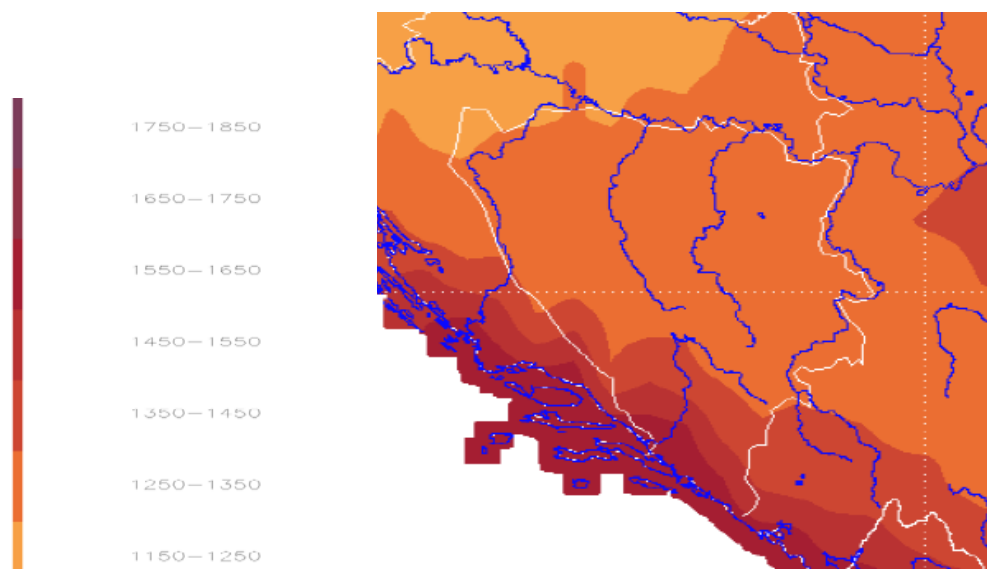
Слика 41. Карта средње годишње дозрачене сунчеве енергије према хоризонталној површини у kWh/m<sup>2</sup> у диференцијалу од 100 kWh/m<sup>2</sup> (извор: Стратегија развоја енергетике РС до 2030. год. стр.260)

Према ЕИХП-у за подручје Бањалуке укупна количина средње годишње дозрачености сунчеве енергије према хоризонталној површини је 1293,7kWh/m<sup>2</sup> (Табела 16.).

Табела 16. Средње дневне дозрачености сунчеве енергије према југу нагнуте површине за Бањалуку (44°46' географске ширине, 17°11' географске дужине, 161m над. висине) према ЕИХП (извор: Стратегија развоја енергетике РС до 2030. год. стр.261 )

Мјесец	Дневна озраченост према југу нагнуте површине укупним Сунчевим зрачењем (kWh/m <sup>2</sup> /дан)						опт. угао [°]	Д/Г	темп. ваздуха [°C]	степен дани гријања
	Угао нагиба									
	0°	15°	25°	40°	90°	опт. угао				
јануар	1,253	1,629	1,838	2,074	2,017	1,992	63	0,6	2,5	465
фебруар	1,960	2,388	2,613	2,841	2,499	2,767	55	0,6	5,0	342
март	3,104	3,529	3,725	3,866	2,927	3,833	43	0,5	7,9	285
април	4,292	4,591	4,679	4,623	2,880	4,672	29	0,5	12,3	86
мај	5,334	5,475	5,437	5,174	2,720	5,309	16	0,5	18,0	22
јун	5,775	5,816	5,710	5,337	2,566	5,517	11	0,5	21,5	8
јул	6,287	6,415	6,340	5,977	2,901	6,158	15	0,4	22,7	2
август	5,345	5,661	5,729	5,590	3,205	5,680	25	0,4	23,3	13
септембар	4,047	4,586	4,822	4,965	3,542	4,939	41	0,4	17,4	60
октобар	2,543	3,067	3,338	3,599	3,048	3,517	52	0,5	13,6	209
новембар	1,456	1,832	2,038	2,261	2,115	2,186	60	0,6	8,3	382
децембар	1,027	1,329	1,499	1,690	1,656	1,624	63	0,7	1,8	531
Просјечно	3,544	3,868	3,988	4,006	2,673	4,023	34	0,5	12,9	-
Укупно	1293,7	1411,9	1455,7	1462,2	975,8	1468,4	-	-	-	2405

За кориштење лиценцираног софтверског програма ENSI EAB из Норвешке, подаци о укупном сунчевом зрачењу за подручје Бањалуке изведени су на основу лиценцираног софтверског програма METEONORM Version 6.0 из 2008. године<sup>62</sup>. Програм је дефинисао неопходне климатолошке податке за Бањалуку на основу интерполације четири околне станице уз помоћ модела Perez<sup>63</sup>. Подаци о сунчевом зрачењу дефинисани су за временски период од 1981-2000. године и према Метеонорму, у глобалу посматрајући подручје Бањалуке према карти укупна количина средње годишње дозрачености сунчеве енергије према хоризонталној површини креће се од 1250-1350 kWh/m<sup>2</sup>, видно на Слици 42., док је према интерполацији података са околних станица тачна вриједност 1282 kWh/m<sup>2</sup>.

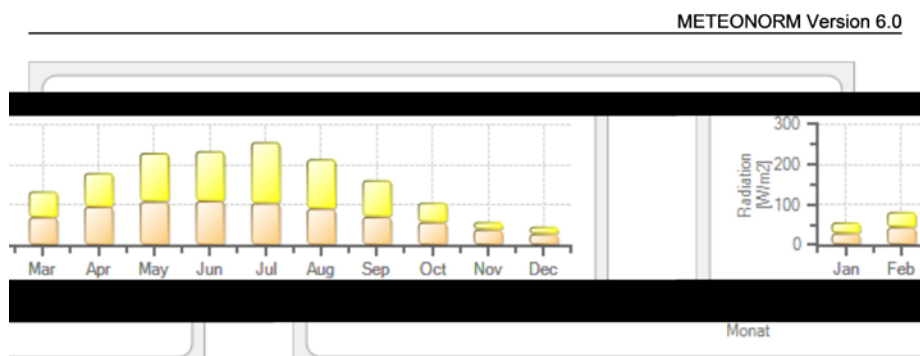


Слика 42. Просјечно дозрачено укупно сунчево зрачење kWh/m<sup>2</sup> за период од 1981-2000. године на карти Европе (диференцијал у интервалу од 100 kWh/m<sup>2</sup>) за подручје Босне и Херцеговине (извор: Метеонорм)

<sup>62</sup> Лиценцирани софтверски програм издавача METEOTEST, Fabrikstrasse 14, CH-3012 Bern, Switzerland, Swiss Federal Office of Energy, CH-3003 Bern, дефинише излазне климатске податке, сунчевог зрачења и температуре ваздуха добијене уз помоћ метеоролошких станица на тлу, прилагођене за софтверске програме базиране на методи мјесечног биланса (LESOSAI, PHPP, sia 380) или часовног (DOE, SUNCODE, ENERGY PLUS, POLYSUN, DYNBIL, TRNSYS, CH-METEO, HELIOS-PC).

<sup>63</sup> За прорачун укупног и дифузног сунчевог зрачења на нагнуте површине програм користи четири модела (Нау, Skartveit and Olset, Gueymard, Perez) од којих се по дифолту (стандардно, активно) користи модел Perez.

За потребе софтверског програма ENVI EAB неопходни су подаци базирани на методи мјесечног биланса у  $W/m^2$  за хоризонталну површину (слика 43.) и вертикалне површине оријентисане према четири стране свијета - сјевер, исток, југ и запад (Слика 44.).



Слика 43. Графички приказ излазних података просјечне дозрачености укупног и дифузног сунчевог зрачења по мјесецима у  $W/m^2$  за град Бањалуку према хоризонталној површини (извор: Метеонорм)

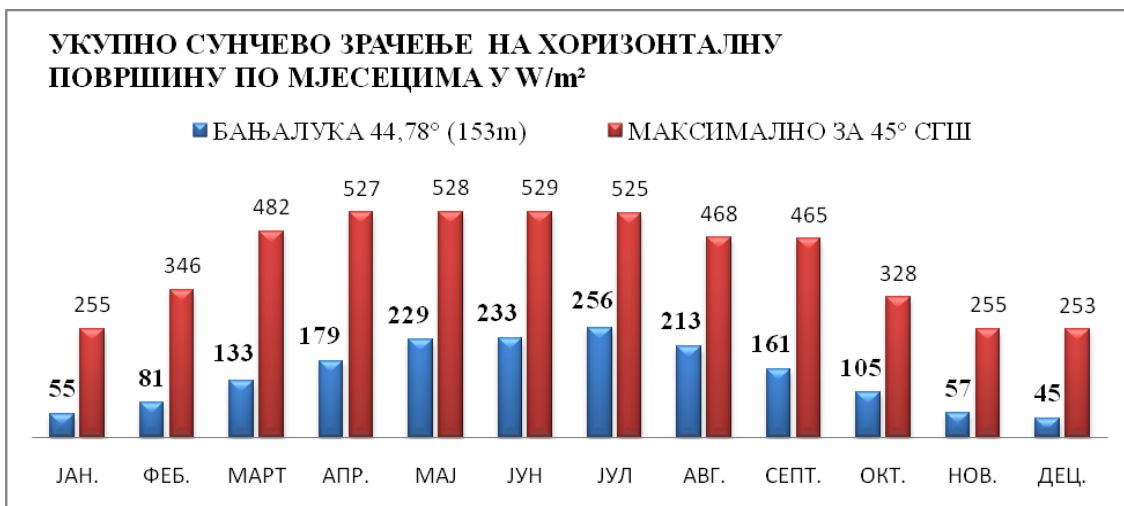
Month	G_Gh	GvE	GvS	GvW	GvN	G_Dh	G_Lin	G_Lv
Oct	105	69	127	74	33	55	327	358
Nov	57	37	93	42	19	30	300	328
Dec	45	30	84	40	18	27	273	301
Jan	55	45	107	45	23	28	268	296
Feb	81	59	112	61	31	43	273	305
Mar	133	85	128	86	41	69	288	326
Apr	179	107	125	112	55	95	313	353
May	229	139	119	135	72	108	341	385
Jun	233	134	105	135	77	109	363	406

Слика 44. Табеларни приказ излазних података просјечне дозрачености укупног сунчевог зрачења по мјесецима и на годишњем нивоу у  $W/m^2$  за град Бањалуку и то редом према површинама: хоризонталној, вертикалној (истоку, југу, западу, сјеверу), затим само дифузно зрачење према хоризонталној површини, просјечно дозрачено долазно дуготаласно сунчево зрачење, просјечно дозрачено дуготаласно сунчево зрачење према вертикалној површини (извор: Метеонорм)

Према подацима Метеонорма, ако посматрамо зимски (гријни) период по мјесецима, Бањалука има укупно сунчево зрачење према хоризонталној површини најниже у децембру  $45 W/m^2$ , од чега је 60% дифузног зрачења, да би у априлу износио  $179 W/m^2$  са удјелом дифузног зрачења од 53%. Ако посматрамо сунчево зрачење на вертикалне површине у најкритичнијем мјесецу за укупно сунчево зрачење (децембар) укупно сунчево зрачење према јужно оријентисаним

вертикалним површинама за 46% веће него према хоризонталној површини, док је у односу на западно оријентисану вертикалну површину за 52% више озрачена, према истоку 64%, док је према сјеверу за 79% више озрачена јужно оријентисана вертикална површина.

Просјечна дозраченост од укупног сунчевог зрачења на хоризонталну површину по мјесецима за Бањалуку која је на 44,78° (44°46') сјеверне географске ширине према Метеонорму у односу на могуће укупно сунчево зрачење на хоризонталну површину по мјесецима за 45° сјеверне географске ширине<sup>64</sup> указује да Бањалука има око 20% у зимским мјесецима оствареног сунчевог зрачења и око 30% у љетним мјесецима од потенцијалног сунчевог зрачења за исту географску ширину (Графикон 14.).

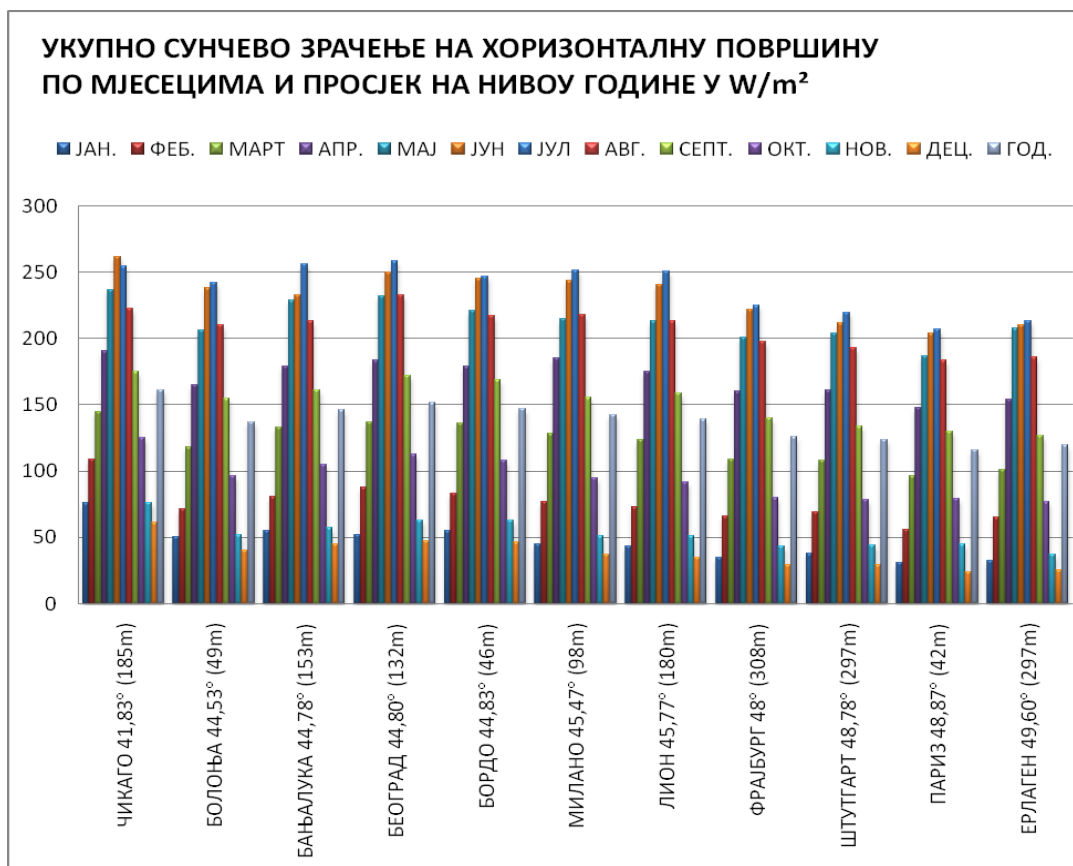


Графикон 14. Упоредни приказ укупног сунчевог зрачења на хоризонталну површину за Бањалуку према Метеонорму и максимално могућег сунчевог зрачења на хоризонталну површину за 45° сјеверне географске ширине у W/m<sup>2</sup>

Упоредњујући укупно сунчево зрачење на хоризонталну површину градова који су на сјеверној географској ширини од 40° до 50° на различитим надморским висинама према Метеонорму према годишњем просјеку Бањалука са укупним сунчевим зрачењем од 146 W/m<sup>2</sup> најприближнија је Бордоу (147 W/m<sup>2</sup>), док Београд (152 W/m<sup>2</sup>) који је према географској ширини и надморској висини најприближнији Бањалуци има годишњи просјек од 152 W/m<sup>2</sup>. Упоредни приказ

<sup>64</sup> Тодоровић, Б., Климатизација, Београд: СМЕИТС, 1998., стр. 39., према подацима из табеле 2.5 Сунчево зрачење на 45° СШ на вертикалне и хоризонталне површине (W/m<sup>2</sup>) гдје су наведени интензитети укупног сунчевог зрачења на хоризонталну и вертикалну површину за сваки мјесец и час од изласка до заласка сунца

показује да градови ближи 40° сјеверне географске ширине имају веће годишње просјечно укупно сунчево зрачење за око 25% него градови за 10° веће географске ширине, али показује и да има изузетака као што је Болоња (137 W/m<sup>2</sup>), која има мању географску ширину од Бањалуке, Београда и Бордоа за око 15'-18', Милана (142 W/m<sup>2</sup>) и Лиона (139 W/m<sup>2</sup>) за око 1°, а ниже просјечно укупно годишње сунчево зрачење (Графикон 15.).



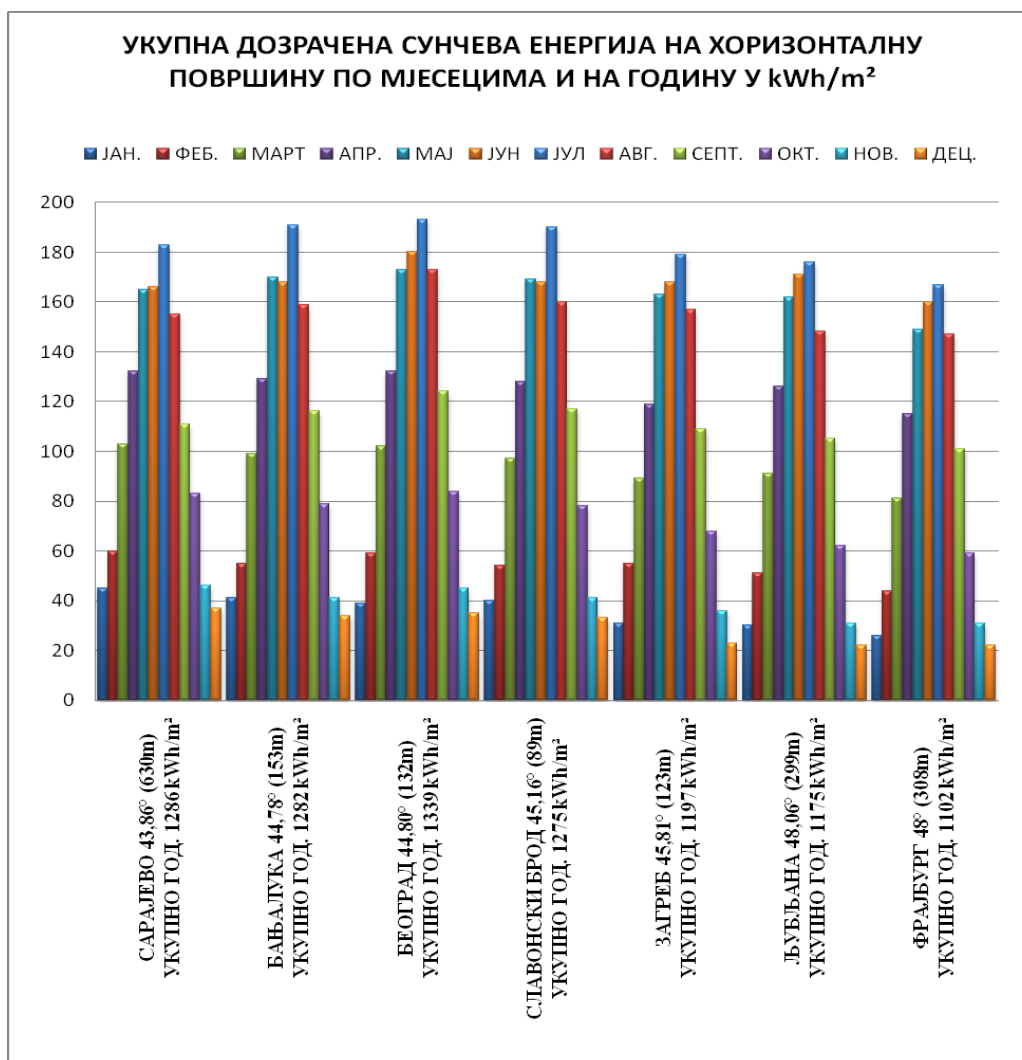
Графикон 15. Упоредни приказ укупног сунчевог зрачења на хоризонталну површину у W/m<sup>2</sup> за Бањалуку и поједине градове према Метеонорму

За лиценцирани програм ENSI EAB најзначајније је укупно сунчево зрачење у зимском (гријном) периоду, које је за ове горе наведене градове који су на скоро истом степену сјеверне географске ширине говоре да Бањалука осим у јануару има по мјесецима просјечно ниже укупно сунчево зрачење него Београд и Бордо, који су ниже надморске висине и за 1'-3' веће географске ширине.

Укупно дозрачена сунчева енергија на хоризонталну површину у kWh/m<sup>2</sup>, према Метеонорму, ако посматрамо Бањалуку у односу на градове у окружењу и град Фрајбург, који је имао највишу укупно дозрачену сунчеву енергију на



годишњем нивоу у приказу анализираних пасивних система примјењених у европској унији, а који су примјењиви на репрезентативне узорке (приказано у поглављу 2.3.1 Енергетска оптимизација омотача транспарентном термоизолацијом као елементом пасивног соларног система), говоре да Бањалука има вишу дозрачену сунчеву енергију од Фрајбурга, Љубљане, Загреба и Славонског Брода. Интересантно је да према Метеонорму Бањалука (1282 kWh/m<sup>2</sup>) има скоро исту дозрачену сунчеву енергију са Сарајевом (1286 kWh/m<sup>2</sup>) и да Београд (1339 kWh/m<sup>2</sup>) у овом упоредном приказу наведених градова има највишу дозрачену сунчеву енергију (Графикон 16.).



Графикон 16. Упоредни приказ укупно дозрачене сунчеве енергије на хоризонталну површину по мјесецима и збирно на нивоу године у kWh/m<sup>2</sup> за Бањалуку и поједине градове према Метеонорму

Подаци који су наведени у Правилнику о техничким захтјевима за топлотну заштиту и рационалну употребу енергије Федерације, говоре да је укупно сунчево зрачење на хоризонталну површину за Сарајево прорачунато и да износи 1137 kWh/m<sup>2</sup>, односно за 12% ниже зрачење него што указује Метеонорм. Одступања су могућа и због различитог узорка у временског периода за одређивање укупно дозрачене сунчеве енергије на хоризонталну површину, јер у овом Правилнику није наведено на основу којег се временског периода извео овај податак, а док у Метеонорму је наведен период од 1981-2000 године. Одступања података Метеонорма са подацима о укупном сунчевом зрачењу на хоризонталну површину за Београд, који према подацима из 2011. године<sup>65</sup> говори о 1351,42 kWh/m<sup>2</sup> (вриједност сунчевог зрачења из Правилника о енергетској ефикасности који се узимају при прорачунима за сва подручја Републике Србије), односно о одступању за 1% већег сунчевог зрачења у односу на Метеонорм, док подаци из 2002. године<sup>66</sup>, који би требали бити приближнији подацима Метеонорма због временског раздобља, говоре о 1446,80 kWh/m<sup>2</sup>, односно за 8% већем сунчевом зрачењу.

Анализирани подаци о сунчевом зрачењу за подручје Бањалуке, могу се подржати и кроз сљедеће климатолошке податке који ће бити описани, а за које Хидрометеоролошки завод Републике Српске посједује податке преко Метеоролошке опсерваторије Бањалука (  $\varphi = 44^{\circ} 47' N$ ,  $\lambda = 17^{\circ} 13' E$ ,  $H = 153m$  ).

#### 4.2 Трајање осунчања и облачност

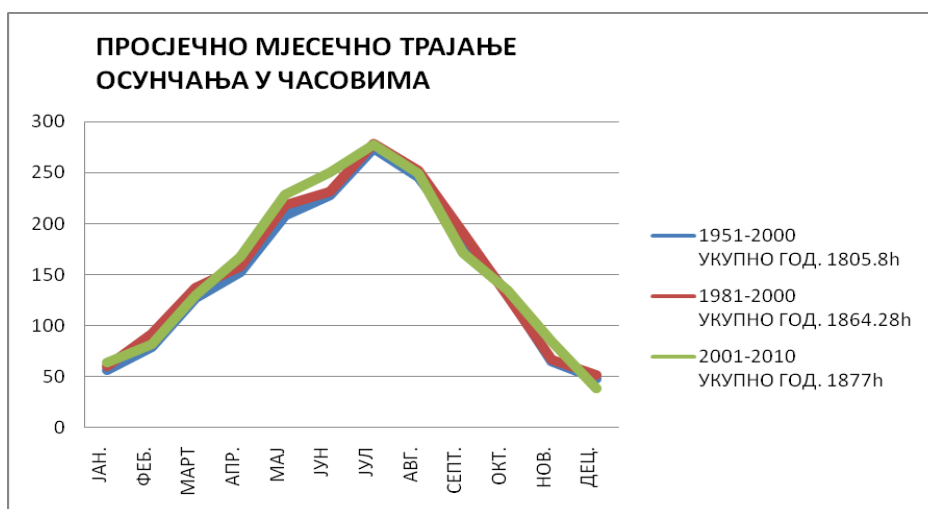
Карактеристике облачности над неким подручјем одражавају се на дужини трајања сијања сунца, а од чега зависи укупно дозрачена сунчева енергија на том подручју.

---

<sup>65</sup>Правилник о енергетској ефикасности зграда Републике Србије, Табела 6.9-Средње суме Сунчевог зрачења и средња мјесечна температура спољног ваздуха и у Тодоровић, М., Богнер М., Денић Н., О изолацији, Београд: Ета, 2012., стр. 120.

<sup>66</sup> Косорић, В., Примена топлотних пријемника сунчеве енергије у циљу унапређења енергетских перформанси зграда у Београду, докторска дисертација, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2009., стр. 39.

Трајање осунчања или просјечне мјесечне количине трајања сијања сунца у часовима за подручје Бањалуке посматрано је кроз три временска низа, периоди од: 1951-2000, 1981-2000 и 2001-2010. године. Временски низ од 50 година од 1951-2000. године говори о просјечном годишњем трајању сијања сунца од 1805,8 часова, док низ од 20 година од 1981-2000. године говори о 1864,28 часова сијања сунца, односно за око 60 часова или за 3% више сијања сунца. Док десетогодишњи период од 2001-2010. године говори о 1877 часова сијања сунца, што је за око 4% више трајања осунчања од периода 1951-2000. године и за мање од 1% више осунчања од периода 1981-2000. године. Ако би посматрали временски низ од 30 година од 1981-2010. године говоримо о трајању осунчања од око 1870 часова (Графикон 17.).

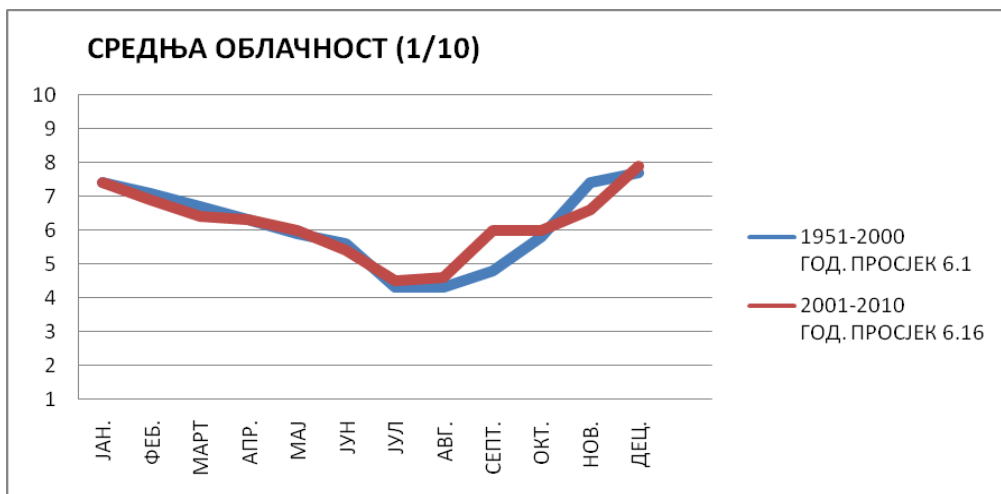


Графикон 17. Упоредни приказ три временска низа просјечног мјесечног трајања осунчања у часовима за подручје Бањалуке према Републичком хидрометеоролошком заводу Републике Српске

Сва три временска низа показују да је трајање сијања сунца најниже у децембру, али посљедњи десетогодишњи период, који има највише просјечно укупно годишње трајање осунчања, указује да је за око 20% ниже трајање осунчања у децембру овог периода у односу на друга два. Период од 2001-2010. године осим у децембру (ниже око 20%) и у септембру (ниже око 10%) биљежи у осталим мјесецима пораст трајања осунчања и до 10%.

Код периода од 1951-2000 и 2001-2010 средња годишња облачност се креће око 6 десетина покривености неба изнад анализираног подручја. У оба периода од

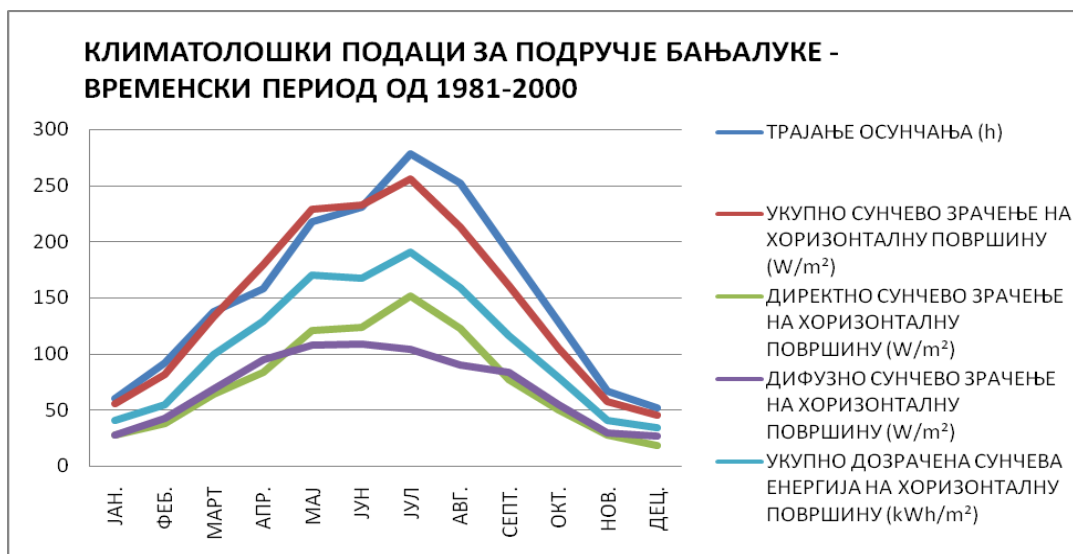
маја до октобра, мјесечна количина облачности је мања од годишњег просјека, али испод 50% била је, код периода од 1951-2000. године, у току јула, августа и септембра, да би у периоду од 2001-2010. године то се десило само у јулу и августу (Графикон 18.).



Графикон 18. Упоредни приказ средње облачности (1/10) у два временска периода за подручје Бањалуке према Републичком хидрометеоролошком заводу Републике Српске

У току зиме (дец., јан. и феб.) у Бањалуци се средња мјесечна облачност посматрајући ова два периода креће од 70 до 80%, па је и већи број тмурних дана (са облачношћу изнад 80%) у овом периоду (у просјеку сваки други дан). У току године, у Бањалуци њихов број достиже просјечне вриједности од 135 дана. Просјечан број ведрих дана (са средњом дневном облачношћу испод 20%) креће се око 61, а јављају се најчешће у јулу, августу и септембру.

Ако упоредимо за подручје Бањалуке, за исти временски период (1981-2000), трајање осунчања, податке који се мјере на подручју Бањалуке са подацима Метеонорма о укупно дозраченој сунчевој енергији на хоризонталну површину и укупно сунчево зрачење на хоризонталну површину, на Графикону 19. видан је исти тренд по мјесецима, нарочито у зимском периоду, који је значајан за предметно истраживање.



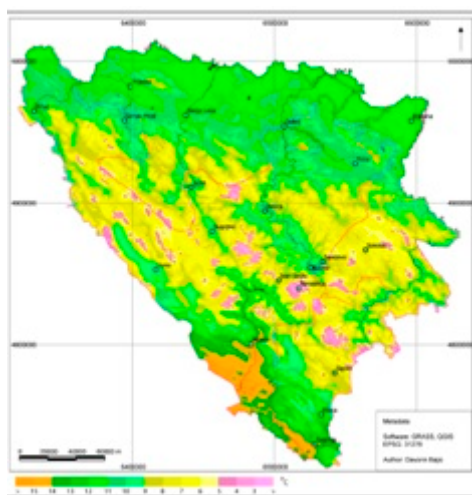
Графикон 19. Упоредни приказ трендова климатолошких података за подручје Бањалуке за временски период од 1981-2000. године (податка о трајању осунчања извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012. и података о сунчевом зрачењу преко лиценцираног софтверског програма Метеонорм)

Карактеристично је за подручје Бањалуке, према Метеонорму, да је у зимском периоду дифузно сунчево зрачење скоро вишег интензитета него директно сунчево зрачење, у јануару је скоро истог интензитета да би најчешће осцилирао  $5 \text{ W/m}^2$ . Упоредни приказ укупно дозрачене сунчеве енергије на хоризонталну површину која има равномјеран тренд раста од фебруара до маја, у односу на трајање осунчања, које има видну осцилација у априлу може се оправдати параметрима односа дифузног и директног зрачења у том мјесецу (дифузно зрачење једино је у априлу више за  $11 \text{ W/m}^2$ ).

#### 4.3 Температура и влажност ваздуха

Климу Републике Српске одређују основни климатски фактори: географски положај, геолошка подлога, рељеф, близина Јадранског мора и покривеност терена биљним свијетом. Поред ових основних фактора, јављају се и додатни екстремни фактори који у знатној мјери утичу на климу у РС. То су струје суптропског појаса, високог ваздушног притиска и субполарног појаса, ниског ваздушног притиска, а све ово има за посљедицу смјену поларних и тропских ваздушних маса. Затим, струје са Атлантика, циклони из Средоземља и Јадранског мора и антициклони из континенталног дијела Азије. Све ове процесе

у великој мјери ремети рељеф који се јавља као главни модификатор. Управо због тога на територији Републике Српске се јављају три основна типа климе: умјерено-континентална, планинска и планиско-котлинска, и медитеранска. Умјерено континентална се јавља на сјеверу, медитеранска на југу, а линијом која раздваја ова два региона налази се простор високих планина, висоравни и клисура у којима, у зависности од надморске висине, доминира планинска клима (Слика 45.).



Слика 45. Просторна дистрибуција средње годишње температуре у БиХ, период 1981-2010. год. (извор: SNC ВиН према UNFCCC драфт верзија август 2012, <http://www.rhmzrs.com>)

Умјерено континентална клима је заступљена на простору сјевера Републике Српске. Мјерне станице које се налазе у овом климатском типу су: Бања Лука, Бијељина, Дервента, Добој, Нови Град, Градишка, Приједор, Србац, Вишеград, Сребреница, Зворник. У овом климатском типу осјећа се и панонски (степски) климатски утицај, због близине Панонске низије. Главне одлике овог типа климе су топла љета и хладне зиме. Љетње температуре могу порасти и преко 40°C, апсолутни максимум је измјерен 2007. год. у Бјељини и у Вишеграду 43°C. Просјечна температура ваздуха у најтоплијем дијелу године (у јулу) је између 20°C и 23°C, док је просјечна температура у најхладнијем дијелу године (у јануару) око нула степени целзијуса. Апсолутни минумуми могу достићи и до -30°C. Просјечна годишња температура је изнад 10°C.<sup>67</sup>

<sup>67</sup> Подаци о клими Републике Српске преузети 09.01.2013. са званичног сајта Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске, <http://www.rhmzrs.com>

Према подацима периода од 1901-1910. године Бањалука се одликује доста изразитим зимама, топлим љетима, знатним колебањима температура и обилнијим падавинама у љетњем периоду.<sup>68</sup> Упоредјујући средње температуре годишњих доба у периоду од 1950-1964. године, Бањалука има умјерену континенталну климу са умјерено хладним зимама и топлим љетом, специфичностима које се јављају под утицајем сусједне Панонске низије и Динарида.<sup>69</sup> За овај период од 1950-1964. године значајан је податак да је у Бањалуци забиљежен апсолутни минимум 5. фебруара 1956. године (-27°C), а да је забиљежен и апсолутни максимум 14. августа 1957. године (41,4°C). Годишњи просјек влажности ваздуха у овом периоду износио је 78%.

Просјечна годишња температура ваздуха за Бањалуку за период 1951-2000. година износила је 10,8°C, за период од 1981-2000 11,1°C, док је у периоду од 2001-2010. године имала просјек од 11,9°C. Подаци Хидрометеоролошког завода Републике Српске указују да је у Бањалуци, упоређујући два десетогодишња периода у размаку од 100 година, просјечна температура порасла у просјеку за 1,1°C (Графикон 20.).

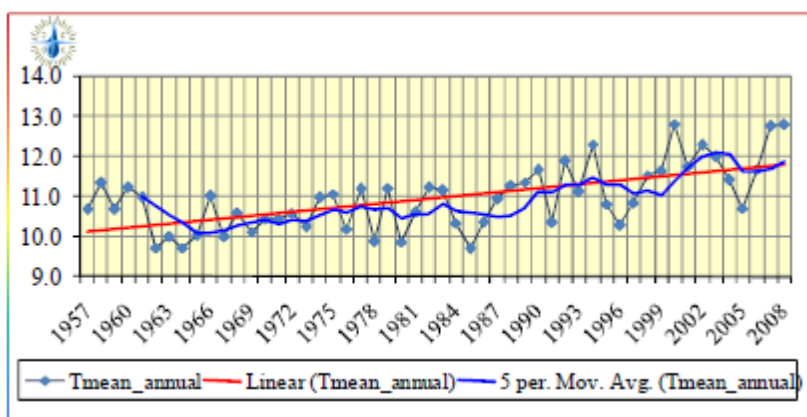


Графикон 20. Упоредни приказ просјечне температуре ваздуха у Бањалуци према десетогодишњем периоду у размаку од сто година (извор: <http://www.rhmzrs.com>)

<sup>68</sup> Вемић, М., О клими Босне и Херцеговине (период од 1901-1910), Зборник радова са III Конгреса географа Југославије, Сарајево, 1954., стр.30.

<sup>69</sup> Смлатић, С., Бањалука, град и његове функције, Сарајево: Свјетлост, 1978., стр. 22-23.

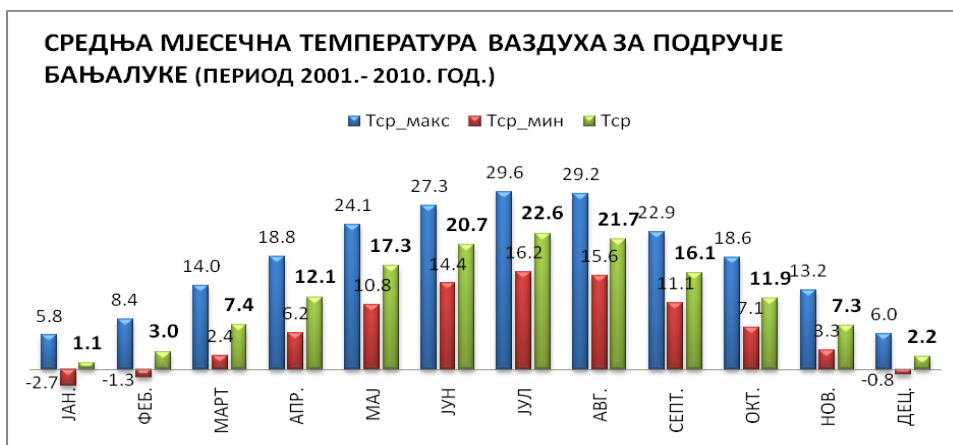
У Првом националном извјештају Босне и Херцеговине о климатским промјенама у поређењу десетогодишњег периода 1990-2000. године у односу са периодом од 1951-1990.године указано је на повећање просјечне годишње температуре у Бањалуци за 1,6°C, што је приказано на графикону Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске (на који указује лого у горњем лијевом углу изнад графикона). Према њиховим анализама највеће повећање температуре десило се након 1990. године и да су на то примарно утицале промјене температуре у сезони љета и зиме (Графикон 21.).



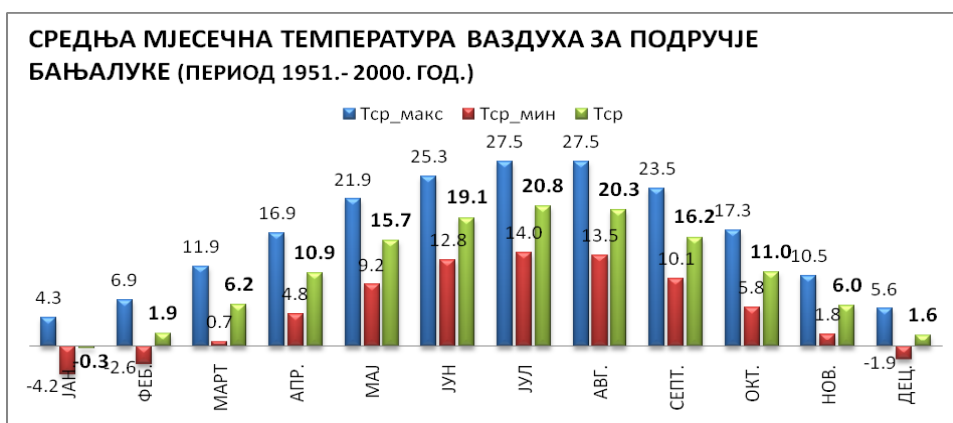
Графикон 21. Просјечна годишња температура у Бањалуци од 1957-2007.године (извор: Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама, стр.43)

Упоређујући период од 2001-2010. године (Графикон 22.) са периодом од 1951-2000. године (Графикон 23.), средња годишња температура ваздуха у Бањалуци је виша за 1,1°C. Анализирајући на нивоу године, по мјесецима, највећа разлика у температури десила се у другој половини прољећа (мај и јун за по 1,6°C) и у љето, у јулу, када биљежи највећу промјену виша је за 1,8°C. У зимским мјесецима, мјесецима гријног периода највећа промјена је у јануару (пораост за 1,4°C).



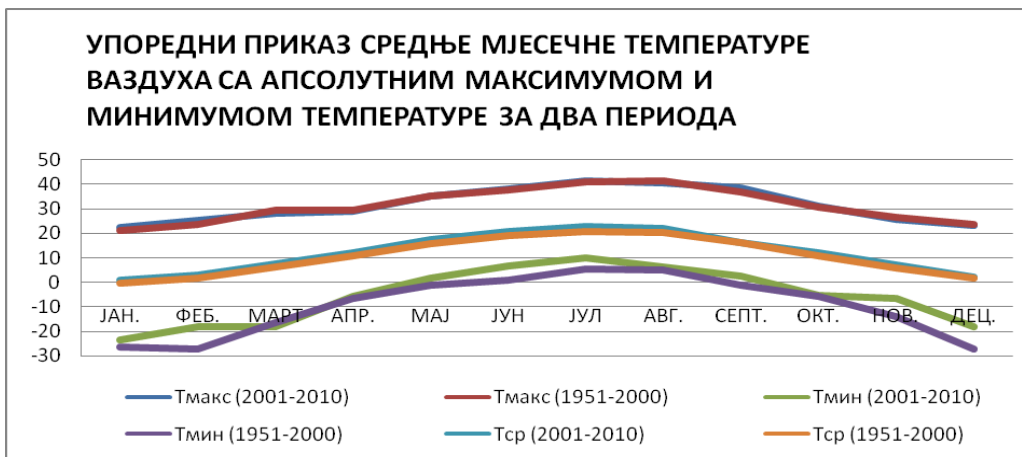


Графикон 22. Упоредни приказ средње мјесечне температуре ваздуха са средњим максимумом и средњим минимумом за подручје Бањалуке (период 2001.-2010. године, извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012.)



Графикон 23. Упоредни приказ средње мјесечне температуре ваздуха са средњим максимумом и средњим минимумом за подручје Бањалуке (период 1951.-2000. године, извор: Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, 2005.)

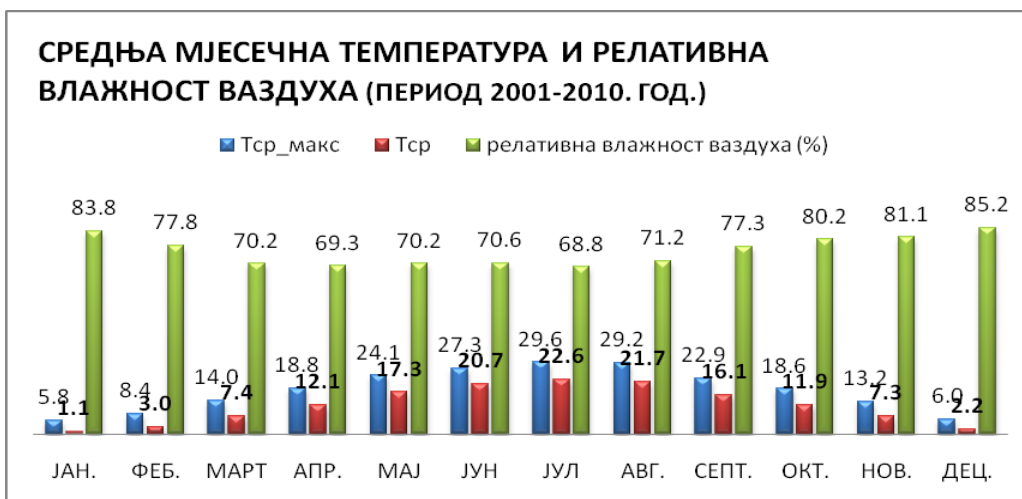
За период од 2001-2010. године значајан је податак да је у Бањалуци забиљежен апсолутни минимум у јануару 2003. године ( $-23,5^{\circ}\text{C}$ ), а да је забиљежен и апсолутни максимум у јулу 2007. године ( $41,4^{\circ}\text{C}$ ). Ако упоредимо период 2001-2010. са периодом од 1951-2000. године, увиђамо највеће промјене код апсолутног температурног минимума. Графикон 24. Годишњи просјек влажности ваздуха у овом периоду износио је 75,5%, у зимском периоду око 80%, да би у љетњем износио око 71%.



Графикон 24. Упоредни приказ параметара температуре за два периода (1951-2000 и 2001-2010) за подручје Бањалуке (извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012. и Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, 2005.)

Сва ова анализа указује да су климатске промјене евидентне и на подручју Бањалуке и да се предметно истраживање треба водити посљедњим десетогодишњим периодом који биљежи пораст температуре ваздуха.

Просјек на годишњем нивоу у глобалу, релативне влажности ваздуха, која износи око 75% и просјечне температуре од близу 12°C, не чини велику влагу, која ће проузроковати појаву плијесни и оморину (Графикон 25.).



Графикон 25. Упоредни приказ параметара температуре и релативне влажности ваздуха за релевантан период од 2001-2010. године за подручје Бањалуке (извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012.)

Просједи по мјесецима, ако посматрамо љетњи период, средња мјесечна температура, која је испод 23°C, и висине релативне влажности ваздуха, која се креће до 71%, указују да нема појаве оморине<sup>70</sup>, док се при средњој максималној температури ваздуха оморина појављује у свим мјесецима, најкритичнији су јул и август због висине температуре ваздуха, и која се на подручју Бањалуке највише осјећа око мирујућег тока ријеке Врбас.

Магла, која је већа у зимском периоду (11 дана у децембру, око 8 дана у октобру, новембру и јануару, 5 дана у септембру и фебруару, 4 дана у марту и априлу) проузрокује, у градском подручју ниже надморске висине до 190m, за 1°C нижу температуру, него у насељима Бањалуке на узвишењима (Старчевица, Побрђе, Бањ брдо, Паприковац и дио Петрићевца). Сви наведени климатолошки параметри који се мјере на подручју Бањалуке, изведени су на мјерној станици на отвореном подручју насеља Буцак (надморска висина 153m). Само параметар температуре ваздуха у граду Бањалука мјери на два отворена подручја, у насељу Буцак и у насељу Бањ брдо (некад Шехитлуци), гдје је висинска разлика око 70m, те према ријечима Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске, температура је просјечно виша за 1-2 степена на Бањ брду, посебно за вријеме магловитих дана.

#### 4.4 Брзина и доминантност вјетрова

У погледу режима вјетра уочава се доминантан утицај локалних орографских препрека како на правац тако и на интензитет вјетра, о чему ће више говора бити у наредним поглављима, која се тичу директно предметних насеља града Бањалука у којима се налазе репрезентативни узорци.

Преовлађујући вјетрови у Бањалуци, у току године, су из сјеверног и западног квадранта, тј. за период од 1951-1985. године преовладавали су сјеверни, сјевер-сјевероисточни и сјеверозападни вјетрови, док су у периоду од 2001-2010. године

---

<sup>70</sup> Пуцар М., Пајевић М. и Јовановић-Поповић М., Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри, Београд: ИП Завет, 1994., стр.14.

преовладавали запад-сјеверозападни, сјевер-сјеверозападни и запад-југозападни вјетрови (Графикон 26.).



Графикон 26. Упоредни приказ просјечне брзине и доминантности вјетрова на подручју Бањалуке за два периода: период од 1951-1985. године (лијево, извор: Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, 2005.) и период од 2001-2010. године (десно, извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, 2012.)

У периоду од 1951-1985. године била је сразмерно висока фреквенција тишина која је показивала да је на овом подручју у току године око 28,5% дана без вјетра, док период од 2001-2010. године биљежи тишине од 4,2%. Највеће просјечне брзине вјетра не прате увијек учесталост праваца вјетрова и за период од 1951-1985. год. кретале су се око 2,9 m/s код југозападних вјетрова, да би у периоду 2001-2010. године највећа просјечна брзина вјетра била забиљежена око 1,5 m/s за јужни вјетар. Подаци од 1985-2000. године говоре да је просјечна брзина вјетра била такође 1,5 m/s и да је у априлу мјесецу била просјечно највиша (1,9 m/s), док период од 2001-2010- године биљежи просјечну брзину вјетра од 1,3 m/s, са највећом просјечном брзином вјетра у мјесецу марту (1,7 m/s).

Брзина вјетра на подручју Бањалуке са просјеком испод 2 m/s не утиче на ефективну температуру урбане средине у зимском и прелазном периоду.<sup>71</sup>

<sup>71</sup> Пуцар М., Пајевић М. и Јовановић-Поповић М., Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри, Београд: ИП Завет, 1994., стр.66.

## 5 АУДИТ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА СА АСПЕКТА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

5.1 Општи подаци о стамбеним блоковима репрезентативних узорака града Бањалука (за аспект енергетске ефикасности)

Просторна структура града Бањалука развијала се у протеклих петстотина година. Природни услови су одувјек детерминисали правце просторног развоја Бањалуке. Град је смјештен у природном амфитеатру који га омеђује јужно, југоисточно и југозападно и усмјерава правац просторног развоја града ка сјеверу, што уједно потенцира ријечни ток Врбаса и главне саобраћајнице усмјерене ка Градишци и Приједору. Град Бањалука има лонгитудиналну – издужену форму у правцу сјевер-југ, у просјеку дужина у правцу сјевер-југ је 20km, док је ширина града, у правцу исток-запад, око 10km. Према Нацрту Урбанистичког плана Бањалуке 2008-2020 из 2009. године укупна површина територије града Бањалука износи 1239km<sup>2</sup>, али само градско насеље Бањалуке<sup>72</sup> износи 88,75km<sup>2</sup> (8875ha) и у 2008. години на овој територији је процјењено да је максимално настањено 166426 становника у 52008 домаћинстава, што чини податак да је просјечна густина насељености градског насеља Бањалуке 18,75 ст/ha (према подацима из Нацрта густина насељености износи 34 ст/ha) и да просјечно домаћинство у Бањалуци има 3,2 члана.

Према подацима из Нацрта, које они заснивају на пописима становништва из 1981. и 1991. године, полна структура становништва је 49% мушкараца и 51% жена, док је просјечна старосна структура за 1981. годину била 30,4 године, док је за 1991. годину 33,8 година.

Кроз свој историјски развој град Бањалука постепеним развојем и територијалним ширењем своје централно подручје је помјерала у правцу сјевера

---

<sup>72</sup>Само градско насеље Бања Лука се састоји од 27 катастарских општина (Бања Лука 1 – 8, Брда, Буцак, Врбања 1 и 2, Вујиновићи, Делибашино Село 1 и 2, Дервиши, Мађир, Новаковићи, Петрићевац 1 и 2, Пресначе, Ребровац 1 и 2, Чесма 1 и 2, Чифлук и Шибови)

и временом је добило ексцентричан положај у односу и на уже и на шире урбано подручје.

За вријеме турске владавине, тачније средином 16. вијека, централно језгро града било је смјештено у јужном дијелу града, насеље Српске топлице (некад Горњи Шехер) и тек за вријеме аустроугарске власти (1878-1918) и Врбаске бановине (1929-1941) добила је урбанистичке одреднице, које и данас чине централно језгро града (потез од Трга Крајине до Трга српских владара - простор који чине зграде са обје стране Улице Веселина Маслеше (некадашња Господска улица), те Градска управа, православна црква и Бански двор).

Насеље Кочићев вијенац налази се на југозападу од ексцентричног положаја данашњег централног дијела града Бањалука (Слика 46). Настало је од два некадашња насеља Бањалуке, Хисета и Чаире, обухвата површину од 69ha<sup>73</sup> и налази се на средини између старог центра града – Горњег Шехера и данашњег центра.

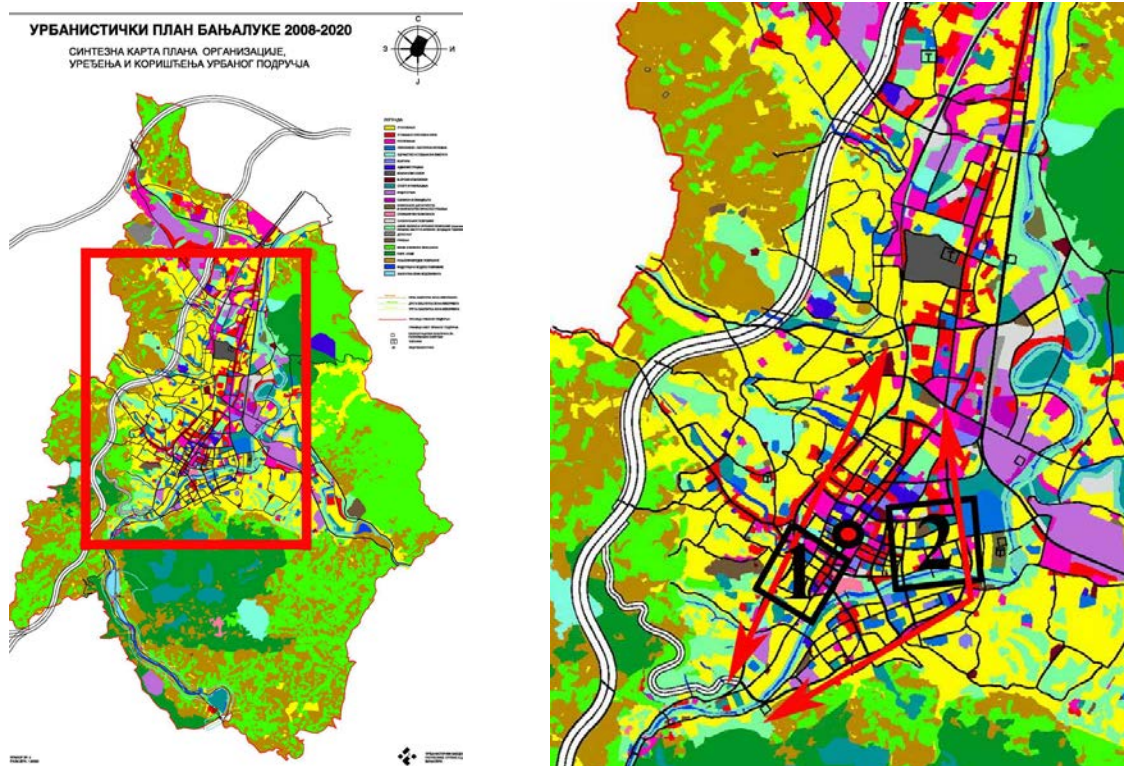
Насеље Борик налази се на истоку од ексцентричног положаја централног градског језгра града Бањалука (Слика 46.). Име је добило по великом засаду борова из аустроугарског периода, које се налази на сјеверу насеља, да би данашњи изглед насеља настао почетком 70-година двадесетог вијека. Обухвата површину од 48,16ha<sup>74</sup> и иако је непосредно уз најужи центар града (три блока удаљен од центра) има одлику сателитског<sup>75</sup> стамбеног насеља. С друге стране насеље Борик чини типичну слику града Бањалуке у смислу протканости урбаног ткива зеленим алејним коридорима.

---

<sup>73</sup> Ревизија регулационог плана „Југ 7“ у Бањалуци, Урбанистички завод Републике Српске, а.д., Бањалука, 2008.

<sup>74</sup> Ревизија регулационог плана стамбеног насеља Борик у Бањалуци, Урбанистички завод Републике Српске, а.д., Бањалука, 2005.

<sup>75</sup> Појам преузет од сателитских градова, што представља урбана насеља која су самостална, али у зависности од ријешења некад су економски и друштвено зависна од града, због запослења становништва. *Урбани дизајн* (Тошковић, 2000.) Сателитска стамбена насеља представљају насеља са претежно стамбеном функцијом („спаваонице“) и самостална су у погледу васпитно-образовних функција, те појединих трговачких, угоститељских, услужних, здравствених и управних дјелатности, док су тијесно повезана, и зависна од осталих урбаних функција града, због радно способног становништва унутар тога насеља.



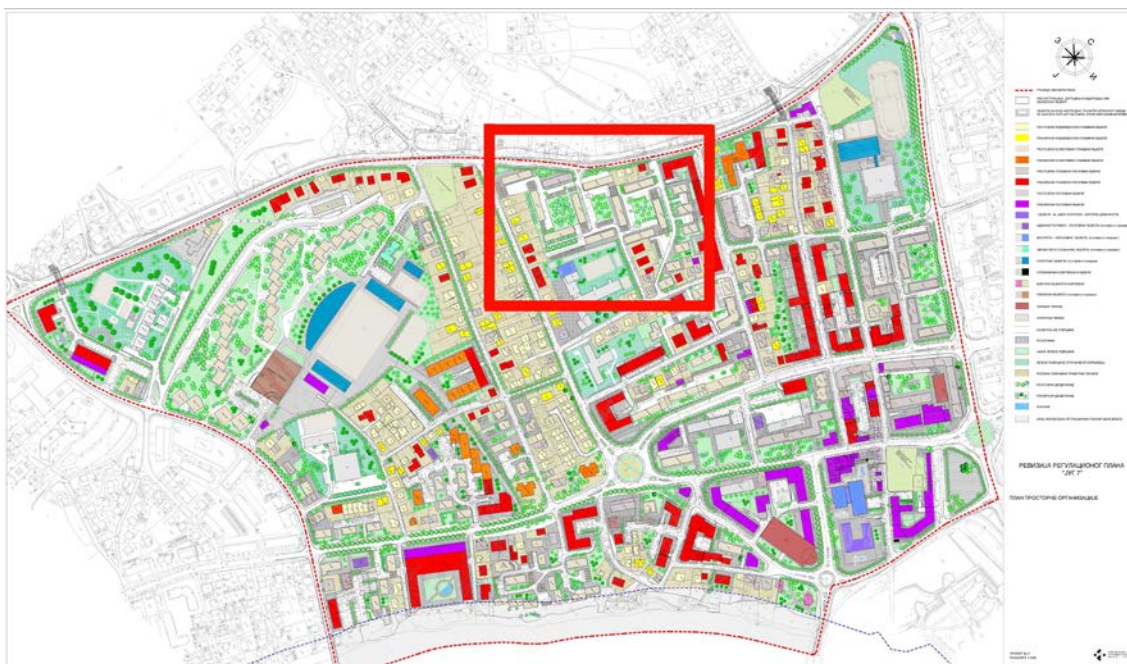
Слика 46. Приказ насеља репрезентативних узоака (1-Кочићев вијенац, 2-Борик) у односу на центар града и западни и источни транзит на Синтезној карти плана организације, уређења и коришћења урбаног подручја у Урбанистичком плану Бањалуке 2008-2020 из 2008. године (документација Урбанистичког завода Републике Српске, а.д., Бањалука)

Топографија насеља Кочићев вијенац је природна заравњена површина, настала тектонским, ерозионим и акумулационим факторима, оивичена околним узвишењима на сјеверозападу и и ријеком Врбас на југоистоку. Терен има благи нагиб од запада ка истоку до сјевероистока, са надморским висинама од 190-163m. Некадашње насеље Хисета је на узвишењу, док су Чаире на потпуно равном тлу.

Сеизмолошки подаци говоре о зони максимално очекиваног интензитета потреса I = VIII степена MSK и коефицијента сеизмичности  $K_s = 0,04$ ; доминантне периоде тла су 0,28 – 0,34 sec и очекиваног просјечног убрзања тла  $140 \text{ m/sec}^2$ .

Насеље је изразито хетерогене структуре (различитих урбаних функција) у којем се највећим дијелом налазе, на сјеверозападном и централном дијелу, стамбене зграде индивидуалног (једнопородичног) и колективног (вишепородичног) становања, типичног за централну стамбену зону са више

типова блокова (Слика 47.). У оквиру овог насеља постоји 2670 станова, са 7019 становника, што говори о густини насељености од 102ст/ха и просјечном домаћинству од 2,6 члана. Према Урбанистичком плану из 1975. године, некадашња насеља Мејдан, Хисета, Чаире и Росуље имала су насељеност од 100-200 ст/ха.



Слика 47. Регулациони план Кочићев вијенац, (лијеви дио Хисета, десно Чаире) доминантно постојеће колективно становање (сива боја) и планиране стамбено-пословне зграде (црвена боја) на Чаирама, означена позиција блока репрезентативног узорка 1 (докуменација Урбанистичког завода Републике Српске, а.д., Бањалука)

На овом подручју заступљен је богат биодиверзитет зелених површина сачињен од јавних зелених површина (дрвореди, паркови и блоковско зеленило), затим зелених површина ограниченог коришћења (зеленило васпитно-образовних установа, спортског терена и сакралних објеката) и приватних дворишта. Систем зелених површина има видне трагове планског озелењавања града још са краја 19-тог вијека. Многе зелене површине, нарочито парковске површине и блоковско зеленило, је запуштено и потребни су реконструктивни захвати.

Топлификациона мрежа са 20 топлотних станица снабдијева ово насеље из градске топлане (смјештене у насељу Борик) топлотном енергијом преко два магистрална вреловода која прелазе преко ријеке Врбас, тачније преко „Градског моста“ и „Зеленог моста“.



Загађење ваздуха у зависности од годишњег доба због гасовитих продуката сагоријевања различитих врста горива проузрокованих саобраћајем (загушења и близина саобраћајнице највишег ранга) и загријавањем индивидуалних кућа (квантитативна мјерења највеће средње мјесечне концентрације за 2005. годину мјерне станице Центар - Бањалука:  $\text{SO}_4$ -33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -II класа, чађ 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -III класа,  $\text{NO}_4$ -28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -II класа,  $\text{CO}$ -1800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -II класа)<sup>76</sup>.

Финансијски аспекти, везани за одржавање и разне интервенције у простору, тичу се вриједности земљишта и власништва, које је на овом простору разноврсно из разлога заступљености свих врста урбаних функција. Нпр. насеље посједује заштићене зграде културно-историјског наслеђа, затим зграде од републичког значаја, а опет посједује и индивидуалне куће. Вриједност земљишта овог насеља може се приказати и чињеницом да припада првој и другој градској зони.<sup>77</sup>

Власништво зграда колективног становања је станара/корисника, односно појединаца који живе унутар стамбених јединица или их изнајмљују другим лицима у сврху становања. Станари/корисници зграде у својим становима, као засебним јединицама, сами рјешавају проблеме везане за одржавање и разне интервенције унутар стана, док одржавање заједничких простора унутар зграде, станари одржавају удружено кроз тзв. заједнице етажних власника.

Насеље Борик налази се у средишњем дијелу града Бањалуке на дијелу простране алувијалне терасне равни. Апсолутне висине природног терена су око 157 до 163 m. Наведени дио алувијалне терасне равни је лијево од ријеке Врбас чије је корито дубоко око 6-7m, а представља главни реципијент површинских и подземних изданских вода алувијалних наслага.

Налази се по Карти сеизмичке рејонизације у зони максимално очекиваног интензитета потреса I = IX степена MSK, коефицијента сеизмичности  $K_s=0,100$ .

У свом средишњем и јужном дијелу насеље је хомогене физичке структуре у погледу намјене (стамбена изградња) и године изградње (настала након

---

<sup>76</sup> Класификација у складу са Одлуком о заштити ваздуха од загађивања на подручју општине Бања Лука ( Сл.гласник општине Бања Лука 13/89 ).

<sup>77</sup> У првој градској зони цијена уређења земљишта и ренте (грађевинска дозвола) која се плаћа граду износила је 2009. године 149,95KM/m<sup>2</sup>, док 2012. износи 171KM/m<sup>2</sup> (87,5EUR/m<sup>2</sup>), док је у другој зони 148KM/m<sup>2</sup> (75,7EUR/m<sup>2</sup>).

земљотреса 1969. године). Стамбена структура у смислу врсте становања је хетерогена, односно заступљено је и индивидуално - куће у низу, двојни објекти, слободностојећи и колективно становање - ламеле, небодери (Слика 48.). У оквиру овог насеља постоји 3541 домаћинство са укупно 9858 становника, што чини густину насељености од 204ст/ха и просјечном броју чланова домаћинства од 2,78. Према Урбанистичком плану из 1975. године, за насеље Борик је наведено да је постигнута густина насељености преко 200ст/ха, али и да је постојећи број становника 12231.



Слика 48. Регулациони план Борик, доминантно постојеће чисто колективно становање (жута боја) и колективно становање са пословањем у приземљу (сиво-ружичаста боја) и планиране стамбено-пословне зграде (црвена боја) и планиране пословне зграде (загасито црвена боја), означена позиција репрезентативног узорка 2 (докуменација Урбанистичког завода Републике Српске, а.д., Бањалука)

Као и у насељу Кочићев вијенац и у насељу Борик су заступљене све врсте зелених површина, само што је у овом насељу карактеристично постојање јаког дрворедног костура дуж значајних саобраћајница (Алеја Светог Саве и Булевар Петра Бојовића) и постојање богатих блоковски површина под зеленилом.

Централним дијелом овог насеља кроз Булевар војводе Живојина Мишића пролази главни магистрални вреловод „Топлана“ – хотел „Босна“, који представља основу за добијање топлотну енергију, енергије за загријавање зграда. У насељу постоји 34 топлотне станице, које задовољавају постојеће капацитете. За нове планиране зграде предвиђено је још 5 ТС (5MW) да би се спојиле на централно даљинско градско гријање. Неопходно је да вреловод има температурни режим 130/73°C и подстанице пројектоване за температурни режим 130/73 - 90/70°C.

Загађење ваздуха у зависности од годишњег доба није значајно оптерећено количином гасовитих продуката сагоријевања различитих врста горива проузрокованих саобраћајем и загријавањем индивидуалних кућа (квантитативна мјерења највеће средње мјесечне концентрације за 2003. годину мјерне станице Центар - Бањалука: SO<sub>4</sub>-22µg/m<sup>3</sup>-I класа, чађ 21 µg/m<sup>3</sup>-II класа, NO<sub>4</sub>-22 µg/m<sup>3</sup>-II класа, СО-1494 µg/m<sup>3</sup>-II класа)<sup>78</sup>. Иако је велика близина градске „Топлане“, два блока источно од насеља, која сагоријева мазут, не угрожава ваздушни комфор насеља Борик, највећим дијелом због доминантности вјетрова у зимском периоду.

Финансијски аспекти, везани за одржавање и разне интервенције у простору, тичу се вриједности земљишта, припада другој градској зони, и власништва, које највећим дијелом тиче се станара, јер насеље чине зграде колективног становања. Станари/корисници зграде у својим становима, као засебним јединицама, сами ријешавају проблеме везане за одржавање и разне интервенције унутар стана, док одржавање заједничких простора унутар зграде, станари одржавају удружено кроз тзв. заједнице етажних власника. Чињеница је и да је у овом насељу масовна присутност разноврсног преграђивања лођа, кроз застакљивање са или без додатне заштите или постављање разних врста заштита без застакљивања (пластичне ролетне, платна).

Станари не смију без сагласности града<sup>79</sup>, мијењати вањски изглед зграде, у оној мјери у којој се првобитан изглед зграде мијења.

---

<sup>78</sup> Класификација у складу са Одлуком о заштити ваздуха од загађивања на подручју општине Бања Лука ( Сл.гласник општине Бања Лука 13/89 ).

<sup>79</sup> У Закону о уређењу простора и грађењу, Сл. гласник Републике Српске 55/10, доступно 18.10.2012. на сајту <http://www.ippc.ba> није наведено конкретно да ли је потребна сагласност у оваквом случају, у члану 49. наведено је да локацијски услови одређују услове за пројектовање и грађење, у члану 52. да се локацијски услови издају за цијелу грађевинску парцелу која је

## 5.2 Енергетски аудит – преглед као еквивалент енергетском сертификавању

Имплементацију Директиве 2002/91/ЕС о енергетским перформансама, односно карактеристикама зграда из 2002. године у пракси Европске уније, прати њена стална надградња и то кроз Директиву из 2006. године гдје се између осталог наводи да је енергетски преглед зграде еквивалент енергетском сертификавању<sup>80</sup> и Директиву 2010/31/EU из 2010. године која проширује обим и захтјеве за енергетском уштедом. Настојања Републике Српске да се полако укључи у активности које су заживјеле у Европској унији, приказана су кроз Стратегију развоја енергетике Републике Српске до 2030. године, која је усвојена у марту 2012. године, те кроз нацрт Закона о енергетској ефикасности који је прихваћен од стране Скупштине Републике Српске у јуну 2013. Пошто је у Републици Српској тек донешен Закон о енергетској ефикасности, а није донешена предметна регулатива, сагледано је какви су нови правилници везани за топлотну заштиту, рационалну употребу енергије и енергетско сертификавање зграда у земљама у окружењу Босне и Херцеговине, као и у самој Босни и Херцеговини, који не важе на подручју Републике Српске. У Федерацији Босне и Херцеговине је од 2010. године на снази Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту и рационалну употребу енергије који је приказан у ПРИЛОГУ Б овог рада, који је идентичан са истоименим праилником Хрватске (Технички пропис о рационалној упораби енергије и топлинској заштити у зградама на снази од септембра 2008. године). На основу тог правилника је у јулу исте године у Федерацији БиХ образован и Правилник о енергетском сертификавању објеката, који је у коализији са Хрватским правилником о енергетском сертификавању зграда из марта 2010. године (Слика 49.).

---

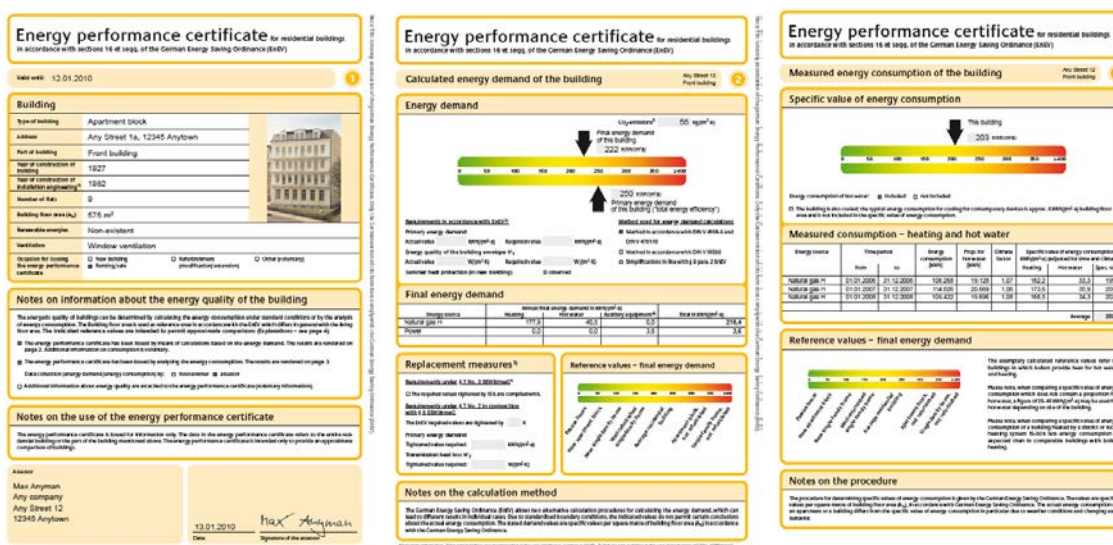
намјењена за изградњу објекта, док у члану 78. је наведено да за радове на одржавању постојећег објекта није потребно одобрење за грађење. Из Одјелења за просторно уређење града Бањалука указују да је за интервенције на згради типа застакљивање лођа, додавање изолације, неопходно одобрење, односно локацијски услови и да ће почети са кажњавањем грађана који су чинили овакве интервенције на згради. Нпр. једино замјена прозора идентичног изгледа је могућа без сагласности, док застакљивање лођа, балкона, затим додавање изолације са спољашње стране зида или свака друга интервенција која се тиче завршног слоја омотача зграде није дозвољена без одобрења града.

<sup>80</sup> „Directive 2006/32/EC of European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC“, *Official Journal of the European Union*, 27.04.2006., L 114/64-85 и EN 15127/2007 - Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for the energy certification of buildings



категорије стамбених зграда и за сваку категорију наведена је максимална дозвољена годишња потребна финална енергија за гријање.

Нејасноће везане за параметар допуштена годишња потребна енергија за гријање у правилницима Федерације БиХ и Хрватске су у томе што није познато да ли је то захтјев за примарном или финалном потребном енергијом. На примјеру Њемачке, на енергетској исказници (пасошу) наводе се израчуната примарна и финална потребна енергија за гријање, загријавање воде и разне потрошаче електричне енергије и измјерена финална потрошња енергије у згради (Слика 51.).



Слика 51. Примјер прве три стране енергетског сертификата за стамбену зграду у Њемачкој, преузето 06.10.2012. са сајта <http://www.zukunft-haus.info/index.php?id=9632>

У правилнику Федерације БиХ у члану 3. тачка 19. наведено је да је енергетски разред зграде индикатор енергетских својстава зграде, а изражен је преко годишње потребне енергије за гријање за референтне климатске податке сведене на јединицу корисне површине зграде  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m²a)]. У правилнику Хрватске у чланку 3. тачка 17. је наведено исто, али да је то за стамбене зграде, док је за нестамбене индикатор изражен преко релативне вриједности годишње потребне топлотне енергије за гријање, да би под тачком 47. било наведено да је то омјер специфичне годишње потребне топлотне енергије за гријање за референтне климатске податке и допуштене специфичне годишње топлотне енергије за гријање  $Q''_{H,nd}$  [(kWh/(m³a))] (исто што и годишња потребна топлотна енергија за гријање по јединици волумена гријаног дијела зграде). Федерација

БиХ која је преузела Технички пропис о рационалној упораби енергије и топлинској заштити у зградама Хрватске није у потпуности преузела правилник о енергетском сертификарању, гдје је дошло до нејасноћа у самим дефиницијама, приказу и висини вриједности индикатора (показатеља) енергетског разреда. Интересантно је да је висина вриједности (финалне или коришћене специфичне потрошње енергије за гријање<sup>82</sup>) енергетских разреда у Хрватској и Србији идентична (нпр. разред  $B \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ,  $C \leq 100 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ), док је код Федерације БиХ виша (нпр. разред  $B \leq 95 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ,  $C \leq 135 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ).

Стварна (тренутна) и пројектна потрошња енергије за гријање у постојећим зградама, може се доказати кроз детаљни енергетски преглед – аудит зграде, који мора бити спровођен од стране стручних сертификованих лица инжењера свих техничких струка које иначе учествују у стварању техничке документације при пројектовању зграда, као што су инжењери архитектуре<sup>83</sup>, грађевине, машинства и електротехнике. Енергетски преглед зграде, осим прорачуна специфичне потрошње енергије за гријање, садржи и профитабилне мјере за побољшање енергетске ефикасности зграде. Енергетски ефикасне мјере које се најчешће предлажу тичу се највише унапређења омотача постојеће зграде, затим система климатизације, гријања и хлађења, као и система који непосредно троше електричну енергију, као што су систем расвјете и систем загријавања воде, те уређаји (апарати) које постојећа зграда посједује. Нити једна од ових мјера када их посматрамо са стручног становишта не може се разријешити без мултидисциплинарног приступа и процјене свих горе наведених техничких струка, из разлога што унапређење, односно промјена омотача, који чини скоро сав изглед зграде највише се тиче архитектонске струке, али он аутоматски мијења и све остале системе унутар зграде који троше топлотну и електричну енергију, који се односе на струку машинства и електротехнике. Све веће

---

<sup>82</sup> Према ENI-ју (Energy Saving International AS) финална или коришћена специфична годишња потрошња енергије за гријање зграде је потребна енергија за гријање зграде заједно са ефикасношћу система гријања и енергетски сертификат приказује финалну (коришћену) пројектну специфичну годишњу потрошњу енергије за гријање зграде.

<sup>83</sup> У Републици Српској још увијек нема Агенције основане од стране надлежног Министарства, које би се бавило пословима утврђивања начина и метода, као и издавања овлаштења за провођење енергетских прегледа зграда. Аутор посједује од 2009. године сертификат за енергетски преглед зграда и од 2010. године сертификат за предавача методологије за енергетски преглед зграда, добијен од стране норвешке агенције ENI (Energy Saving International AS).

промијене на згради, тичу се и струке грађевине, из разлога статике конструкције зграде.

Прије почетка провођења енергетског прегледа зграде, неопходно је прикупити опште и техничке податке о локацији и згради. Редослијед општих и техничких података, који су неопходни за израчунавање специфичне потрошње енергије за гријање, које је могуће испратити у свим горе наведеним правилницима који се тичу енергетске ефикасности или рационалне употребе енергије и које обично садржава извјештај о енергетском прегледу зграде, су:

- општи подаци о згради, подаци о локацији, климатски подаци, подаци о усклађености пројекта изведеног стања са главним пројектом на основу које је зграда изграђена,

- техничке карактеристике зграде, изведене из техничке документације и/или мјерењем: функционалне и геометријске карактеристике зграде (габарит, спратност, фактор облика), те примјењена конструкција и материјализација омотача (анализа топлотних карактеристика), уграђени системи климатизације, гријања и хлађења (анализа енергетским својствима система), затим систем електроинсталација и расвјете (анализа свих потрошача електричне енергије), управљање техничким системима и праћење потрошње енергије (одржавање зграде и понашање корисника), употреба и учешће обновљивих извора енергије, могућности промијене извора енергије,

- приједлог мјера за побољшање енергетских својстава зграде, које су економски оправдане.

У овом раду биће приказани подаци који су неопходни за лиценцирани програм ENSI EAB Software из Норвешке. Рачунски алгоритам овог програма заснован је на стандарду за израчунавање потребне енергије за гријање/хлађење ISO 13790:2008, који подржава стандард за прорачун гријног оптерећења EN 12831:2003<sup>84</sup> и стандард за прорачун трансмисионих и вентилационих

---

<sup>84</sup> Стандард који се користи у Европској унији за прорачун гријног оптерећења, преузето 10.10.2012. са сајта <http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/Standards>. Према подацима из пројекта Европске уније „Enquiry Analysis of the CEN-standards on Heating Systems and Domestic Hot water. Recommendations“ из марта 2010. године скоро сви софтверски програми су засновани на стандардима EN 12831 и EN 13790, преузето 10.10.2012. са сајта [http://www.iee-cense.eu/upload/sites/ieecense/wp4/4.3/cense\\_wp4.3\\_n01\\_report\\_](http://www.iee-cense.eu/upload/sites/ieecense/wp4/4.3/cense_wp4.3_n01_report_)



кофицијената пролаза топлоте EN ISO 13789:2007, затим стандард прорачуна енергије која се стварно користи у згради EN ISO 15603, који је подржан стандардима који израчунавају испоручену енергију кроз ефикасност система гријања (емисиона, дистрибутивна, аутоматска регулација, ефикасност генератора) EN 15316:2007, енергије за припрему санитарне топле воде EN 15316-3:2007, за систем вентилације EN 15243, за систем расвјете EN 15193:2007 и за утицај на потрошњу енергије техничким управљањем зграде и контролом (праћењем) потрошње енергије EN 15232:2007.

Општи и технички подаци, које је неопходно правилно образовати (за све климатске зоне и за све врсте/типове зграда), јер су то параметри који се фиксно уносе преко постојећих датотека програма и не могу се мијењати из самог програма, везани за изградњу зграде (локација, стандарди и понашање корисника), а који непосредно служе да би се израчунала специфична потрошња енергије за гријање, као и укупна потрошња енергије за зграду уз помоћ лиценцираног програма ENSI EAB Software из Норвешке су:

- климатски подаци локације (средња просјечна температура ваздуха по мјесецима, сунчева инсолација по странама свијета (сјевер, исток, запад, југ) и хоризонтали, спољна пројектна температура, почетак и крај сезоне гријања-тачан дан и мјесец),

- референти подаци зграде (у односу на врсту/тип зграде подаци из старих и/или нових стандарда<sup>85</sup> који су на снази да би се испројектовао: систем климатизације, гријања и хлађења, затим систем потрошње топле воде, систем расвјете, вентилатори и пумпе, те разни искористиви и неискористиви уређаји,

---

feedback\_on\_heating\_and\_hotwater\_2010.03.16\_public.pdf. Стандард EN 12831 није уведен у Правилнике о енергетској ефикасности Србије. Енергетски институт Хрвоје Пожар из Хрватске овај стандард спомиње за рачунарске програме и методологију прорачуна губитка топлоте, а у Правилнику из 2008. се не спомиње, да би у Методологији провођења енергетских прегледа зграда из 2009. године наведено да се према овом стандарду пројектује унутрашња температура у сезони гријања. Стандард EN 12831 се спомиње у Правилнику Словеније, на начин да се може користити за прорачун топлотне снаге потребне за гријање (зона), али и да се могу користити и друге еквивалентне и признате рачунске методе, преузето 10.10.2012. са сајта [http://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2009-077-03362-OB~P005-0000.PDF](http://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-077-03362-OB~P005-0000.PDF)

<sup>85</sup>Лиценцирани програм ENSI EAB Software је тако осмишљен да се могу унијети, између осталог, подаци стандарда који су били на снази, те подаци из нових стандарда који су тренутно у земљама у окружењу или нпр. у Федерацији БиХ или нови стандарди који су неопходни у Републици Српској, јер програм осим израчунавања потребне и кориштене енергије за гријање, показује и колика би потрошња енергије за гријање требала бити према старом и/или новом стандарду у односу на врсту/тип зграде.

присутност особа у сатима по дану – радним данима, суботом и недјељом, гријање простора у сатима по дану, одавање топлоте по особи, топлотни капацитет у зависности од конструкције и материјализације зграде- акумулативност топлоте, те просјечан однос компактности (фактор облика) зграде у односу на присутност зграда исте намјене, габарита и спратности),

- подаци о празницима (у односу на врсту/тип зграде број нерадних дана по мјесецима).

Технички подаци саме зграде, који се израчунавају преко стандарда<sup>86</sup> (параметри који се могу мијењати у самом програму) неопходни за израчунавање специфичне потрошње енергије за гријање, као и укупне потрошње енергије за зграду уз помоћ лиценцираног програма ENSI EAB Software из Норвешке су:

- појединачне површине зидова у зависности према вриједности коефицијента пролаза топлоте (U-коефицијента) и странама свијета (сјевер, сјевероисток, исток, југоисток, југ, југозапад, запад, сјеверозапад), након чега програм сам израчунава колике су укупне површине зидова и њихов просјечан U-коефицијент у односу на стране свијета,

- површине прозора према вриједности U-коефицијента и коефицијента директне трансмисије енергије или фактор дотока од сунца (g-коефицијента) према странама свијета, које се могу уносити према укупној површини свих прозора или према површини типског прозора (исте величине и топлотних карактеристика) када се мора навести и број комада, након чега програм сам израчунава колика је укупна површина прозора, и њему еквивалентан U-

---

<sup>86</sup> EN 12831:2003 - Heating system in buildings – Method for calculation of the design heat load, за прорачун површина грађевинских елемената који чине омотач зграде

EN ISO 6946:2007 Building components and building elements- Thermal resistance and thermal transmittance- Calculation method, за прорачун нетранспарентних дијелова фасадних зидова и крова, ISO 10077-1:2006 Thermal performance of windows, doors and shutters, Calculation of thermal transmittance, Part 1-General, за прорачун прозора, балконских врата, односно стакла, оквира и ролетни

ISO 10211:2007 Thermal bridges in building construction –Heat flows and surface temperatures— Detailed calculations, или повећање U-коефицијента за 10-20%, што подржавају правилници Хрватске, Федерације БиХ и Србије, наводећи да се усваја  $\Delta U_{tm}=0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

EN ISO 13370 Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods, за прорачун кориштен алат ENSI-ја, под називом U-floor excel tool ENSI

ISO 13790:2008 Thermal performance of buildings-Calculation of energy use for heating, за прорачун енергије која секористи у згради, те за g-коефицијент и додатно засјенчење Fsh.gl

коэффициент и доток енергије од сунца - g коэффициент, у односу на стране свијета,

- површине кровних равни према вриједности U-коэффициента и кровних прозора (површине, U-коэффициента, g-коэффициента и нагиба према шест страна свијета: сјевер, исток, југ, запад, сјевероисток/сјеверозапад и југоисток/југозапад), након чега програм израчунава укупну површину и њима еквивалентне коэффициенте,

- површине пода и њима припадајуће вриједности U-коэффициента, након чега програм израчунава укупну површину и њему еквивалентан U-коэффициент.

Параметри U-коэффициента свих наведених површина је неопходно израчунати, мјерење је могуће само одређених тачака, које би могле утицати на вриједности коначних прорачуна.

Након уношења ових параметара програм израчунава колика је гријана/хлађена површина зграде и гријани/хлађени волумен, затим укупне површине зидова, прозора – застакљених површина, крова и пода, те њихови припадајући просјечни U-коэффициенти, као и просјечни g-коэффициент застакљених површина те фактор облика зграде (однос компактности) и фактор прозора (однос између површине прозора-са оквирима и гријане/хлађене површине).

Остали технички подаци неопходни за израчунавање специфичне потрошње енергије за гријање, а који се усвајају или израчунавају преко стандарда<sup>87</sup> и уносе у програм су:

- топлотни капацитет (преузима се из важећег стандарда),
- одавање топлоте по особи по једници површине (параметар који се уноси у зависности од активности особе (преузима се из важећег стандарда) унутар одређене врсте/типа зграде и броја особа по једници гријане површине)

---

<sup>87</sup> ISO 13790:2008 поглавље 12.3.1.2 Heat capacity, дефинисане вриједности према тежини конструкције, или EN 15603:2008 Energy performance of buildings – overall energy use and definition of energy ratings, Annex A, дефинисане вриједности према типологији зграда (материјализацији конструкције, унутрашње облоге и величини просторије)

ISO 7933:2004 Ergonomic of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain, Annex C, Metabolic rate, Table C.1, класификација просјечног одавања топлоте особе при различитим активностима модификованим према ISO 7243

ISO 13789:2007 Thermal performance of buildings—Transmissions and ventilation of heat transfer coefficients—Calculation method, Annex C (informative) Ventilation airflow rates, за претпостављање параметра инфилтрације

- распоред заузетости (присутности особа) и гријања у сатима по дану (ако се параметри разликују од оних предвиђених стандардом и унешених у програм могу се мијењати),

- просјечна природна инфилтрација ваздуха кроз незаптивене пропусте на фасади у сезони гријања, односно број измјена ваздуха у просторији по сату, која осим заптивености и понашања корисника (отварање прозора), највише зависи од вањског окружења зграде и брзини вјетра (ако се не изврши мјерење ваздухопропусности, параметар се претпоставља из важећих стандарда),

- измјерена температура у просторији у току гријања и преко ноћи или у периоду када се просторија не загријава,

Осим ових горе наведених параметара, на висину потребне енергије за гријање у згради, утичу још и допринос од система вентилације, расвјете и разне опреме/апарата, који су потрошачи електричне енергије.

Ако зграда посједује вјештачку вентилацију:

- уносе се параметри система вентилације: вријеме рада система вентилације у сатима по седмици, специфичан проток ваздуха – однос између брзине вентилације и запремине вентилираног простора (мјерен или пројектован), просјечна улазна температура ваздуха у сезони гријања (допринос гријању - у случају да је ова температура нижа од температуре просторије увећати ће се потребна енергија за гријање да би се покрила разлика топлотног биланса у згради), затим поврат топлоте (ефикасност измјењивача топлоте у систему вентилације), затим параметри ефикасности система вентилације (емисиона, дистрибутивна, генератора топлоте, аутоматска регулација), да ли се систем посједује овлаживач ваздуха (ако посједује, за 40-50% се повећава потрошња коришћене енергије у систему вентилације), и параметар ефикасности техничког управљања зградом и праћењем потрошње енергије за систем вентилације,

За систем расвјете неопходно је унијети параметре:

- вријеме рада у сатима по седмици (ови параметри могу бити дефинисани стандардом земље и чак, у зависности од врсте/типа зграде могу бити једнаки распореду заузетости, односно присутности особа у згради),

- просјечна снага (снага свих јединица расвјетних тијела по јединици површине).

За систем осталих потрошача електричне енергије (искористивих – уређаји који производе топлоту и тиме утичу на топлотни биланс зграде, нпр. рачунар и неискористивих) потребно је унијети такође исте параметре као за систем расвјете:

- вријеме рада у сатима по седмици (ови параметри могу бити дефинисани стандардом земље и чак, у зависности од врсте/типа зграде, могу бити једнаки распореду заузетости, односно присутности особа у згради, или једнаки раду система расвјете или гријања<sup>88</sup>),

- просјечна снага (снага свих уређаја/опреме по једници површине).

Након ових уведених параметара програм израчунава потребну енергију за гријање у згради. Потребна енергија за гријање није исто што и специфична потрошња енергије за гријање, јединица којом се мјери енергетска ефикасност зграде, већ коришћена енергија (према ENSI-ју), коју програм израчунава након уношења сљедећих параметара везаних за ефикасност система гријања и који се израчунавају горе наведеним стандардима:

- емисиона ефикасност<sup>89</sup> (топлотни губици у зависности од положаја гријних тијела, ако температура просторије промјењива, регулација у гријном тијелу),

- дистрибутивна ефикасност<sup>90</sup> (неискористиви топлотни губици у дистрибутивном систему гријања, цурење воде из вентила и цијеви),

- аутоматска регулација<sup>91</sup> (у зависности од система гријања регулација према спољној температури ваздуха, најнеефикаснија аутоматска регулација за зграду је централна регулација у градској топлани),

- техничко управљање зградом и праћење потрошње енергије у згради<sup>92</sup> (у зградама гдје не постоји овакав систем управљања и праћења потрошње, процјењује се смањена ефикасност за 10-15%) и

---

<sup>88</sup> У норвешком стандарду из 2007. године према врсти/типу зграда разврстано је вријеме рада по сатима, данима у седмици и седмицама за систем гријања, систем расвјете, опрему, систем вентилације и распоред заузетости (присутности особа), гдје су идентични параметри за гријање, расвјету и вентилацију.

<sup>89</sup> Стандард EN ISO 15603, за прорачун кориштен алат ENSI-ја, под називом Emission efficiency excel tool ENSI

<sup>90</sup> Стандард EN ISO 15603, за прорачун кориштен алат ENSI-ја, под називом Distribution efficiency excel tool ENSI

<sup>91</sup> Стандард EN ISO 15603, према ENSI-ју за најнеефикаснију 90% (нпр. регулација централног градског гријања) до најеефикасније 100% (локалне регулације у самој згради са подјелом на топлотне зоне)

- ефикасност генератора топлоте<sup>93</sup> (просјечна ефикасност се процјењује на који начин се производи топлота – котлоу (у зависности од енергента од 50-99%) или градско централно гријање (100%) и простор гдје су смјештене инсталације).

Програма ENSI EAB Software осим што израчунава кориштену енергију за гријање у згради, израчунава и укупну потрошњу енергије за зграду, када је неопходно унијети и параметре везане за систем хлађења зграде, загријавање потрошне топле воде, ако су ови системи посебни, односно нису засновани на потрошњи електричне енергије (на примјер електрични бојлери, уносе се у систем потрошача електричне енергије као опрема/уређаји), као и вентилатори и пумпе, који нису потрошачи електричне енергије и систем вањске расвјете и опреме, ако их зграда посједује, који утичу на потрошњу укупне енергије, али не и енергије за гријање зграде.

Општи и поједини технички подаци могу се добити из разговора са власником и/или станарима зграде, затим од стране надлежних комуналних служби које испоручују кориштену врсту енергије, док се већина важних података, на основу којих је могуће претпоставити и израчунати све елементе који утичу на потрошњу енергије за гријање у згради, налази у постојећој техничкој документацији зграде, која ја заснована на стандардима периода када је зграда изграђена.

Енергетски преглед зграде сагледава се кроз постојећу техничку документацију, која се на лицу мјеста, на терену упоређује са стварним стањем зграде. С обзиром да је у пракси чест случај непостојања техничке документације, или да ова документација не одговара стварном изведеном стању (могућа појава накнадних измјена на зградама приликом грађења или након завршетка радова, појава елементарних непогода након којих су вршени већи захвати на обнови и санацији зграда), или када постоји оправдана сумња у тачност ових података (пројектна документација приказује потрошњу енергије која је била предвиђена стандардом периода из којег зграда потиче, што није тренутно (актуелно) стање из разлога што је технички вијек грађевинских елемената, материјала и инсталационе опреме ограничен), неопходно је провођење мјерења. Мјерења ће

---

<sup>92</sup> Стандард EN 15232:2007, изведена класификација према најмени зграда и техничким управљањем зграда, најлошија класа Д за стамбене зграде за топлотну енергију износи 90%, референтна је класа Ц која износи 100% за зграде, класа Б 112% и класа А 119%.

<sup>93</sup> Стандард EN ISO 15603, према ENSI-ју за котлове на гас 83-98%, за котлове на лож уље 50-91%, за електричне котлове 99%, за централно градско гријање 100%

дати увид колики је ниво извршених измјена или непостојања материјала или деградације материјала и система у односу на техничку документацију. Вршење ових контрола, односно мјерења на самом терену је битно из разлога уношења тачних улазних параметара неопходних за прорачун топлотних карактеристика елемената вањског омотача зграде и техничких карактеристика енергетских система унутар зграде.

Методe мјерења нису обавезујуће у правилницима о енергетском прегледу зграда –аудиту, као еквиваленту енергетског сертификовања зграда, већ се допушта провођење мјерења топлотних губитака кориштењем инфрацрвене термографије, мјерење вјетронепропусности, мјерење отпора пролазу топлоте, као и мјерење губитака у системима гријања, хлађења, климатизације и вентилације. У правилнику Србије у члану 11. под тачком 4) наведено је да енергетски преглед обухвата и мјерења за утврђивање енергетског стања и/или својства зграде, када се до података не може доћи на други начин. У правилнику Хрватске у чланку 26. који се тиче енергетског прегледа зграде, између осталог под тачком 7. да се у енергетски преглед зграда укључују и потребна мјерења, гдје је то нужно за установљавање енергетског стања и/или својства.

Свака постојећа зграда, иако била типска у мноштву истих зграда (исте топлотне карактеристике омотача зграде, фактор облика зграде, фактор прозора), својом позицијом, због свих природних и вјештачких утицаја које је окружују (одрживост насеља/блока) и понашањем корисника, утицаја унутар ње (управљање и одржавање зграде и свих система инсталација) са освртом на енергетску ефикасност, односно при одређивању специфичне потрошње енергије за гријање зграде и проналажење најадекватнијих енергетски ефикасних мјера да би се смањила та потрошња, кроз енергетски аудит - преглед, са научног и стручног становишта чини јединствен примјер. При енергетском прегледу постојећих зграда неопходна је горе наведена мултидисциплинарна анализа свих струка које иначе учествују у пројектовању нових зграда.<sup>94</sup>

---

<sup>94</sup> У Европској унији, те у земљама у окружењу које су увеле закон о енергетској ефикасности, лице које врши енергетски аудит може бити лиценцирани инжењер (архитектуре, грађевинарства, машинства или електротехнике) овлашћен од стране надлежног Министарства који је прошао програм оспособљавања/обуке за провођење енергетских прегледа и енергетског серификовања зграда и програм обавезног усавршавања за већ овлашћена лица.

### 5.3 Енергетски аудит стамбене зграде градње послје Другог свјетског рата – Узорак 1 – насеље Кочићев вијенац

#### 5.3.1 Насеље Кочићев вијенац са освртом на стамбени блок репрезентативног узорка – урбанистички параметри релевантни за енергетску ефикасност Узорка 1

Није могуће измјерити све показатеље енергетске ефикасности, које се тичу климатских карактеристика на нивоу насеља, већ само констатовати и описати у коликој мјери утичу сви постојећи параметри. Параметар сунчевог зрачења на нивоу насеља не може бити измјерен, не мјери се ни на нивоу града, то је параметар за који је наведено на који је начин добијено за град Бањалуку у поглављу 4 Климатске карактеристике града Бањалука, али могуће је описати параметре који утичу на биоклиматске карактеристике насеља. Параметар инсолације - осунчаности, који се мјери у глобалу на нивоу града, у овом насељу сагледан је кроз топографију, изграђеност насеља и постојање зелених површина (дрвећа), видјети поглавље 5.1. Насеље је разнолико по свим овим параметрима и чини да је највећа инсолација насеља на југозападном узвишеном дијелу насеља (дио Хисета), а најнижа у источном дијелу насеља, дијелу које има најгушћу изграђеност и најближе је центру града.

За блок репрезентативног узорка (осим колективног становања садржи и индивидуалне куће и школу), који се налази у средишњем дијелу насеља (Слика 47., стр. 137.) карактеристичан је проценат изграђености земљишта око 18%. Дио блока од око 6ha, са просјечном надморском висином 172m (на западу 175m док је на истоку 169m), под чистим колективним становањем, отвореног типа градње (на 2ha, 11 типских зграда габарита 42x10m, оријентације седам зграда сјевероисток-југозапад и четири сјеверозапад-југоисток), има проценат изграђености од 22,5% и коефицијент коришћења земљишта од 1,1.<sup>95</sup> Композиција зграда са ритмичним смицањем за 10m око три правоугаоне зелене површине димензија 60x42m (површине парковског типа - клупе за сједење, листопадно дрвеће и ниско

<sup>95</sup> У чисто стамбеним комплексима коефицијент коришћења земљишта ни би требао прелазити 1, док површине под зградама могу износити највише 30%, *Урбани дизајн* (Тошковић, 2000.)



растиње), спратности П+4, својом позицијом једна другој нарушавају инсолацију у зимском периоду. У зависности од оријентације и позиције у оваквој композицији зграде имају различито осунчање (композиција у којој једна зграда другој прави сјенку).

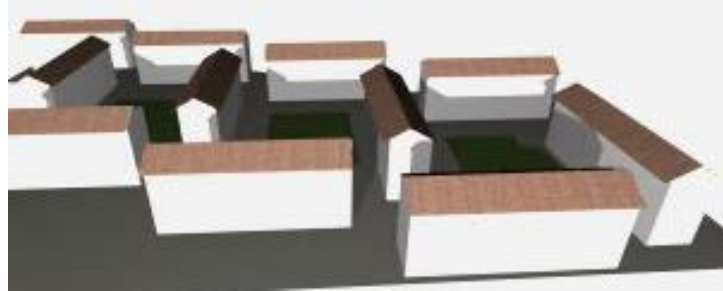
У зимском периоду (22. децембар)<sup>96</sup> најкритичније су четири унутрашње зграде код којих једна цијела подужна улазна фасада није осунчана цијели дан, док код те исте три зграде 15% је заклоњено<sup>97</sup> (једна зграда 50%, остале три 65%) затим три зграде у западном дијелу блока код којих у 12 сати у зимском солистицију 55%<sup>98</sup> зграде није осунчано, да би остале четири зграде биле заклоњене 40% са своје подужне сјеверозападне стране. Поједине просторије у овим зградама са аспекта хигијенских норматива нису довољно осунчане, док са аспекта енергетске ефикасности око 20% зграде (последња етажа) би се могла енергетски оптимизовати пасивним коришћењем сунчевог зрачења (Слика 52а, 52б и 52в.).

---

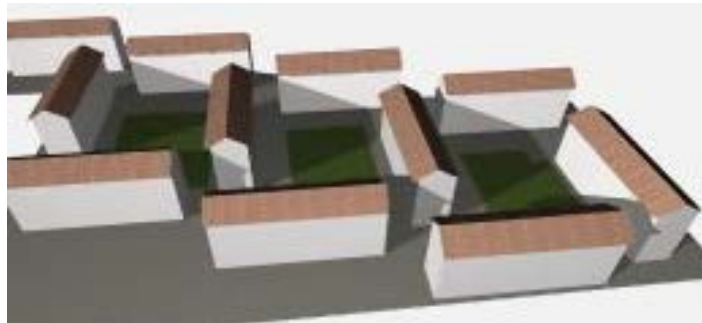
<sup>96</sup> За 45°сјеверне географске ширине, ујутро у 9 часова висина сунца 10° и азимут сунца 139°, у подне у 12 часова висина сунца 21° и азимут сунца 180° и по подне у 15 часова висина сунца 10° и азимут сунца 221°, *Климатизација* (Годоровић, 1998.)

<sup>97</sup> Заклоњеност зграде, односно осунчаност зграде са аспекта енергетске ефикасности односи се на период од мин. 5 сати осунчаности, док са хигијенског аспекта односи се на период од мин. 2 сата, *Биоклиматско планирање и пројектовање* (Пуцар и др., 1994)

<sup>98</sup> Изведено према организационој шеми стамбених јединица-станава у згради, на основу неосунчаних површина омотача зида везаних за припадајуће станове, односно посматрајући које се просторије налазе иза неосунчаних фасадних зидова (30 станова, од којих је 20 двособних са двије оријентације – једна страна (спаваћа соба) није осунчана, 3 стана уопште нису осунчана и 10 једноособних са једном оријентацијом од којих је 8 неосунчаних станова)



Слика 52а. Стамбени блок у насељу Кочићев вијенац, 22. децембар, 9 часова, поглед на блок са југоистока



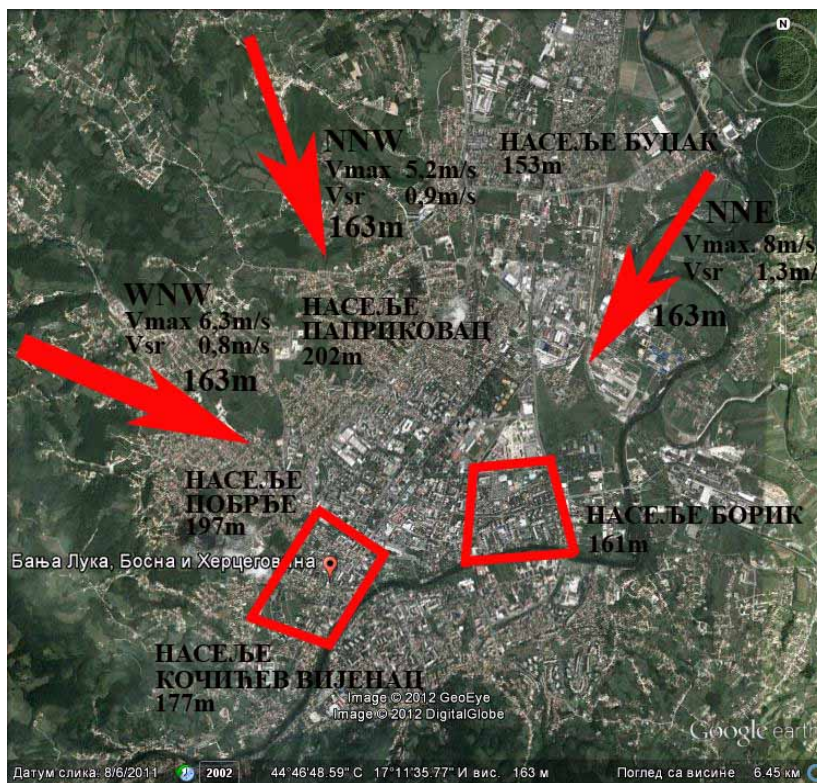
Слика 52б. Стамбени блок у насељу Кочићев вијенац, 22. децембар, 12 часова, поглед на блок са југоистока



Слика 52в. Стамбени блок у насељу Кочићев вијенац, 22. децембар, 15 часова, поглед на блок са југозапада

Параметар провјетравања насеља, односно брзине вјетра и истих параметара који утичу и на инсолацију, могуће је у глобалу сагледати, јер за подручје Бањалуке постоје измјерени параметри просјечне брзине и доминантности вјетра према странама свијета на надморској висини метеоролошке станице у насељу Буцак, која је на 153m, и која брзину ваздуха мјери на висини од 10m, на отвореном простору (Слика 53.). За насеље Кочићев вијенац карактеристично је према доминантности вјетра да је обезбјеђено благо провјетравање главним

саобраћајницама, што утиче на прочишћавање загађеног ваздуха узрокованог густим саобраћајем.



Слика 53. Позиција насеља Буцак у односу на стамбена насеља репрезентативних узорака и параметри максималне и средње брзине вјетра према доминантим вјетровима за подручје града Бањалука

На падинама насеља Кочићев вијенац (Хисета) је доминатнији вјетар из разлога веће надморске висине (највиша кота 190m), док у средишњем дијелу насеља (Чаире) брзина вјетра је смањена, јер са сјеверозапада насеље је заклоњено падином (насеље Побрђе), док са сјевероистока је густа изграђеност централне градске зоне.<sup>99</sup> Стамбени блок у дијелу насеља Чаире са просјечном надморском висином од 173m и прорачунатом средњом брзином вјетра према коефицијентима за урбана насеља и предграђа (утицај вјетра са запад-сјеверозапада) и градског подручја (утицај вјетра са сјевер-сјеверозапада и сјевер-сјевероистока) указује да вјетар не утиче, са аспекта енергетске ефикасности, на потрошњу енергије за

<sup>99</sup> Према табели коефицијената брзине вјетра за поједина подручја ( $C_0$  и  $x$ ) и формули израчунавања средње брзине вјетра на одређеном подручју и на одређеној висини ( $V_H = V_{10} C_0 H^x$ ) у Биоклиматска архитектура: застакљени простори и пасивни соларни системи (Пуцар, 2006.), док у Биоклиматско планирање и пројектовање (Пуцар и др., 1994) су нижи коефицијенти и одговарају пошумљеном подручју.

гријање у зградама, односно да неће утицати на природну инфилтрацију ваздуха кроз омотач зграда у овом блоку (Слика 54.). Према ASHRAE Handbook из 1997. прорачун брзине вјетра на истој висини на подручју урбаног насеља и предграђа (експонента  $\alpha=0,22$  и дебљине слојева  $Z_G=370m^{100}$ ) и на отвореном простору метеоролошке станице ( $\alpha=0,14$ ,  $Z_G=270m$ ) умањен је за око 30%, док је за градско подручје, нпр. гдје је 50% зграда виших од 21m (експонента  $\alpha=0,33$  и дебљине слојева  $Z_G=460m$ ) умањен за 55%. Ови параметри указују да ће иста вриједност прорачунате средње брзине вјетра за предметно подручје бити, ако узмемо у обзир коефицијенте урбаног подручја.



Слика 54. Прорачунати параметри максималне и средње брзине вјетра у стамбеном блоку дијела насеља Кочићев вијенац (Чаире) према доминантим вјетровима за подручје града Бањалука

Према изграђеној квантитативној (коефицијент изграђености и заклоњености) и квалитативној (физика зграде – заптивеност омотача) структури Хисета, те изложености вјетру просјечна инфилтрација<sup>101</sup> код колективног становања креће се у оквирима од 0,6-1,2, док је у изграђеној структури (Чаире) 0,6.

<sup>100</sup>  $V_{ZH} = V_{met10} [ (H+10/Z_G)^\alpha / (10/met_G)^\alpha ]$ , гдје је  $\alpha$  емпиријски експонент који зависи од градијента (нагиба, топографије) терена кроз храпавост површине, стабилност и температуру, а  $Z_G$  је висина на којој је примјећен градијент брзине (појачан, успонски) у зависности од слојевитости (висине и густине) подручја, ASHRAE Handbook, 1997, Fundamentals, Chapter 15

<sup>101</sup> Према EN ISO 13789:2007, Annex C - Ventilation airflow rates

За температуру ваздуха на градском подручју насеља Кочићев вијенац које је за 20m вишој надморској висини него што је подручје на којем се налази референтна мјерна станица, у глобалу могу се узети исте вриједности, из разлога што је температура у граду Бањалука нижа на вишој надморској висини<sup>102</sup>, док густина урбаног насеља у истој мјери ствара вишу температуру (околни простор зграда већим дијелом чине зелене површине).<sup>103</sup>

Остали референтни показатељи енергетске ефикасности насеља видни су у параметрима инфраструктуре, која је испројектована да опскрби потребе насеља према искуственим подацима, који су наведени у регулационом плану за ово насеље:

- пројектна потребна специфична топлота за колективно становање је  $0,12\text{kW/m}^2$  бруто грађевинске површине (на овом подручју је према документацији из „Топлане“  $0,14\text{kW/m}^2$ , али нето грађевинске површине, док је за бруто грађевинску површину  $0,11\text{kW/m}^2$ ), топлотна подстананица је пројектована за температурни режим рада  $130/73-90/70^\circ\text{C}$ , док је топоводни развод димензионисан за температурни режим  $90/70^\circ\text{C}$ , измјерена највиша температура у подстанници ТС-71 ( $2219\text{kW}$ ), која опслужује блок зграда колективног и индивидуалног становања је  $73/49^\circ\text{C}$ <sup>104</sup> (на цијевима у улазу у зграду репрезентативног узорка измјерена температура је  $45/40^\circ\text{C}$  за вријеме сунчаног дана у децембру у 11 часова при вањској температури ваздуха од  $2,7^\circ\text{C}$  када је

---

<sup>102</sup> Једино се параметар температуре ваздуха у граду Бањалука мјери на два отворена подручја, у насељу Буцак и у насељу Бањ брдо (некад Шехитлуци), гдје је висинска разлика око 70m, те према ријечима Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске, температура је просјечно виша за 1-2 степена на Бањ брду.

<sup>103</sup> Градска клима се одликује вишом температуром за  $0,5-2^\circ\text{C}$ , *Биоклиматско планирање и пројектовање* (Пуцар и др., 1994)

<sup>104</sup> Измјерена температура на цијевима без изолације металним контактним мјерачем вишеканалног уређаја ANLBORN ALMEMO 2690-8 и бесконтактним ласерским мјерачем FLUKE у подстанници ТС-71 која је смјештена у подруму стамбене зграде, која је у непосредној близини репрезентативног узорка (12m према западу), али пошто станица опслужује још 15 зграда колективног становања и 6 индивидуалних кућа, чини вањски развод цијеви од 130m према репрезентативном узорку. Температура на цијевима измјерена је за вријеме облачног дана ујутро у 11<sup>30</sup> часова у јануару при вањској температури ваздуха од  $2^\circ\text{C}$  када је ултразвучни мјерач протока воде показао проток од  $17\text{m}^3$  (када су искучене пумпе проток је износио  $24\text{m}^3$ ) и са просјечном унутрашњом температуром ваздуха у дневном боравку стана на приземљу и посљедњем спрату репрезентативног узорка од  $18^\circ\text{C}$ .

просјечна унутрашња температура у просторији станова на приземљу и посљедњем спрату измјерена 18°C).

- пројектована специфична потрошња воде на дан по становнику је 220 l/ст/дан, у овом насељу је добра опскрбљеност водом, с обзиром да становници троше просјечно око 200 l/ст/дан и служи им за санитарне потребе, за противпожарне захтјеве неопходна је реконструкција мреже,

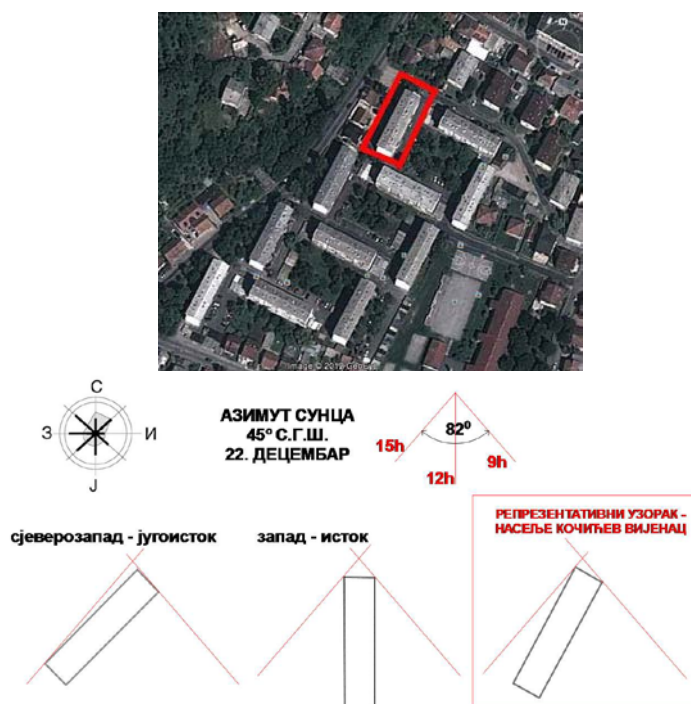
- електрична енергија вршног оптерећења за постојеће зграде у насељу је 0,061kW/m<sup>2</sup>, што је за постојеће колективно становање довољно, јер износи преко 3kW по просјечном стану (треба узети у обзир да се у становима не користи енергетски ефикасна расвјета, нити уређаји, за које ни ова снага не би била потребна) док је за изградњу нових зграда у овом насељу неопходна реконструкција мреже и очекивано оптерећење је 0,11kW/m<sup>2</sup> (осим становања, планирано је највећим дијелом пословање у овом насељу).

Мјерени параметри показују губитке на вањском разводу гријања од централног постојења до топлотне подстанице, као и губитке на разводу од топлотне станице до зграде репрезентативног узорка. Разлози за губитке у вањском разводу цјевовода (дистрибутивном) могу се тражити у застаријелом цјевоводу (већина цијеви стара двадесет година), дужини трасе (око 10 km узорак удаљен од централног постојења градске топлане) и у начину на који су цијеви постављене (већина цијеви положена у лебит масу и мањим дијелом са изолацијом од камене вуне у бетонским каналима). Процјена је да су губици на вањском дистрибутивном разводу цијеви око 30%.

### 5.3.2 Стамбена зграда градње послије Другог свјетског рата – Узорак 1 – насеље Кочићев вијенац

#### 5.3.2.1 Топлотни капацитет зграде и остали референтни подаци зграде

Узорак периода градње након Другог светског рата, односно периода од 1945-1967. године је стамбена зграда колективног становања, испројектована<sup>105</sup> 1963. године и изграђена 1964. године. Зграда је смјештена на сјеверозападном дијелу насеља Кочићев вијенац и оријентисана својим подужним странама ка сјеверозапад-западу и југоисток-истоку, односно њен положај одступа тачно за  $16^\circ$  од сјеверозапада и југоистока, а  $29^\circ$  од чистог запада и истока. За потребе рачунарског програма ENSI ЕАВ оријентација зграде је дефинисана са својим подужним странама сјеверозапад-југоисток (Слика 55.).

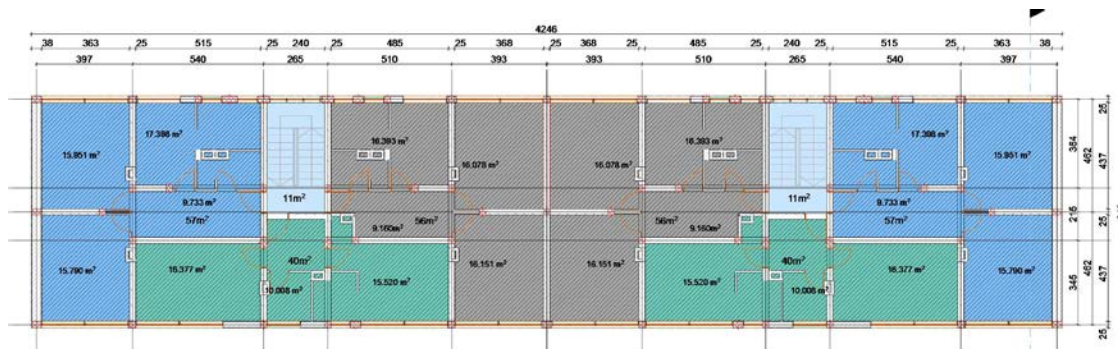


Слика 55. Позиција репрезентативног узорка у насељу Кочићев вијенац и графички приказ оријентације узорка са азимутом сунца најкритичнијег мјесеца у години за осунчање зграде

<sup>105</sup> Подаци видни на плановима санације, потписани инжењери Радовић, Рус и Кос, наводе да је нацрт прецртан са нацрта изворног елабората бр. 542/63 подuzeћа за пројектовање „Пројект“ Бањалука

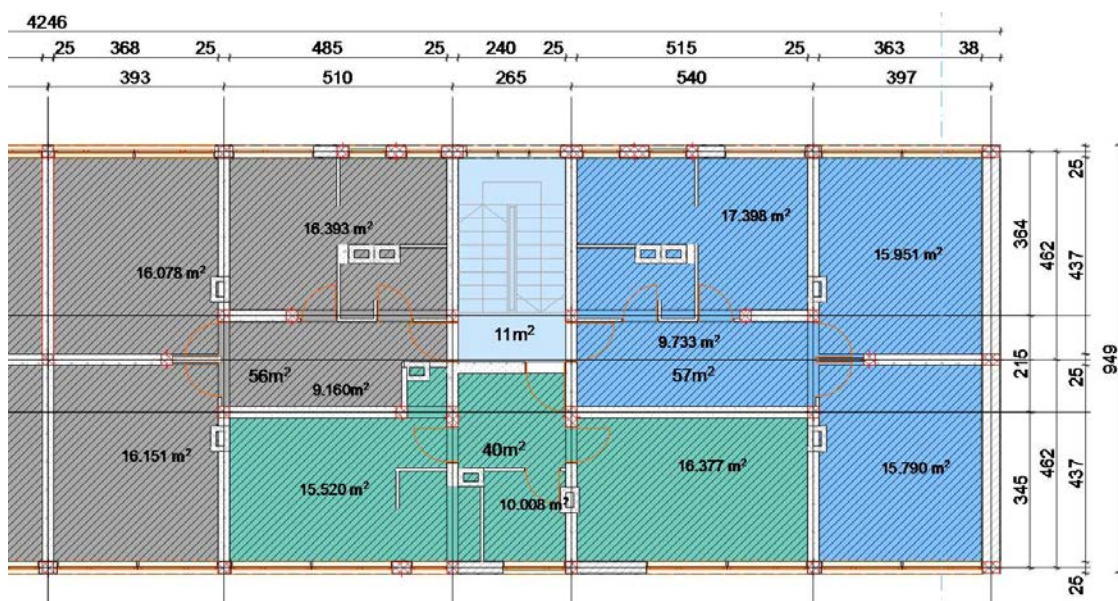
Стамбена зграда габарита тачно 9,50 x 42,50m, спратности П+4 (спратна висина од 2,80m), са полуукопаним подрумом и косим кровом од 20° достиже укупну висину, од коте тла до сљемена крова, од око 18m. Првобитно је искоњуструисана као обична зидана коњуструкција (армирани бетон се појављује само у међуспратној коњуструкцији и у виду хоризонталних серклажа), зидова од пуне опеке дебљине 25cm, док се зид од пуне опеке дебљине 38cm појављује само као калкански зид (два попречна фасадна зида). Коњуструктивни зидови извођени су унакрсно (попречно и подужно), односно међуспратна коњуструкција постављена је у оба правца. Међуспратна коњуструкција дебљине 18cm, ријешена као ТМ таваница од опекарских елемената висине 14cm и 4cm плоча од армираног бетона, премоштава распоне мање од 4,00m са висином хоризонталног серклажа од 30cm. Након земљотреса 1969. године, зграда се коњуструктивно унапређује и постаје зидана коњуструкција са вертикалним серклажима. Коњуструктивни систем, осим вертикалних серклажа у постојећим зидовима, добија и умјесто појединих преградних зидова коњуструктивне зидове. Извођење вертикалних серклажа је успостављено према коњуструктивним осама зидова зграде, који су опет успостављени према организационој шеми стана, те се појављују различити растери вертикалних серклажа, који не прелазе растојање од 5,40m. Накнадно додавање вертикалних серклажа осим према накнадно успостављеним коњуструктивним осама извођено је и на мањим растојањима гдје су уочене разарајуће пукотине настале након земљотреса, па се на југоисточном фасадном зиду појављују између сваког отвора. Зграда посједује два симетрична степенишна простора око којих су на исти начин организована по три стана, тако да можемо рећи да је зграда састављена од двије исте цјелине (ламеле), које дијеле један исти попречни коњуструктивни зид - ламеле које немају вертикалну дилатацију (Слика 56а.).





Слика 56а. Приказ основе репрезентативног узорка и организационе шеме створене од идентичне двије цјелине изведене као у огледалу - два улаза са по три стана (шест станова на етажи)

Анализом организационе шеме изводи се закључак да су конструктивни зидови извођени око нето површине простора од око  $16\text{m}^2$  - свака просторија у становима предвиђена за дневни боравак или собу износи око  $16\text{m}^2$ , као и заједно простори кухиње, трпезарије и купатила и око нето површине простора од око  $10\text{m}^2$  - простори ходника у становима или ходника са купатилом (Слика 56б.).



Слика 56б. Приказ организационе шема станова и просторија унутар њих, те нето површине унутар конструктивног растера, на основу једне цјелине (улаз са три стана) репрезентативног узорка

Узорак има површину од  $2025\text{m}^2$ , од чега је укупно зида  $977\text{m}^2$ , прозора  $480\text{m}^2$ , те крова  $405\text{m}^2$  и пода  $405\text{m}^2$ . Волумен узорка је  $5670\text{m}^3$ . Однос компактности узорка, односно фактор облика зграде –  $A/V$  износи 0,40. Фактор прозора (односно између површине прозора-са оквирима и површине зграде) узорка је 23,7%.

Топлотни капацитет (акумулативност топлоте узорка/способност грађевинских елемената да чувају топлоту) грађевинских елемената који обухватају једну просјечну просторију (нето површине  $\sim 16\text{m}^2$ ) на углу узорка оријентисану према југоистоку, према прорачуну стандарда DIN 4108-2<sup>106</sup>, износи просјечно  $39,35\text{Wh/m}^2\text{K}$  (Табела 17.). Анализом и мјерењем зида, видно у сљедећем поглављу, утврђено да је опека густине  $1400\text{kg/m}^3$ , а када је опека густине  $1800\text{kg/m}^3$  просјек је око  $44\text{Wh/m}^2\text{K}$ .

Табела 17. Прорачун топлотног капацитета једне просторије на углу Узорка 1

	c(спец. топлота) kJ/kgK	$\rho$ (густина) kg/m <sup>3</sup>	d(дебљина) m	C (топл. капацитет) Wh/m <sup>2</sup> K
<b>спољашњи зидови AAW=(4,1775+4,745)x2,80-5,76= 19,22m<sup>2</sup></b>				
малтер	1,05	1700	0,015	7,438
опека	0,92	1400	0,085	30,4135
				37,85
<b>унутрашњи зидови AIW=(2x3,6475x2,546-0,81x2,10)=16,872m<sup>2</sup></b>				
малтер	1,05	1700	0,015	7,438
опека	0,92	1400	0,085	30,4135
				37,85
<b>међуспратни констр., плафон, одоздо AD=4,328x3,6475=15,79m<sup>2</sup></b>				
малтер	1,05	1700	0,02	9,917
монта	0,92	1200	0,08	24,535
				34,452
<b>међуспратна констр., под, одоздо AG=4,328x3,6475=15,79m<sup>2</sup></b>				
паркет	1,67	700	0,024	7,794
цем. естрих	1,05	2200	0,03	19,251
аб плоча	0,96	2300	0,04	24,535
				51,58
<b>врата At=0,81x2,10=1,701m<sup>2</sup></b>				
дрво	1,67	520	0,02	4,824
				4,824
<b>укупна површина елемената око просторије A=69,373m<sup>2</sup></b>				
<b>просјечан C према удјелу површина</b>				<b>39,35</b>
<b>укупан капацитет сведен на површину просторије</b>				
<b>Cm = C x A = 2729,8/15,79</b>				<b>172,88</b>

Када узмемо у обзир да ову просторију ограничава површина од око  $69,37\text{m}^2$ , добијамо топлотни капацитет од  $2729,8\text{Wh/m}^2\text{K}$  при свођењу на површину просторије од  $15,8\text{m}^2$  износи око  $173\text{Wh/m}^2\text{K}$ . Према овом стандарду, који класификује конструкцију у лаку, средњу и тешку, узорак припада тешком типу конструкције, јер је топлотни капацитет  $>130\text{Wh/m}^2\text{K}$ .

Процјена топлотног капацитета сагледаће се у европским стандардима, који су изведени на основу већ изведених класификација конструкције и просторија, јер

<sup>106</sup> Примјер прорачуна у Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 2.155-2.161

корисници простора посједују различите врсте додатака у просторијама (нпр. разне простирке, намјештај), који умањују топлотни капацитет узорка.

Топлотни капацитет (акумулативност) узорка према класификацији стандарда EN 15603:2008, гдје је топлотни капацитет изведен према врсти конструкције, просјечној величини просторије и разним накнадним додацима у просторији који прекривају постојећу конструкцију (нпр. спуштен плафон, тепих). Према овом стандарду топлотни капацитет просторије око  $20\text{m}^2$  са зидовима од опеке, међуспратним конструкцијама од бетона је  $400\text{ kJ/m}^2\text{K}$ , односно  $111\text{ Wh/m}^2\text{K}$ , док просторија исте типологије ако има тепих на поду топлотни капацитет јој се смањује за 12,5% и износи  $350\text{ kJ/m}^2\text{K}$ , односно  $97\text{ Wh/m}^2\text{K}$ , да би таква иста просторија ако има и спуштен плафон и тепих на поду имала умањен топлотни капацитет за 37,5% ( $250\text{ kJ/m}^2\text{K}$ , односно  $69\text{ Wh/m}^2\text{K}$ ). Према овом стандарду топлотни капацитет се смањује за 50% ако је просторија, према њиховој класификацији, веома пространа у односу на просторију од  $20\text{m}^2$ . Код узорка највећа просјечна просторија износи око  $16\text{m}^2$ , те према врсти конструкције топлотни капацитет према овом стандарду, за просторије од око  $20\text{ m}^2$  износи  $97\text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Према Тодоровићу<sup>107</sup> узорак (око  $410\text{kg/m}^2$  зидови, међуспратне конструкције око  $520\text{kg/m}^2$ , просјечна просторија од  $16\text{m}^2$  у узорку има тежину од око  $450\text{ kg/m}^2$ ) који припада средње тешкој класи ( $300\text{-}800\text{kg/m}^2$  - $100\text{-}200\text{ Wh/m}^2\text{K}$ ), има топлотни капацитет од око  $130\text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Према стандарду ISO 13790:2008 поглавље 12.3.1.2. топлотни капацитет средње тешких конструкција износи  $46\text{ Wh/m}^2\text{K}$  ( $165\text{kJ/m}^2\text{K}$ ), тешких конструкција износи  $72\text{Wh/m}^2\text{K}$  ( $260\text{kJ/m}^2\text{K}$ ), док за веома тешке ( $370\text{ kJ/m}^2\text{K}$ ) је  $103\text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Узорак у оваквој класификацији је између тешке и веома тешке конструкције, те то говори о минималном топлотном капацитету од  $72\text{Wh/m}^2\text{K}$ . За топлотни капацитет једне просторије узорка, ако не узмемо у обзир израчунату вриједност као коначну, него само за одређивање припадности одређеној класи, указује да постоје одступања у процјени класа када сагледавамо све горе наведене стандарде. Процјена топлотног капацитета од 72 до 112 говори о одступању за  $40\text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Пошто су сви правилници о енергетској ефикасности засновани на стандарду ISO 13790:2008, те и рачунски алгоритам лиценцираног програма ENSI EAB, за

---

<sup>107</sup> Тодоровић, Б., Климатизација, Београд: СМЕИТС, 1998., стр. 150.

предметни Узорак 1 усвојен је нижи топлотни капацитет од  $72\text{Wh/m}^2\text{K}$ . Анализом узорка порастом топлотног капацитета за  $40\text{Wh/m}^2\text{K}$  (на  $112\text{Wh/m}^2\text{K}$ ) смањује се специфична потрошња енергије за гријање за  $3\text{kWh/m}^2$  на годишњем нивоу.

Процјењена и уједно усвојена метаболичка топлота или одавање топлоте по особи по једници површине износи  $3,8\text{W/m}^2$ , односно узорак од  $2025\text{m}^2$  користи (борави) 70 особа са процјеном рада у топлој средини од  $110\text{W/m}^2$  (човјек без тјелесне активности) према стандарду ISO 7933:2004. Процјењена (усвојена) заузетост узорка од стране корисника је 16 часова дневно, односно 112 часова седмично, као и распоред гријања, који такође износи 16 часова дневно сваки дан (112 часова седмично), јер режим рада градске топлане је од 6 часова ујутро до 22 часа. Ако је метаболичка топлота умањена на  $1,8\text{W/m}^2$  (према Правилнику о енергетској ефикасности Србије) узорак ће имати већу потрошњу топлотне енергије за  $7,2\text{kWh/m}^2$  на годишњем нивоу. Ако метаболичка топлота износи  $3,8\text{W/m}^2$ , док се заузетост (окупираност) узорка процјени на 12 часова дневно (према Правилнику о енергетској ефикасности Србије) узорак ће имати потрошњу повећану за  $3,4\text{kWh/m}^2$  на годишњем нивоу.

Узорак се сагледава у цјелини и издвојене су двије зоне према температури ваздуха: зона станова (све просторије у стану) и зона степенишног простора зграде. Измјерена просјечна температура у просторима станова на свих пет етажа износи  $18,8^\circ\text{C}$ , док је у степенишном негријаном простору измјерена просјечна температура од око  $6,5^\circ\text{C}$ , при вањској температури од  $-10^\circ\text{C}$ . Према овим подацима узорак има просјечну температуру од  $18,0^\circ\text{C}$ . Користећи параметре мјерења узорка када се на једној мјерној тачки вршило мјерење три дана због одређивања U-кофицијента, биљежени су падови температуре унутар простора око 3-4 часа ујутро за око  $2,5^\circ\text{C}$ , те на основу тога можемо процјенити да је доња (setback)<sup>108</sup> температура  $15,5^\circ\text{C}$ .

Микроклиматски параметар осунчања узорка које са сјеверозападне стране окружује падина насеља Побрђе (просјечне надморске висине  $197\text{m}$ ), а са југозапада, југоистока и сјевероистока изграђена структура зграда спратности П+4 (висина зграда око  $18\text{m}$ ) добијен је уз помоћ модела узорка изведеног

---

<sup>108</sup> Доња температура унутрашњег простора није предвиђена стандардом, према EN51-у креће се око 2-4 степена. Код узорка оваквог топлотног капацитета (акумулативности) предвиђен пад температуре је за 2 до 3 степена.

рачунарским програмом Archicad 15, података о висини и азимуту сунца за 45° сјеверне географске ширине<sup>109</sup> и посматрању узорка у зимском периоду за вријеме сунчаног дана (Слика 57.)



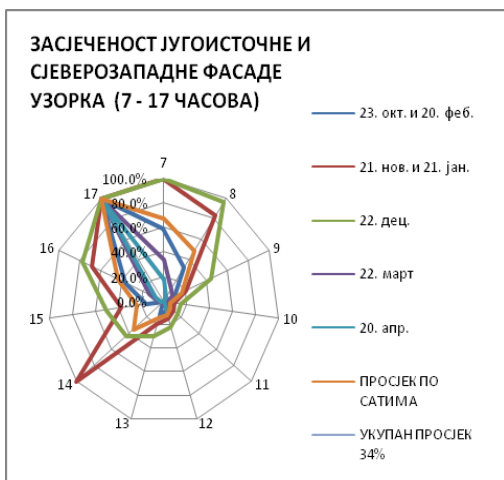
Слика 57. Фотографија узорка (лијево) и модел узорка (десно) за 27. децембар у 12 часова

Зграда се налази на сјеверу ритмичне композиције створене од истих типских зграда, те када посматрамо осунчање зграде као цјелине<sup>110</sup> у периоду од средине октобра до средине априла (гријни период), од 7 до 17 часова, у просјеку изграђена и природна околина чини сјену на око 34% вертикалног омотача узорка - фасадног зида зграде (Графикон 27.). Ако посматрамо период од 9 до 15 часова у гријном периоду онда је у сјени у просјеку око 16% вертикалног омотача зграде (Графикон 28.). Оријентација узорка чини да азимут сунца 21. новембра и 21. јануара у 14 часова буде паралелан са подужним странама узорка, те ствара потпуну сјену, неосунчаност вертикалног омотача узорка, односно његовог југоисточног и сјеверозападног фасадног зида (оријентација транспарентних

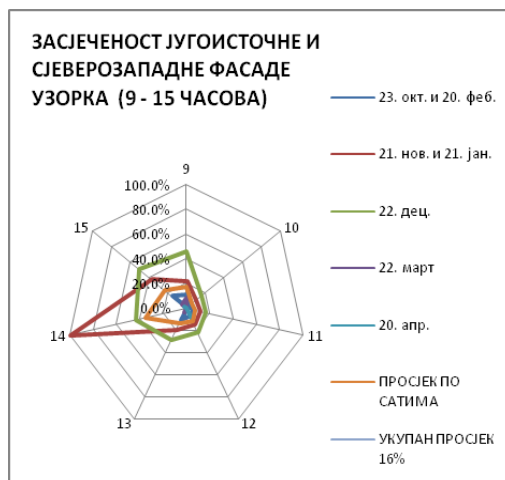
<sup>109</sup> Тодоровић, Б., „Климатизација“, Београд: СМЕИТС, 1998., стр.33.

<sup>110</sup> Због улазних података за лиценцирани програм ENSI EAB и прорачун специфичне потрошње енергије за гријање узорак се мора посматрати као цјелина, а не из саставних дијелова – станова и осунчаности појединачних станова, односно њихових просторија. Када посматрамо осунчаност станова унутар зграде, оваква оријентација и позиција у односу на окружење, те организациона структура просторија у становима, чини да сваки стан треба посебно разматрати, јер у најнеповољнијем гријном периоду 22. децембра, само су код 8 станова (од 30 станова) поједине просторије (дневни боравак, трпезарија и кухиња) максимално осунчане 5 сати. Код овакве анализе при осмишљавању модела за енергетску оптимизацију омотача, може се размишљати о парцијалном унапређењу омотача у виду пасивних соларних система на омотач станова који су осунчани најмање 5 сати, што даје један иновативан нетипичан изглед омотача зграде. Самим тим би се могла избјећи униформисаност зграда, али такав вид обнове у глобалу пошто није типски, односно који се не би могао примјенити на све зграде овог типа, није технолошки и економски прихватљиво рјешење, јер свака зграда иако типска је пројекат за себе.

дијелова узорка) који је значајан за постојеће топлотне добитке. (видно на Графиконима 27. и 28.).



Графикон 27. Просјечна засјеченост узорка од окружења по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода према изласку и заласку сунца



Графикон 28. Просјечна укупна засјеченост према сатима карактеристичним за трајање сунца 22. децембра (период од 9 до 15 часова)

Средња брзина вјетра за насеље овог узорка не прелази 1m/s, односно запад-сјеверозападни који је најчесталији износи 0,6 m/s, затим још два доминантна правца сјевер-сјеверозападни 0,7 m/s и сјевер-сјевероисточни са просјеком од 1 m/s, и не утичу додатно на прорачун топлотних губитака зграде, који већ стандардом нису предвиђени<sup>111</sup> (Слика 58.).



Слика 58. Утицај вјетра на узорак у насељу Кочићев вијенац

<sup>111</sup> ISO 6946, топлотна отпорност спољашњих површина према стандарду износи  $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  и у зависности је од брзине вјетра  $v$ .  $R_{se}=1/\alpha_{ce}$ , гдје је  $\alpha_{ce} = 4 + 4v[W/m^2K]$

На сјеверозападу узорка налази се падина насеља Побрђе (насеља са претежно шумовитим и насељеним кућама једнопородичног становања) које има просјечну надморску висину за око 25m вишу од надморске висине узорка, те таква конфигурација тла погодује да вјетар из тих праваца слабо утиче на топлотне губитке узорка. Оријентација узорка, такође погодује да правац најбржег вјетра не утиче на већу површину вертикалног омотача (мање од 10% фасадног зида је изложено, један калкански зид кроз који није могућа инфилтрација ваздуха због непостојања отвора), односно подужне стране узорка паралелне су са правцем највише средње брзине сјевер-сјевероисточног вјетра, правца код којег су забиљежени и највиши максимални удари средње брзине вјетра израчунати за ово насеље од 6,7 m/s.

#### 5.3.2.2 Карактеристике омотача у погледу енергетских перформанси – потрошње енергије за гријање

За прорачун површина грађевинских елемената који чине омотач узорка коришћен је стандард EN 12831:2003 (по овом стандарду бруто површина пода – укључује и припадајуће зидове, површина зида укључује спратну висину зида, зид заједно са међуспратном конструкцијом)<sup>112</sup>. За израчунавање техничких и топлотних карактеристика грађевинских елемената омотача коришћени су стандарди: EN ISO 6946:2007 за нетранспарентне елементе, ISO 10077-1:2006 за транспарентне елементе, EN ISO 13370 (U-floor excel tool EN SI) за подове и ISO 13790:2008 и литература<sup>113</sup> за додатне коефицијенте који утичу на топлотне добитке од сунца, с тим и на прорачун потрошње енергије у згради. Вриједности прорачунске топлотне проводљивости материјала усвајане су према постојећој документацији, литератури, правилницима, стандардима и мјерењима на самом

---

<sup>112</sup> Рекнагел, Х., Грејање и климатизација, 7. измјењено и допуњено издање, Врњачка бања: Интерклима, 2011., стр. 1058.

<sup>113</sup> Вриједност коефицијента g (фактор дотока од сунца) Giebler, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009., стр.34, Krippner, R., Musso, F., *Basic Facade Apertures*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., стр. 64.

узорку<sup>114</sup>. При прорачуну U-кофицијента за сваки грађевински елемент омотача, U-кофицијент је увећан за  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  због утицаја топлотних мостова.<sup>115</sup>

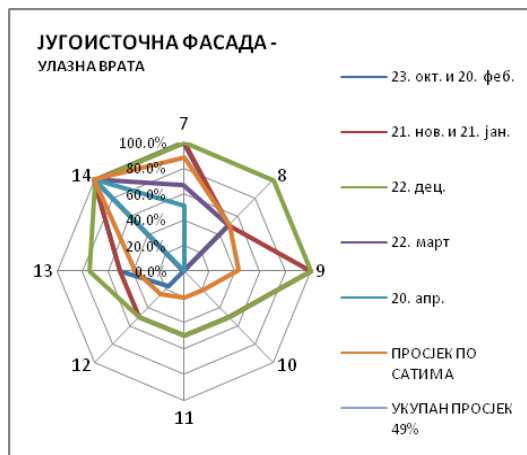
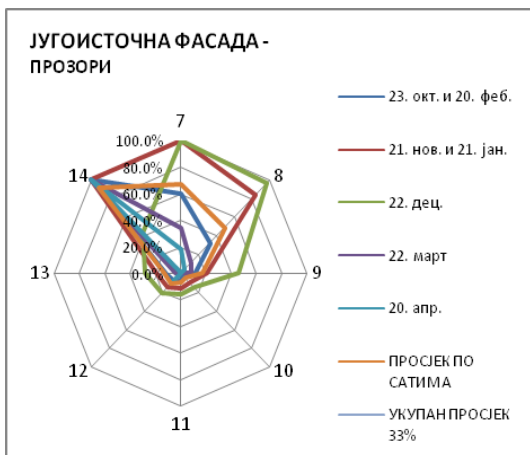
Микроклиматски параметри узорка утицали су на смањење фактора дотока од сунца, те детаљном анализом модела изведено је просјечно умањење g-кофицијента, који је и предодредио површине застакљених отвора за уношење у лиценцирани програм ENSI EAB, прозори идентичних техничких карактеристика и улазна врата. На одређивање заклоњености односно осунчаности узорка утицала је оријентисаност вертикалног дијела омотача узорка који садржи транспарентне елементе и интензитет укупног сунчевог зрачења према тим дијеловима омотача (југоисточна и сјеверозападна фасада узорка). Анализирани су мјесеци гријног периода (од октобра до априла) и часови када сунце излази односно залази у тим мјесецима. Ако узорак посматрамо за сваки мјесец гријног периода од 7 до 14 часова за југоисточну фасаду прозори су заклоњени око 30%, док су улазна врата заклоњена око 50%, док је код сјеверозападне фасаде у периоду од 13 до 17 часова заклоњеност прозора око 60% (Графикон 29. и 30.).

---

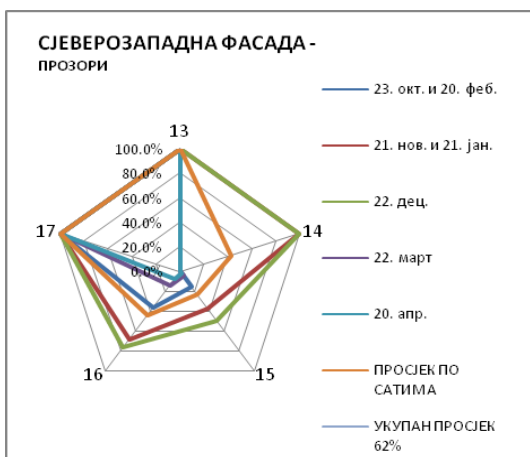
<sup>114</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 2.92, Giebeler, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009., стр. 37., 139., стандард ЈУС У.Ј5.600 – Топлотна техника у грађевинарству – Технички услови за пројектовање и грађење зграда, Сл. лист СФРЈ бр. 15/89 (стр.12-16, табела 4), Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије, Прилог Ц, Таблица 4., Сл. новине Федерације БиХ бр. 49/09., Правилник о енергетској ефикасности зграда, 3.4 Топлотна заштита и губици топлоте - метод прорачуна, Табела 3.4.1.2 Хигротермичке особине грађевинских материјала и производа, Сл. гласник РС бр. 61/2011., мјерења вршена према стандарду ISO 9869:1994, Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance вишеканалним мјерним уређајем ALMEMO ALBHORN 2690-8 и према стандарду ISO 6781:1983, EN 13187:1998, Thermal insulation -- Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes -- Infrared method, термографском камером FLIR b60 и InfRec Thermo GEAR G120/G100.

<sup>115</sup> Детаљни прорачун топлотних мостова сходно стандарду ISO 10211:2007 Thermal bridges in building construction –Heat flows and surface temperatures—Detailed calculations, или повећање U-кофицијента према ENSI-ју за 10-20%, што подржавају правилници нпр. Њемачке, Хрватске, Федерације БиХ и Србије, наводећи да се усваја  $\Delta U_{\text{TM}}=0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ако топлотни мостови нису изведени према важећем каталогу, док нпр. у Великој Британији је  $\Delta U_{\text{TM}}=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, доступно 13.11.2012. на сајту [http://www.bre.co.uk/filelibrary/SAP/2009/SAP-2009\\_9-90.pdf](http://www.bre.co.uk/filelibrary/SAP/2009/SAP-2009_9-90.pdf).





Графикон 29. Просјечна засјенченост прозора и улазних врата југоисточне фасаде узорка од 7 до 14 часова за гријни период од изграђеног окружења



Графикон 30. Просјечна засјенченост прозора сјеверозападне фасаде узорка од 13-17 часова и од 14-16 часова за гријни период од природног и изграђеног окружења

У самом програму су унешени подаци о укупном сунчевом зрачењу за град Бањалуку, али је неопходно због оријентисаности и заклоњености узорка сагледати колико је неопходно умањити фактор дотока од сунца, а да се при томе сагледа и доминантност врсте сунчевог зрачења (директно и дифузно), да се не би без разлога за одређени временски период у току дана умањивао фактор дотока од сунца ако је ријеч о преовладавајућем дифузном зрачењу.

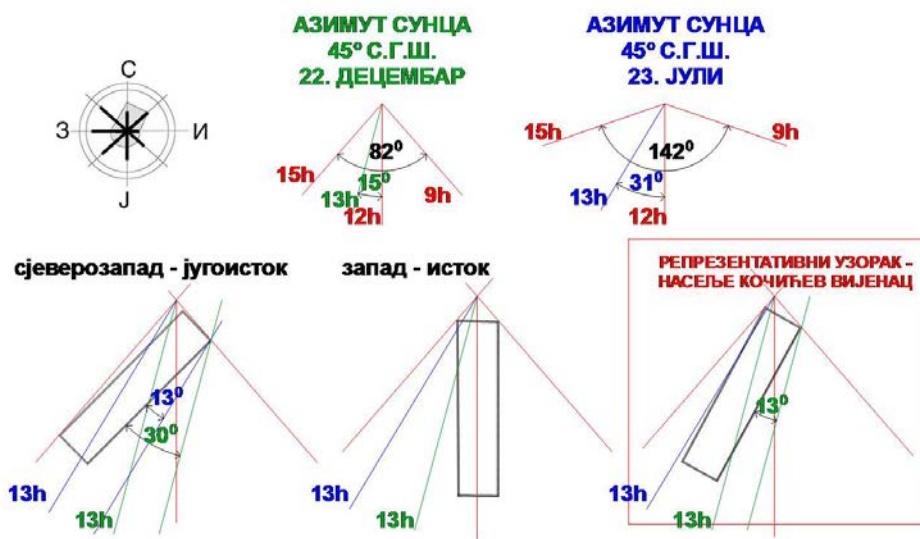
Према постојећим подацима ако узмемо у обзир да на сјеверозападну вертикалну површину до 15 часова у јулу (најосунчанијем мјесецу – азимут од 9-15 часова  $142^\circ$ ) пристиже само дифузно сунчево зрачење<sup>116</sup>, за карактеристичне зимске мјесеце (нов., дец. и јан. од 9-15 часова азимут од  $82^\circ$ - $86^\circ$ ), када је чак и азимут угла сунца за  $60^\circ$  мањи, можемо закључити да анализа умањења фактора

<sup>116</sup> Тодоровић, Б., Климатизација, Београд: СМЕИТС, 1998.,стр.151

дотока од сунца колико год била заклоњена природним или изграђеним окружењем није потребна за сјеверозападну оријентацију, јер код ове оријентације сво зрачење сунца према узорку је у сјени (дифузно) и као такво, није га потребно додатно умањивати. Код југоисточне оријентације у јулу је карактеристично да дифузно зрачење у односу на укупно зрачење учествује са 30% већ од 6 ујутро да би око 12 часова учествовало са 50%, у 13 часова 80% и да би од 14 часова потпуно преовладало дифузно зрачење. Према подацима који постоје у литератури<sup>117</sup> у септембру је за југоисточну оријентацију у 13 часова 44% дифузног зрачења, те када посматрамо вертикалну површину чистог југоистока требали би до 13 часова разматрати осунчање. При анализи заклоњености југоисточне фасаде требало би узети у обзир да у зимском периоду сунце излази у 8 часова у карактеристичним мјесецима новембар, децембар и јануар, да је у фебруару зрачење у 7 часова износи само 15% од зрачења које је већ у 8 часова, док је у октобру у 7 часова 11% зрачења које износи у 8 часова. У јулу (висина сунца 62°, азимут 149°) је у 13 часова веома смањен интензитет директног сунчевог зрачења (80% је дифузно зрачење), те због тога би се за јули заклоњеност узорка могла посматрати за југоисточну фасаду само до 12 часова. Интензитет укупног сунчевог зрачења према вертикалној југоисточној површини је највиши у фебруару, а најнижи у јуну и јулу. Посматрајући зимске мјесеце, такође у 13 часова, када је због угла висине сунца, висина угла који је 2 до 3 пута нижи у односу на јули (дец. 20° и 165°, нов. и јан. 24° и 165°, феб. и окт. 32° и 163°) забиљежено интензивније зрачење сунца него у јулу, што може указивати да је доста већи постотак директног зрачења у односу на дифузно, али положај узорка, на моделу видно, показује да је у 13 часова у зимском периоду, угао који заклапа југоисточно-источна страна узорка са азимутом истог угла (13°), као што у јулу азимут заклапа са чисто југоисточном вертикалном површином (Слика 59.).

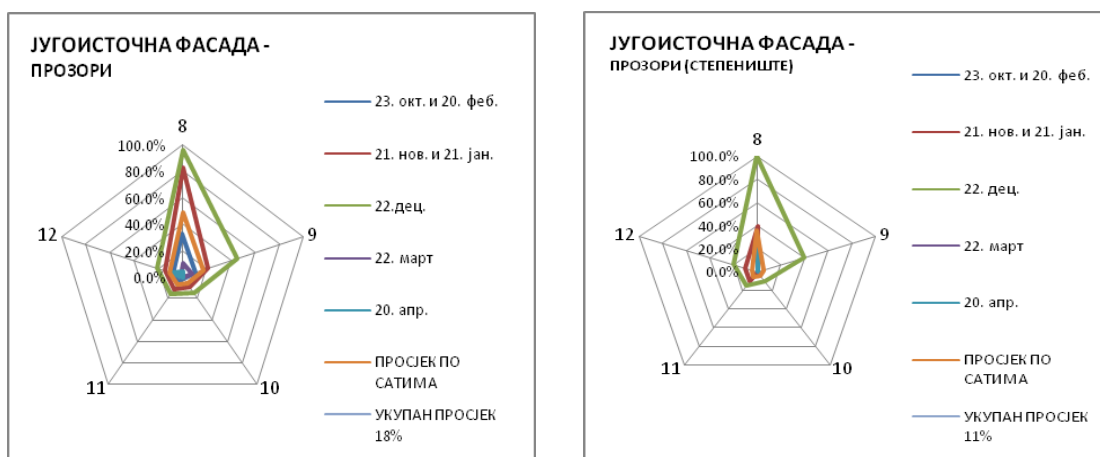
---

<sup>117</sup> Према њемачком стандарду VDI 2078 преведном у *Прорачун расхладног оптерећења за климатизирани просторије*, Кулић Е., Тодоровић Б., ур., Београд: СМЕИТС, 1991., у табели А-10 Дневни токови за укупно и дифузно зрачење за пројектне мјесеце јули и септембар иза двоструког остакљења у  $W/m^2$  за фактор замућености за јули 4,3 и септембар 3,9. стр. 41. Према Тодоровићу иако су подаци у табелама за 50° С.Г.Ш., Београд има фактор замућености 4,2, па токови сунчевог зрачење могу се пратити према наведеној табели (Климатизација, 1998., стр.150.)

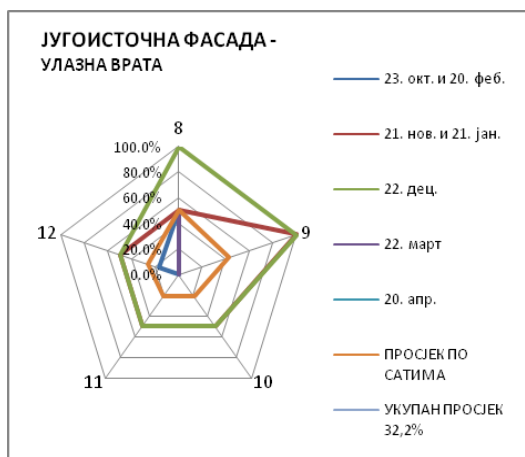


Слика 59. Анализа азимута сунца у 13 часова у јулу и у децембру на оријентацији репрезентативног узорка 1, затим оријентацији зграде која је чисто сјеверозапад – југоисток и запад-исток

Оваква анализа указује да се код Узорка 1 такође у 13 часова у децембру појављује осунчаност, али са добро увећаним дифузним зрачењем, него код вертикалне површине чисто југоисточне оријентације када у децембру азимут заклапа угао са том вертикалом од  $30^\circ$  (Слика 59). Због недостатка тачних података за зимски период са сигурношћу би могли тврдити да је релевантан временски период који би требало разматрати за зимске мјесеце, за умањење фактора дотока сунца за југоисточну фасаду узорка од 8 до 12 часова (Графикони 31. и 32.).



Графикон 31. Просјечна засјенченост прозора на југоисточној фасади од 8-12 часова за гријни период



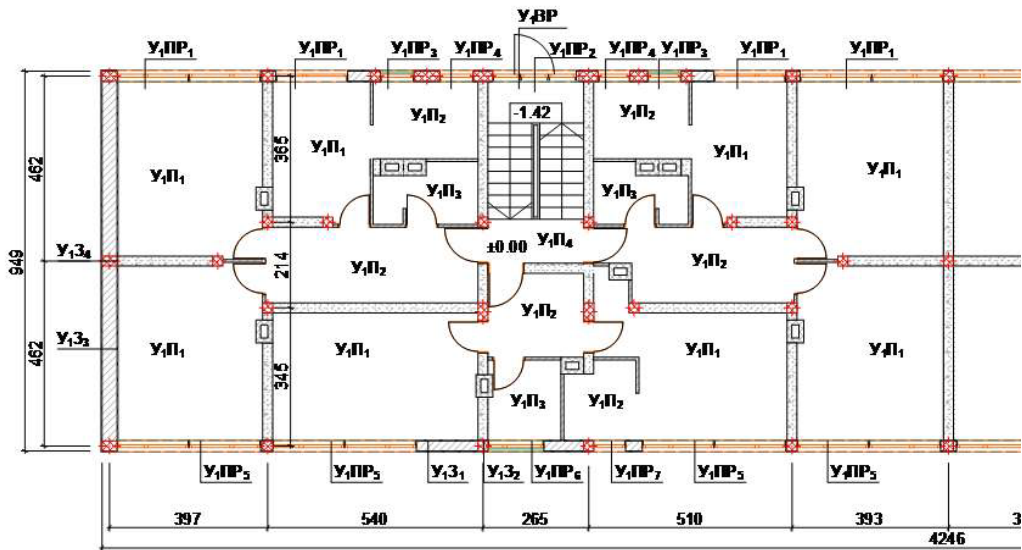
Графикон 32. Просјечна засјенченост улазних врата на југоисточној фасади узорка 1 од 8-12 часова за гријни период

Анализом модела југоисточне фасаде Узорка 1 фактор дотока од сунца за 75% површине прозора треба умањити за 18%, остале прозоре треба умањити за 11% и улазна врата за 32,2% (ПРИЛОГ Д Табела Д2.). Највиши постотак код врата указује колико је приземље угрожено са аспекта осунчања у изграђеној средини.

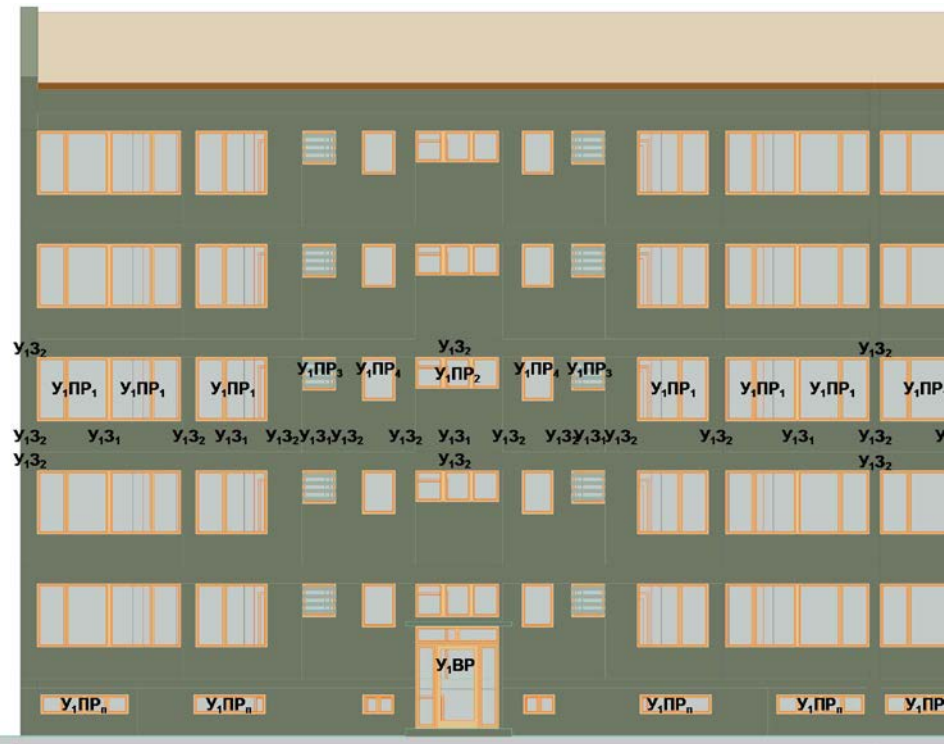
Прозори предметног узорка у пројектној документацији нису имали предвиђену вањску заштиту, него унутрашњу платнену ролетну, да би данас узорак имао већином накнадно уграђене вањске ролетне (на југоисточном дијелу омотача само два од двадесет станова, који посједују ову оријентацију, немају вањску заштиту, док сјеверозападни дио омотача који посједује тридесет станова узорка, осам станова нема вањску заштиту). При прорачуну коефицијената који утичу на топлотне губитке и добитке узорка код прозора се нису узимали у обзир утицаји од вањске ролетне (иако се види на узорку да су поједине ролетне у потпуно спуштеном или полуспуштеном положају, што указује да је нереално планирати понашање корисника, које у појединим случајевима није рационално).

Елементи омотача су у раду означени скраћеницама састављеним од два дијела, гдје први дио означава којем узорку припада елемент омотача, да би други дио означавао којој врсти елемент омотача припада, па тако су издвојени З-за фасадне зидове, К-за кров, П-за под и ПР-за прозоре. Нпр. У<sub>1</sub>З<sub>1</sub>-означава да елемент припада узорку 1-насеље Кочићев вијенац (период 1945-1967), и да је то елемент фасадног зида, који је код овог узорка зид од опеке 25cm обострано омалтерисан продужним кречним малтером. Код узорка 1 означени елементи и њихова позиција на основи, пресеку и изгледима видна је на сликама 60,61,62,63,

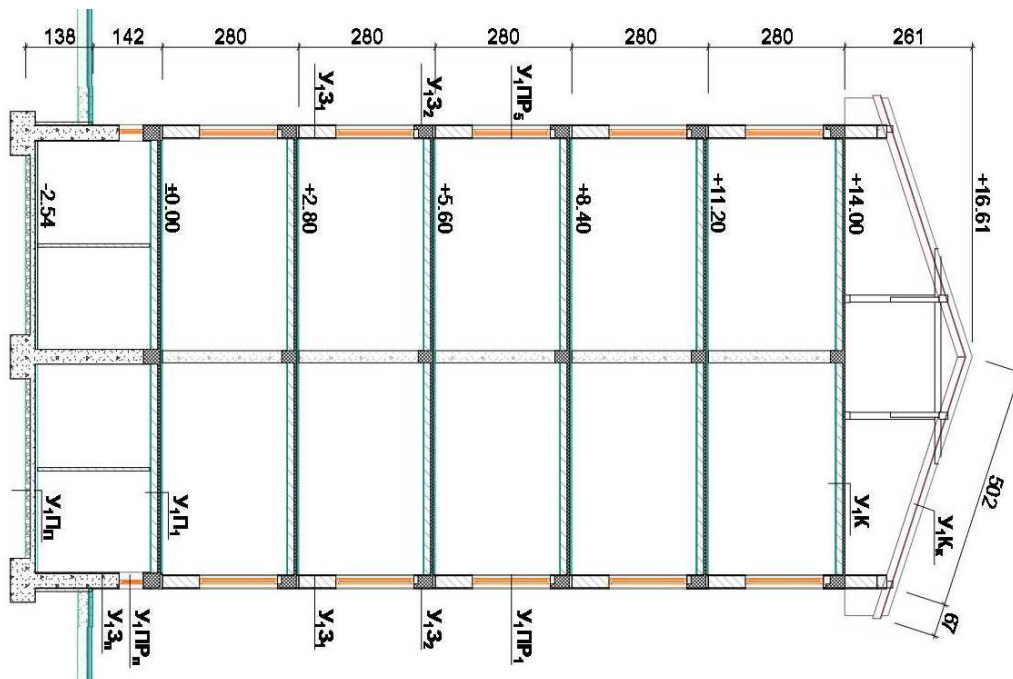
док су њихови слојеви и карактеристике, са којим утичу на прорачун топлотних губитака и добитака, наведени у ПРИЛОГУ Д у Табелама Д1 и Д2.



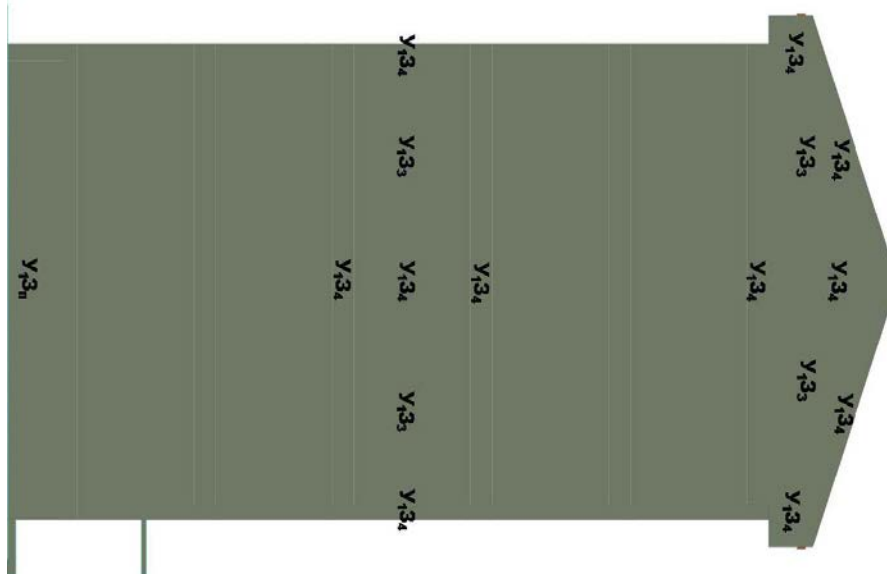
Слика 60. Приказ елемената омотача на карактеристичном дијелу основе узорка 1



Слика 61. Приказ елемената омотача на југоисточном дијелу изгледа узорка 1 (на сјеверозападном дијелу изгледа идентични су нетранспарентни елементи омотача узорка, док се транспарентни елементи разликују због фактора засјенчености/заклоњености)



Слика 62. Приказ елемената омотача на пресеку узорка 1

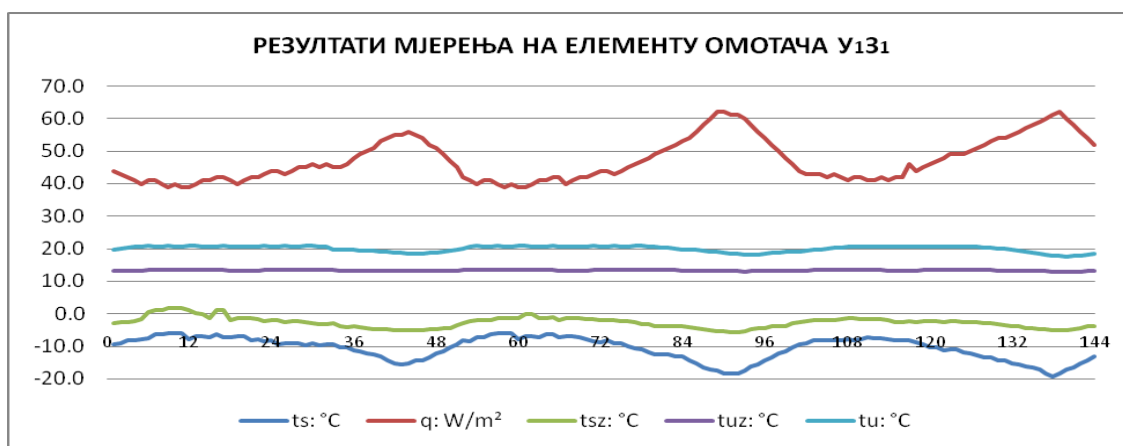


Слика 63. Приказ елемената омотача на југозападном изгледу узорка 1 (идентични елементи и на сјевероисточном изгледу)

За зидове, при одређивању вриједности  $U$ -кофицијената за предметни узорак, да би се теоретски (рачунски) прорачун, који подржава стандардом предвиђене коефицијенте топлотне проводљивости слојева елемента омотача, прилагодио стварној (реалној) вриједности, извршено је мјерење на лицу мјеста густине топлотног флуksа, унутрашње и спољашње температуре ваздуха и омотача карактеристичног елемента узорка. Прије одређивања мјерног мјеста, да би се

избјегли дводимензионални и тродимензионални пролази топлоте кроз омотач (топлотни мостови), те разне неправилности (недостатак фасадног малтера) и деградације (повећана влажност) елемента настале временом извршен је преглед омотача термовизијском камером, након чега је изабран сјеверозападни парапетни зид на четвртој етажи (трећи спрат), који је уједно и карактеристични елемент омотача У<sub>131</sub> (фасадни зид дебљине 28,5cm - продужни кречни малтер 1,5cm, пуна опека 25cm, продужни кречни малтер 2cm). На омотачу просторије (спаваче собе), због потреба мјерења, прозори су три дана (72 сата) били потпуно затворени, док су унутрашња врата просторије била у отвореном положају. Плочица мјерног уређаја постављена је са унутрашње стране парапетног зида по вертикали на средини од пода до прозора, као и по хоризонтали од гријног тијела (радијатора) до преградног зида.

Мјерење, горе наведених параметара, је вршено вишеканалним мјерним уређајем ALMEMO ALBHORN 2690-8 у опсегу од 72 сата са 144 забиљежена податка (меморисање на пола сата), од 8 ујутро 02.02.2012. до 7 и 30 ујутро 05.02.2012., када је забиљежена просјечна спољашња температура од око -10°C, без падавина, да би просјечна температура ваздуха у просторији узорка била око 20°C (Графикон 33.).



Графикон 33. Забиљежене вриједности спољашње температуре ваздуха -  $t_s$ , густине топлотног флукса -  $q$ , температуре спољашње површине зида -  $t_{sz}$ , температуре унутрашње површине зида -  $t_{uz}$  и температуре ваздуха у просторији -  $t_u$  на елементу омотача У<sub>131</sub>

Након добијених података кориштене су три прорачунске релације (формуле) за одређивање U-кофицијента, у којима је једино вриједност густине топлотног флукса стално присутна, док се параметри температура укључују у зависности од

околних утицаја. Прва и основна релација када осим вриједности густине топлотног флуksа у прорачуну учествују параметри температуре ваздуха унутар и изван просторије:

$$U = \frac{q}{t_u - t_s}.$$

У случају да се раслојава ваздух унутар просторије користи се релација :

$$U = \frac{1}{\frac{t_{uz} - t_{sz}}{q} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{1}{\alpha_s}},$$

гдје осим густине топлотног флуksа, користе се температуре унутрашње и спољашње површине зида, те отпори прелазу топлоте чије су вриједности предвиђене стандардом  $\frac{1}{\alpha_u} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$  и  $\frac{1}{\alpha_s} = R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Сензори мјерног уређаја су осјетљиви на директно сунчево зрачење, падавине и вјетар, те да би се у потпуности искључили овакви метеоролошки утицаји користи се релација:

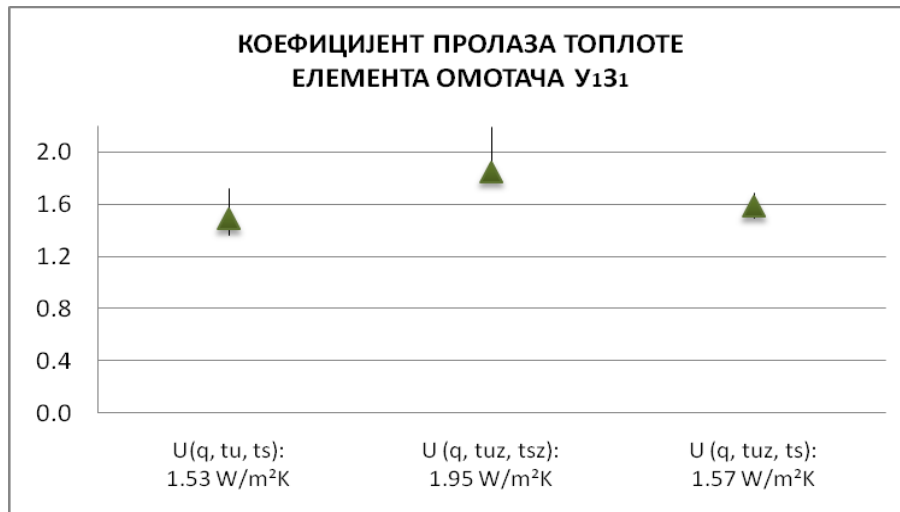
$$U = \frac{1}{\frac{t_{uz} - t_s}{q} + \frac{1}{\alpha_u}},$$

гдје осим густине топлотног флуksа, користе се температуре унутрашње површине зида и температура спољашњег ваздуха, те отпор прелазу топлоте са ваздуха на унутрашњу страну зида  $\frac{1}{\alpha_u} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Просјечна вриједност U-коэффицијента елемента омотача У1З1, кроз двије релације подржава вриједност од  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , што говори да се у теоретском прорачуну мора узети коэффициент топлотне проводљивости опеке од  $0,58 \text{ W/mK}$ , односно у стандарду то је опека густине  $1400\text{kg/m}^3$  и продужни кречни малтер од  $0,85 \text{ W/mK}$ .

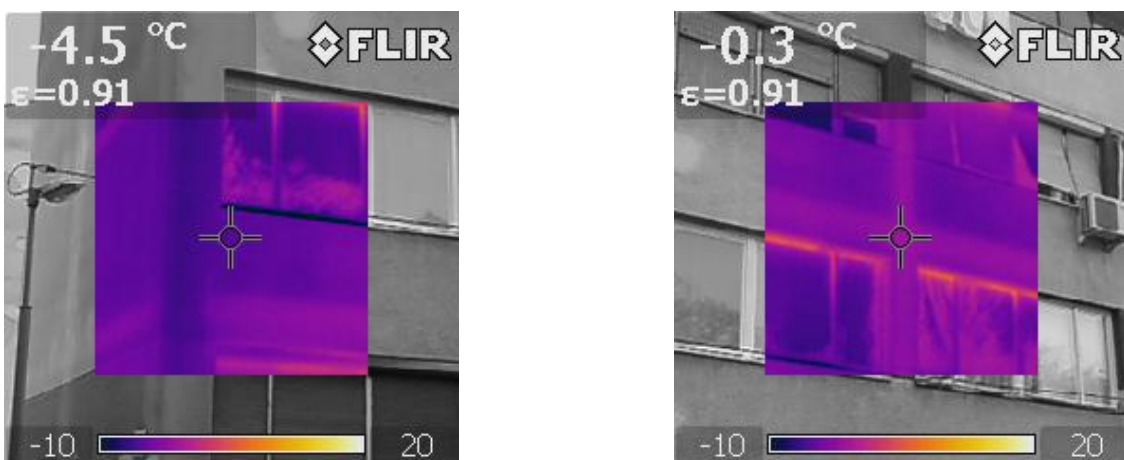


При прорачуну вриједности U-кофицијента елемента омотача  $U_{13_1}$ , може се закључити да се најконстантнија вриједност десила у трећој релацији, те са горе наведеним кофицијентима топлотне проводљивости материјала који чине слојеве овог елемента, потврђује се и прихвата вриједност од  $U = 1,57 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Графикон 34.).

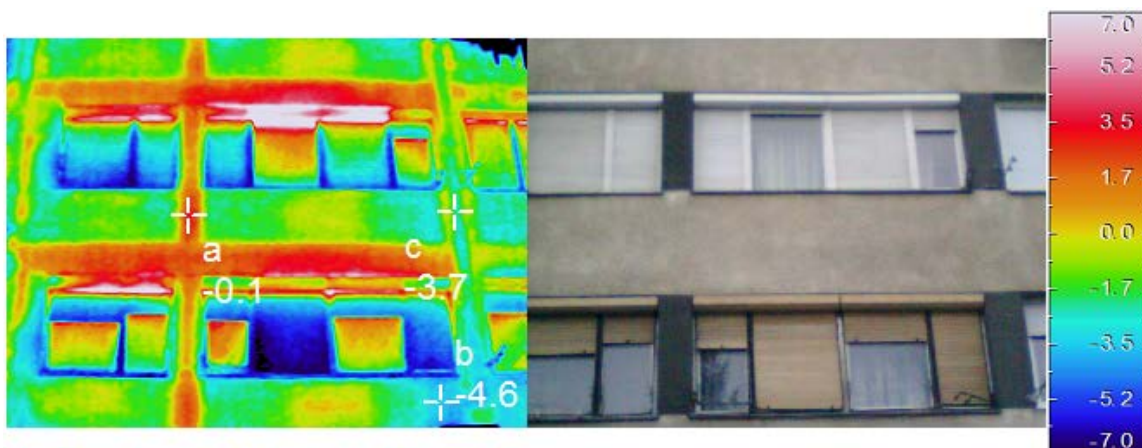


Графикон 34. Три релације прорачуна и вриједности U-кофицијента при измјереним параметрима видним на Графикону 33.

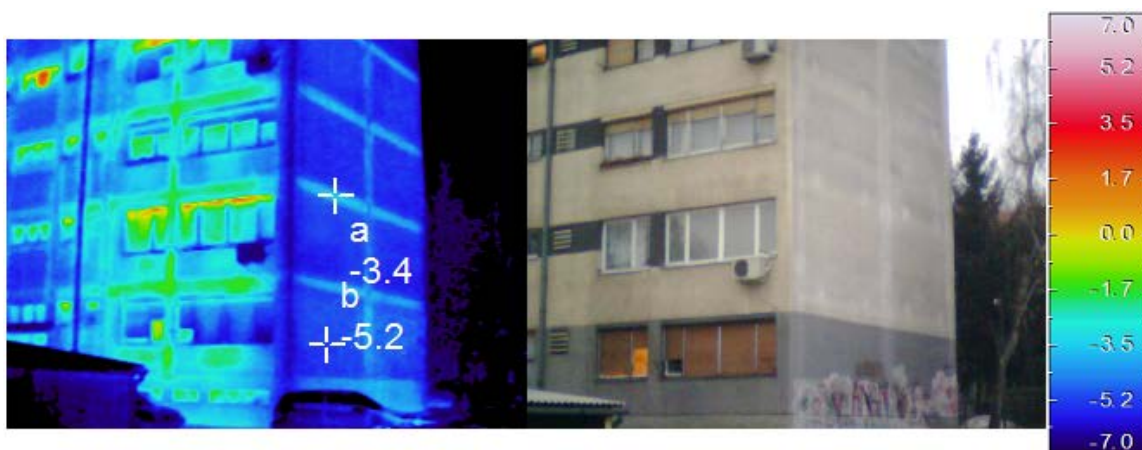
Вриједности U-кофицијената карактеристичних дијелова омотача, добијене су теоретским доказом (прорачуном) - ПРИЛОГ Д Табела Д1., који је уједно испраћен квалитативном методом инфрацрвене термографије, термографском камером FLIR b60 (Слика 64.) и InfRes Thermo GEAR G120/G100 (Слика 65. и 66.), упоређивањем варијација температура на посматраном омотачу узорка и то у односу на температуру елемента  $U_{13_1}$  (Слика 64., 65. и 66.).



Слика 64. Снимак сјеверозападног фасадног зида - елемент  $U_{13_1}$  (лијево) и елемент  $U_{13_2}$  (десно)



Слика 65. Снимак сјеверозападног фасадног зида - тачка b ( $U_{13_1}$ ), тачка a ( $U_{13_2}$ ) и тачка c ( $U_{13_2}$  на мјесту преградног зида)



Слика 66. Снимак сјевероисточног зида – тачка a ( $U_{13_4}$ ) и тачка b ( $U_{13_3}$ )

Термографски снимци нетранспарентних елемената омотача говоре да елемент  $U_{13_1}$  има просјечну температуру од око  $-4,5^{\circ}\text{C}$  ( $1,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Температурна градација говори да је елемент  $U_{13_3}$  има најнижу температуру  $-5,2^{\circ}\text{C}$ , односно да је елемент са најнижим U-кофицијентом ( $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), а да елемент  $U_{13_2}$  има највишу температуру око  $-0,3^{\circ}\text{C}$ , те с тим и највиши U-кофицијент ( $3,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). На снимцима је видно да су за нетранспарентне елементе омотача фасадног зида највећи губици топлоте узорка преко елемента омотача  $U_{13_2}$  и  $U_{13_4}$  (армирано-бетнски серклажи - топлотни мостови) и да се њихове температурне разлике крећу од  $-0,1^{\circ}\text{C}$  до  $-3,7^{\circ}\text{C}$  (у зависности од положаја елемента – нижа температура елемента је ако елемент иза себе има преградни зид или међуспратну таваницу). Транспарентни елементи омотача  $U_{1\text{PP}_1}$  имају температуру која је најприближнија елементу  $U_{13_2}$  (претежно зелена боја, Слика

66.), што говори да би им просјечни U-коэффицијент требао бити приближно исти. Видно је на снимцима и да су највећи топлотни губици на споју прозора са хоризонталним серклажом (кретање ваздуха навише, прозор на првом спрату) и да су губици умањени ако прозор посједује спољашњу ролетну (прозори на приземљу и другом спрату).

Коефицијент пролаза топлоте сваког елемента узорка (видно у табелама ПРИЛОГА Д), а како је горе на почетку овог поглавља наведено, увећан је за  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , због постојања линијских и тачкастих топлотних губитака. Анализом узорка, уз помоћ лиценцираног програм ENVI EAB, ако не узимамо у обзир увећање коефицијената пролаза топлоте сваког коефицијента за  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  добићемо нижу специфичну потрошњу енергије за гријање на годишњем нивоу за  $10 \text{ kWh/m}^2$ , односно за 6% нижу потрошњу.

За међуспратну конструкцију изнад негријаног полуукопаног подрума (хоризонтална раван омотача – под узорка), као што је већ горе наведено коефицијенти пролаза топлоте изведени су на основу стандарда EN ISO 13370 (U-floor excel tool ENVI) за преношење топлоте преко тла, ако узмемо у обзир за прорачун међуспратне конструкције изнад негријаног простора само отпор слојева међуспратне конструкције, те унутрашњи и вањски отпори прелазу топлоте од по  $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$  са фактором корекције температуре од  $F_{xi} = 0,5$  (према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Србије) и са увећањем од  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  за сваки елемент, добијамо за елемент  $U_1\Pi_1 - U=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ , за  $U_1\Pi_2 - U=0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_1\Pi_3 - U=1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  и  $U_1\Pi_4 - U=0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Са оваквим прорачуном за под добијамо потрошњу енергије за гријање Узорка 1 умањену за  $4,3 \text{ kWh/m}^2$  на годишњем нивоу, односно умањену за око 3%.

Вертикалне нетраспарентне елементе омотача, неопходно је приказати кроз површине и припадајуће коефицијенте пролаза топлоте (U-коэффицијенте) у односу на оријентацију (Табела 18.).

Вертикалне површине транспарентних елемената омотача изведене су у односу на вриједност U-коэффицијента и g-коэффицијента према оријентацији узорка. Површине пода (међуспратна конструкција изнад негријаног подрума) су изведене према врстама слојева, односно карактеристичној вриједности U-

коэффициента. Површина крова је у односу на површину међуспратне конструкције последње етаже (међуспратна конструкција ка негријаном кровном простору).

Табела 18. Укупне и појединачне површине карактеристичних елемената омотача УЗОРКА 1 и њихове еквивалентне вриједности коефицијената

ЕЛЕМЕНТИ ОМОТАЧА							
ВЕРТИКАЛНЕ РАВНИ							
ОРИЈЕНТАЦИЈА	НЕТРАНСПАРЕНТНИ			ТРАНСПАРЕНТНИ			
ЗИДОВА	ОЗНАКА	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	ОЗНАКА	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	g [-]
СЈЕВЕРОИСТОК	<b>У133</b>	109,75	1,26				
	<b>У134</b>	23,67	2,79				
<b>УКУПНО</b>		<b>133,42</b>	<b>1,53</b>				
ЈУГОИСТОК	<b>У131</b>	240,00	1,67	<b>У1ПР1</b>	172,80	3,10	0,46
	<b>У132</b>	126,45	3,28	<b>У1ПР2</b>	17,85	3,41	0,42
				<b>У1ВР</b>	4,75	5,58	0,50
				<b>У1ПР3</b>	14,45	2,94	0,14
				<b>У1ПР4</b>	18,70	2,98	0,41
<b>УКУПНО</b>		<b>366,45</b>	<b>2,23</b>		<b>228,55</b>	<b>3,15</b>	<b>0,43</b>
ЈУГОЗАПАД	<b>У133</b>	109,75	1,26				
	<b>У134</b>	23,67	2,79				
<b>УКУПНО</b>		<b>133,42</b>	<b>1,53</b>				
СЈЕВЕРОЗАПАД	<b>У131</b>	227,35	1,67	<b>У1ПР5</b>	230,40	3,10	0,56
	<b>У132</b>	116,00	3,28	<b>У1ПР6</b>	11,90	2,98	0,18
				<b>У1ПР7</b>	9,35	2,98	0,48
<b>УКУПНО</b>		<b>343,35</b>	<b>2,21</b>		<b>251,65</b>	<b>3,09</b>	<b>0,54</b>
ХОРИЗОНТАЛНЕ РАВНИ							
КРОВ	<b>У1Кекв.</b>	<b>405,00</b>	<b>1,64</b>				
ПОД	<b>У1П1</b>	265,80	1,00				
	<b>У1П2</b>	87,70	0,96				
	<b>У1П3</b>	26,20	1,49				
	<b>У1П4</b>	25,30	0,97				
<b>УКУПНО</b>		<b>405,00</b>	<b>1,02</b>				

Након израчунавања горе наведених података и уношења у лиценцирани програм ENVI EAB добијамо еквивалентне параметре просјечног U-коэффицијента за зидове од 2,03 W/m<sup>2</sup>K, за транспарентне дијелове омотача (прозоре и улазна врата) 3,12 W/m<sup>2</sup>K, за кров 1,64 W/m<sup>2</sup>K и под 1,02 W/m<sup>2</sup>K. Просјечан фактор дотока од сунца, односно g-коэффицијент сходно оријентацији и засјенчености од изграђене околине, код овог узорка износи 0,49. При анализи узорка, ако не узмемо у обзир засјенченост узорка од околине ( $f_s$ ), односно да при прорачуну није умањен g-коэффицијент прозора на југоисточном дијелу омотача, просјечан

фактор дотока од сунца износио би око 0,53, те би узорак имао нижу специфичну потрошњу енергије за гријање за 4,4 kWh/m<sup>2</sup>, односно за око 2,7%.

У случају да се уопште не узима у обзир параметар дотока од сунца, Узорак 1 би имао увећану специфичну потрошњу енергије за гријање за 26,5% (181,6 kWh/m<sup>2</sup> -зона станова 18,8°C – стварно стање), односно за 24,3% при прорачуну пројектне температуре од 20°C у зони станова (204,4 kWh/m<sup>2</sup>). Ако изузмемо заједно спољашњи утицај (доток) од сунца кроз транспарентне елементе омотача (g-коэффициент) и интерне (унутрашње) доприносе од расвјете и уређаја, као и од корисника, специфична потрошња енергије за гријање Узорка 1 повећаће се за 57% (225,7 kWh/m<sup>2</sup> -зона станова 18,8°C), односно за 51,5% при прорачуну пројектне температуре од 20°C у зони станова (249 kWh/m<sup>2</sup>).

Процјењена инфилтрација ваздуха за предметни узорак, на чију су вриједност утицали микроклиматски параметари – средња брзина вјетра мања од 1m/s и веома заклоњен положај узорка, те заптивеност омотача узорка, која је од средње ка лошој, износи 0,6 1/h.<sup>118</sup> Анализом узорка са порастом инфилтрације на 0,7 специфична потрошња енергије за гријање узорка порашће на годишњем нивоу за око 8 kWh/m<sup>2</sup>, односно за 5%, док инфилтрација од 0,9 говори о порасту на годишњем нивоу за око 24,5 kWh/m<sup>2</sup>, односно око 15%.

Из свега горе наведеног видимо да на прорачун специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 1 утиче процјена (након прорачуна или стандардом усвојене вриједности) параметара, који некада значајно утичу на добијени износ потрошње, а некад занемариво. Сагледани су поједини параметри када појединачно учествују у деградацији резултата потрошње, те наравно ако је њихов утицај збиран могу се десити веома значајна помјерања висине потрошње енергије (Графикон 35.). Уједно то говори колика је важност процјенити параметре уз помоћ мјерних инструмената.

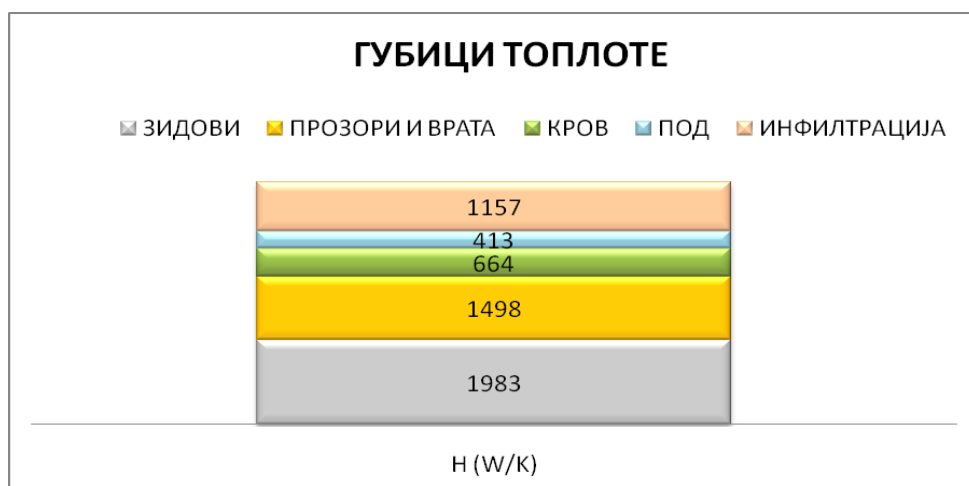
---

<sup>118</sup> Инфилтрација ваздуха, односно број измјена ваздуха по сату од 0,3 до 1,5 односи се нпр. на прозоре који су благо нагнути (отклопљени) док је заштита (вањска ролетна) на прозорима спуштена према Krippner R., Musso, F., Basic Facade Apertures, Birkhauser: Basel, Boston, Berlin, 2008., стр. 22. и Правилник о енергетској ефикасности зграда Републике Србије

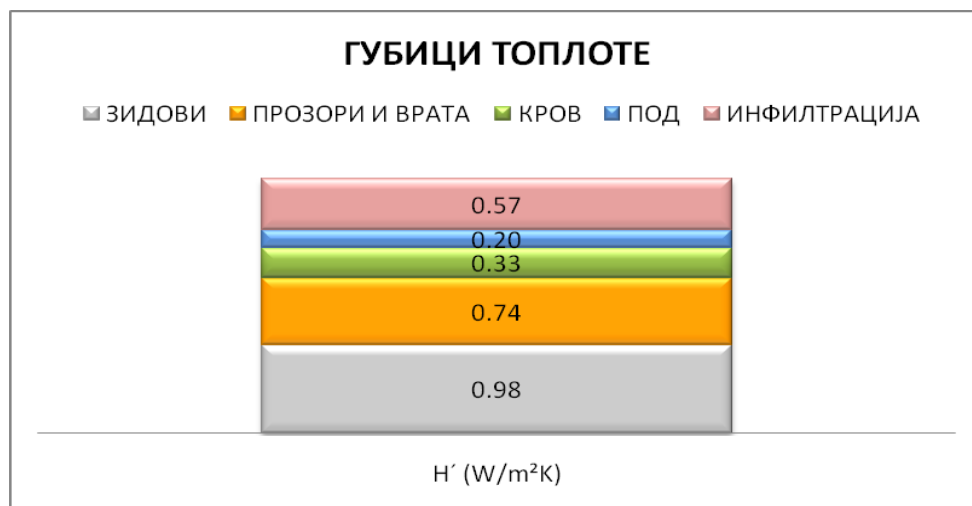


Графикон 35. Упоредни приказ утицаја параметара на прорачун специфичне потрошње топлотне енергије Узорка 1 при стварној и пројектној температури у зони станова

Након свих добијених параметара лиценцирани програм ENSI EAB израчунава, преко површина елемената омотача и њихових просјечних U-кофицијента, да су коефицијенти трансмисионих губитака топлоте Узорка 1, укупно 4458 W/K, док је коефицијент вентилационог губитка топлоте 1157 W/K (Графикон 36.), што укупно износи 5715 W/K, те сведено на површину узорка израчунава и специфичне трансмисионе и вентилационе губитке који укупно износе 2,82 W/m<sup>2</sup>K (Графикон 37.).



Графикон 36. Губитци топлоте (трансмисиони и вентилациони) у W/K кроз елементе омотача узорка 1 према програму ENSI EAB



Графикон 37. Губици топлоте (трансмисиони и вентилациони) у W/m²K кроз елементе омотача узорка 1 према програму ENSI EAB

### 5.3.2.3 Потрошња финалне енергије за гријање Узорка 1

На висину финалне (коришћене) енергије за гријање у згради, осим података који су добијени из анализе карактеристика омотача, топлотног капацитета и осталих горе наведених референтних података предметног узорка, утичу још и допринос од система вентилације, расвјете и разне опреме/апарата, који су потрошачи електричне енергије.

Систем топлотног загријавања просторија станова овог узорка је преко градског даљинског гријања. Систем који је у овај узорак накнадно уведен 1970. године, када је основана градска “Топлана”<sup>119</sup>, и указује на потрошњу топлотне енергије која се обрачунава према нето површини стамбеног простора.

Прорачун производње топлотне енергије „Топлане“ врши се на основу утврђеног норматива утрошка мазута за јединицу произведене енергије, те планског режима спољних температура ваздуха и планираног конзума купаца

<sup>119</sup>Акционарско друштво „Топлана“ Бањалука, представља највећи топлификациони систем на мазут у Републици Српској и Босни и Херцеговини са инсталисаним извором енергије (котлова) од 232MW. Стамбени потрошачи чине 80% структуре купаца - потрошача овог система, или приближно 1/3 стамбеног фонда града Бањалука, доступно 26.11.2012. на <http://www.bltoplana.com/>.

енергије. За 1 MWh норматив утрошка мазута је 115kg, плански режим је 224MW уз просјечно кретање спољну температуру од 5,5°C.<sup>120</sup>

Према подацима „Топлане“ цијена мазута са ПДВ-ом у јануару 2009. године износила је око 630KM/t, да би у јануару 2010. била око 925 KM/t. Тренд поскупљења мазута говори и да је у јануару 2011. цијена са ПДВ-ом била око 1120KM/t, да би у октобру исте године износила 1333 KM/t. Производња топлотне енергије „Топлане“ Бањалука у 2011. години износила је 209000 MWh, што је чинило утрошак мазута од 25500t, утрошак електричне енергије од 13444MWh и утрошак од 289000m<sup>3</sup> воде.

Када анализирамо потрошњу топлотне енергије овог узорка који се наплаћује корисницима, говоримо о просјечној потрошњи на годишњем нивоу од око 148kWh/m<sup>2</sup> (тачно 147,96 kWh/m<sup>2</sup>). Ова потрошња изведена је према рачунима „Топлане“, која 1m<sup>2</sup> наплаћује 1,65KM са ПДВ-ом или 1MWh - 133,82KM са ПДВ-ом (цијена на снази од 01.јануара 2011.године, важи и за 2012.годину).

Нето површина узорка према „Топлани“ је 1530m<sup>2</sup>, што износи

$$\begin{aligned} 1530 \text{ m}^2 \times 1,65 \text{ KM/m}^2 &= 2524,5 \text{ KM} \times 12 \text{ мјесеци} = 30294 \text{ KM}, \\ 30294 / 133,82 \text{ KM/MWh} &= 226,378 \text{ MWh} = 226378 \text{ kWh} \\ 226378 \text{ kWh}/1530\text{m}^2 &= 147,96 \text{ kWh/m}^2 \end{aligned}$$

Мјерењем температура ваздуха у узорку и температуре на главном цијевном разводу у узорку, који је детаљније описан у овом раду у поглављу 5.3.1, указано је на губитке на вањском разводу гријања од централног постојења до топлотне подстанице, као и на губитке развода од топлотне станице до зграде репрезентативног узорка. Ови параметри могу бити узрок топлотном комфору у узорку који није на задовољавајућем нивоу, односно није на нивоу који је стандардом предвиђен. Колико је важно изанализирати и указати на стварну потрошњу енергије у узорку, говоре баш овакви параметри када корисник има лош топлотни комфор, нема никакав утицај на регулацију температуре у свом стамбеном простору, а при томе појављује се немогућност централног градског гријања да обезбједи (достави, пошаље) довољну количину топлотне енергије

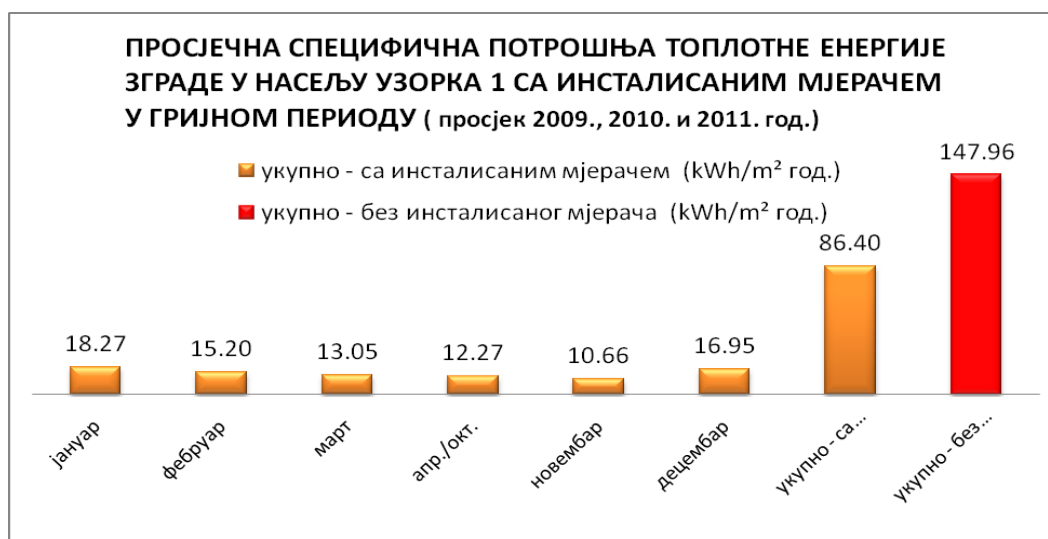
---

<sup>120</sup> Стање у септембру 2011. године је 20096 стамбених јединица са укупном гријном површином од 1054850m<sup>2</sup> или приближно 142MW и 1073 пословних купаца или 61 MW инсталисане снаге, из интерног документа Топлане под називом План и програм рада „Топлана“ а.д.Бањалука за 2012. годину, новембар 2011.



према узорку са постојећим топлотним карактеристикама омотача, карактеристике какве тренутно узорак посједује.

У гријној сезони од 15. октобра до 15. априла (6 мјесеци), ако у току дана гријање траје 16h, могуће је максимално имати 2912h гријања. Број степен дана за Бањалуку процјењен је на 2774.<sup>121</sup> У трогодишњем периоду (2009., 2010. и 2011. год.) када Бањалука биљежи вишу просјечну спољашњу температуру у гријном периоду износила је 2610 степен дана. Ако узмемо у обзир зграду (зграда на адреси Ђуре Јакшића бр.3.), која потиче из истог периода као и Узорак 1 и која се налази у непосредној близини Узорка 1 (значајно због припадности истом насељу и тиме истом вањском разводу гријања) која је обновљена и надограђена 2007. године, али која је била истог конструктивног система и материјализације, исте оријентације само мање нето површине (498m<sup>2</sup>), а у којој је уграђен ултразвучни мјерач - калориметар, за период од 2009. до 2011. године (просјек гријања, у овом трогодишњем периоду, годишње од 180,4 дана), забиљежена је просјечна потрошња топлотне енергије од 7171,66kWh/мјесецу (43030 kWh на годишњем нивоу). Узимајући у обзир нето површину зграде од 498 m<sup>2</sup> ријеч је о просјечној специфичној потрошњи топлотне енергије од 86,4 kWh/m<sup>2</sup> (Графикон 38.).



Графикон 38. Просјечна специфична потрошња топлотне енергије по мјесецима и на нивоу године (просјек три године) зграде са инсталисаним мјерачем и без инсталисаног мјерача према цијени коштања градског гријања по m<sup>2</sup> нето површине и 1 MWh у насељу узорка 1 (Кочићев вијенац)

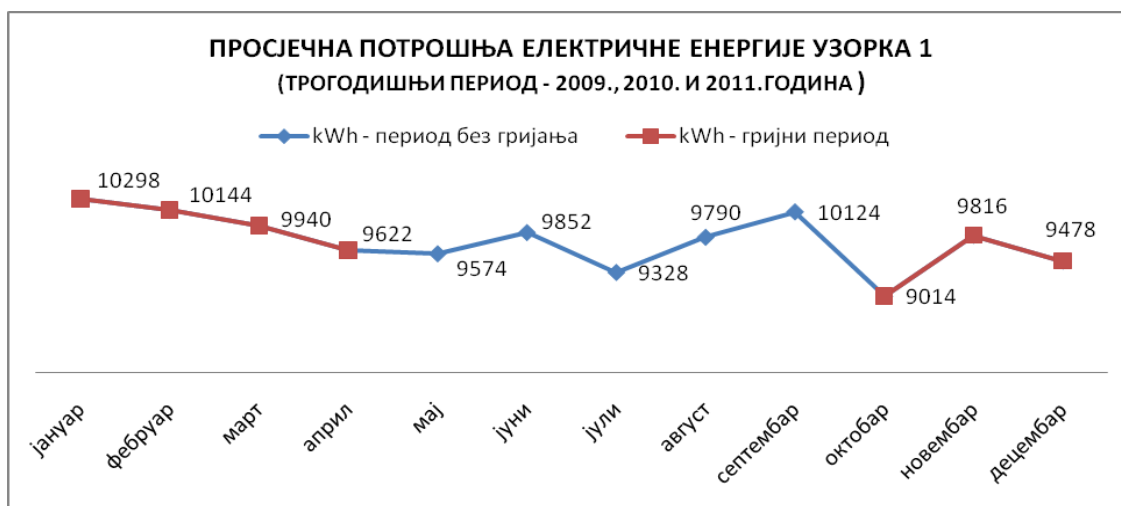
<sup>121</sup> Број степен дана наведен у интерном документу Топлане „План и програм рада „Топлана“ а.д.Бањалука за 2012. годину“.

Према ријечима корисника, односно овлаштене особе заједнице етажних власника, *унутрашња температура у становима је такође ниска, односно око 18°C, али је уграђивањем калориметра бар цијена гријања нижа за 40-45%*, говори да калориметар биљежи стварну испоруку топлотне енергије од стране „Топлане“ на годишњем нивоу од 86,4 kWh/m<sup>2</sup>, у односу на 147,96 kWh/m<sup>2</sup> топлотне енергије коју је „Топлана“ наплаћивала корисницима ове зграде и коју наплаћује корисницима Узорка 1 на основу просјека трогодишњег периода од јануара 2009.године до децембра 2011. године.

Систем вентилације стамбених зграда не утиче на потрошњу енергије, јер је заступљена природна вентилација, односно која се одвија природним путем отварањем прозора и вентилационим отворима (систем димњачких канала) у купатилу и кухињи.

Систем загријавања воде, није посебан систем, већ је укључен у систем разних потрошача електричне енергије (преко неискористивих уређаја у сваком стану – бојлера). Узорак, односно корисници узорка изводе потрошњу воде од око 411m<sup>3</sup> у гријном периоду, што износи просјечно 195 литара на дан по кориснику.

Допринос од система расвјете и разних потрошача електричне енергије на специфичну потрошњу енергије за гријање испраћен је преко података Електродистрибуције Бањалука за три године (2009., 2010. и 2011.) - Графикон 39.



Графикон 39. Просјечна потрошња електричне енергије узорка 1 по мјесецима (просјек три године) према инсталисаном мјерачу

Према подацима потрошња електричне енергије узорка 1 је највећа у јануару, који је и нахладнији мјесец (средња мјесечна температура спољашњег ваздуха  $1,1^{\circ}\text{C}$ ), а затим у септембру ( $16,1^{\circ}\text{C}$ ), што указује на равномјерну потрошњу током цијеле године, као и то да се корисници узорка, из финансијских разлога, у просјеку не излажу додатним трошковима за загријавање свог стамбеног простора.

Предметни узорак у просјеку за ове три године у зимском периоду (гријни период) имао је потрошњу електричне енергије од  $58994\text{kWh}$ , што износи  $38,56\text{kWh/m}^2$  на годишњем нивоу за период гријања (Графикон 40.). У стандарду EN ISO 13790 наведено је да је просјечна годишња потрошња електричне енергије по јединици гријане површине стамбеног простора (више станова) износи око  $30\text{kWh/m}^2$ .



Графикон 40. Просјечна специфична потрошња електричне енергије Узорка 1 према мјесецима и на годишњем нивоу за гријни период (просјек три године)

Посматрањем узорка за потрошњу електричне енергије за расвјету изведен је просјек по стану од  $252\text{kWh}$ . Таква потрошња говори о расвјети снаге  $300\text{W}$  у трајању од  $5\text{h}$ , што за гријни период (6 мјесеци) износи  $840\text{h}$ , или  $200\text{W}$  у трајању од  $7,5\text{h}$ , што износи  $1260\text{h}$ . Узорак од 30 станова чини потрошњу од  $7560\text{kWh}$ , те просјечна специфична потрошња електричне енергије за расвјету на годишњем нивоу износи  $4,94\text{kWh/m}^2$ .

Потрошачи електричне енергије, као што су бојлери, машине за прање веша и суђа, фрижидер, штедњак, пегла, телевизор, рачунари, усисивач и остала опрема коју узорак посједује у зависности од социјалног и материјалног статуса

корисника, спадају у разне потрошаче који су подјелени у искористиве и неискористиве.

Процјењено је за потребе лиценцираног програма ENSI EAB специфична потрошња електричне енергије за разне уређаје на годишњем нивоу укупно  $33,6 \text{ kWh/m}^2$ , односно  $25,6 \text{ kWh/m}^2$  за разне искористиве уређаје и  $8 \text{ kWh/m}^2$  за неискористиве.

Оваква поставка потрошње електричне енергије дала је допринос енергији за загријавање узорка на годишњем нивоу од око  $2,5 \text{ kWh/m}^2$  од расвјете и око  $13 \text{ kWh/m}^2$  од разних уређаја (добито уз помоћ лиценцираног програма ENSI EAB).

Сви горе наведени параметри преко програма израчунавају потребну енергију за гријање узорка 1, која износи  $91,5 \text{ kWh/m}^2$  (2774 степен дана), што се у потпуности пропорционално степен данима подудара са зградом у истом насељу у којој је горе наведена мјерена потрошња топлотне енергије ( $86,4 \text{ kWh/m}^2$  – за 2610 степен дана гријања). Специфична потрошња енергије, јединица којом се мјери енергетска ефикасност зграде, односно стварна коришћена (финална) енергија, се у програму израчунава након уношења сљедећих параметара везаних за ефикасност система гријања унутар узорка (мјерења вршена при вањској температури од  $-10^\circ\text{C}$ , када је просјечна унутрашња температура узорка била  $18^\circ\text{C}$ ):

- емисиона ефикасност - изведене на основу ENSI-јевог алата, система гријања радијаторима постављеним на вањском зиду, без регулације температуре и просјечне унутрашње температуре узорка од  $18^\circ\text{C}$ , те полазне и повратне температуре носиоца топлоте  $45/40^\circ\text{C}$ , радом са прекидима и неуравнотеженог хидрауличког система дају емисионе губитке узорка од  $22,8 \text{ kWh/m}^2$  односно емисиону ефикасност од 80,1%,

- дистрибутивна ефикасност - изведене на основу ENSI-јевог алата, систем гријања унутар узорка, гдје развод главних цијеви се налази у негријаном подруму просјечне температуре од  $9,5^\circ\text{C}$ , средња температура медија  $43^\circ\text{C}$ , укупне еквивалентне дужине цијеви 93 m, са линеарним коефицијентом провођења топлоте од  $0,32 \text{ W/mK}$ , даје укупне неискористиве губитке од  $4,3 \text{ kWh/m}^2$ , односно дистрибутивну ефикасност од 98,2%,

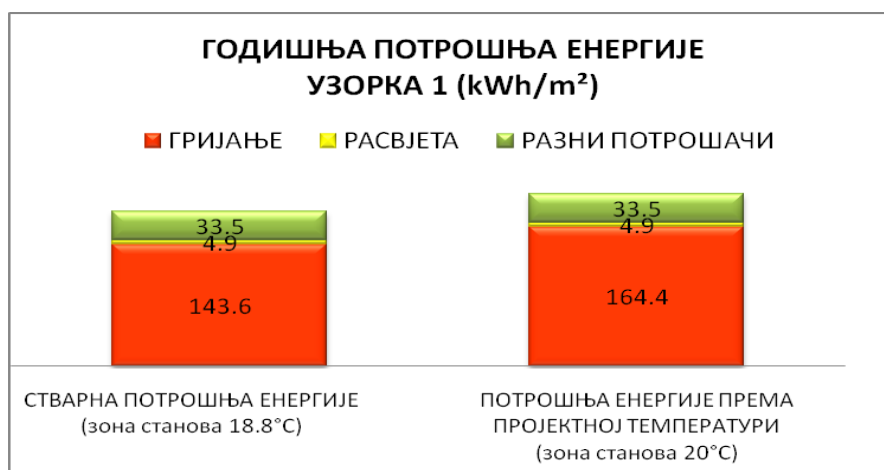
- аутоматска регулација - централна регулација у градској топлани која је у зависности је од спољне температуре ваздуха чини најнеефикаснију аутоматску регулацију зграде која износи 90%,

- техничко управљање зградом и праћење потрошње енергије у згради - не постоји систем управљања и праћења, односно мјерење потрошње топлотне енергије, ни у подстаници нити у самом узорку, па према класификацији стандарда износи 90%,

- ефикасност генератора топлоте - за градско централно гријање износи 100%.

Програма ENSI EAB Software израчунава специфичну потрошњу енергије за гријање узорка од 143,6 kWh/m<sup>2</sup>, за топлотни комфор који је тренутно у узорку.

Ако наведемо да просјечна температура узорка износи 19,2°C, односно да зона узорка под становима износи 20°C, док је у зони степеништа температура од 8,2°C ENSI EAB Software израчунава специфичну потрошњу енергије за гријање узорка од 164,4 kWh/m<sup>2</sup>, односно потрошња би се повећала за око 21 kWh/m<sup>2</sup>, ако би се узорку повећала просјечна температура за 1,2°C (достизање пројектне температуре), при истом, постојећем капацитету и карактеристикама омотача узорка (Графикон 41.)



Графикон 41. Упоредни приказ специфичне потрошња енергије Узорка 1 према билансним ставкама за стварни (постојећи) и пројектни (предвиђен стандардом) топлотни комфор

Према ENSI EAB Software укупна потрошња енергије Узорка 1 износи 182 kWh/m<sup>2</sup> при стварном, постојећем топлотном комфор, док би побољшање

топлотног комфора, повећањем унутрашње температуре узорка на пројектну температуру, чинило укупну потрошњу енергије од 202,8 kWh/m<sup>2</sup>.

Интересантно је да корисници узорка плаћају цијену за загријавање свог стамбеног простора за топлотну енергију која приближно одговара израчунатој специфичној потрошњи топлотне енергије помоћу програма ENSI EAB, а да градска топлана у просјеку за трогодишњи период (2009., 2010. и 2011.), испоручивала за око 40% мање топлотне енергије. Разлика у потрошњи топлотне енергије, говори да је могуће да просјечна температура могла бити и нижа унутар станова, него што је процјењена. Мјерења температуре у становима узорка нису вршена у трогодишњем периоду који је обухваћен рачунима комуналних служби (подаци изведени на основу инсталираних мјерача). Мјерења су вршена три дана у фебруару 2012. године када је разлика спољашње и унутрашње температуре била просјечно 30°C и то у стану који је скоро у средишту узорка, гдје се и очекује највиша температура, да би се на приземљу и на посљедњој етажи мјерила температура у једном дану и дошло до закључка да је неуравнотежена температура за 2-3°C. Из разговора са корисницима узорка почетком гријне сезоне 2011/2012, дошло је и до обуставе гријања, због квара на спољашњем разводу цијеви гријања, те узорак није скоро два мјесеца имао даљинско топлотно гријање. Интересантно је и да је при мјерењу протока у подстаници забиљежен за 33,3% мањи проток него што је градска топлана предвидјела за овај узорак (измјерен проток од 16m<sup>3</sup>, а предвиђено 24m<sup>3</sup>), затим да су сами корисници незадовољни топлотним комфором и да се све више корисника у овом насељу искључује са система даљинског гријања указује да је над предметним узорком неопходно извршити енергетску обнову омотача, из разлога немогућности даљинског система гријања да обезбједи испоруку топлотне енергије која би обезбједила топлотни комфор и одговарала постојећем стању узорка, па чак и без утицаја нових правилиника и стандарда који указују на обнову постојећих зграда из разлога енергетске уштеде и смањења емисија CO<sub>2</sub> у атмосферу.

#### 5.3.2.4 Потрошња примарне енергије за гријање и емисија CO<sub>2</sub> Узорка 1

Потрошња финалне (кориштене) енергије Узорка 1 израчуната је на основу границе од 1m од габарита зграде. При прорачуну потрошње примарне енергије и емисије CO<sub>2</sub> Узорка 1 у обзир се морају узети дистрибутивни губици цјевовода од градске топлане до топлотне станице и од топлотне станице до Узорка 1, који према горе наведеним процјенама износе око 42%. Примарно гориво за добијање топлотне енергије у градској топлани је мазут (тешко лож уље), те према њиховим подацима неопходан је утрошак од 115 kg за добијање 1 MWh<sup>122</sup>. Доња топлотна моћ тешког лож уља износи 37800 kJ/kg, односно 10,5 kWh/kg према DIN 51900-1;-2;-3.<sup>123</sup> Ако узмемо у обзир ове податке добијамо да градска топлана има ефикасност котла, која износи приближно 81%.

Према стандарду EN 15603<sup>124</sup> у анексу Е, за лож уље наведени су коефицијенти примарне енергије ( $f_p$ ) од 1,35 и емисије CO<sub>2</sub> ( $K$ ) од 330 kg/MWh.

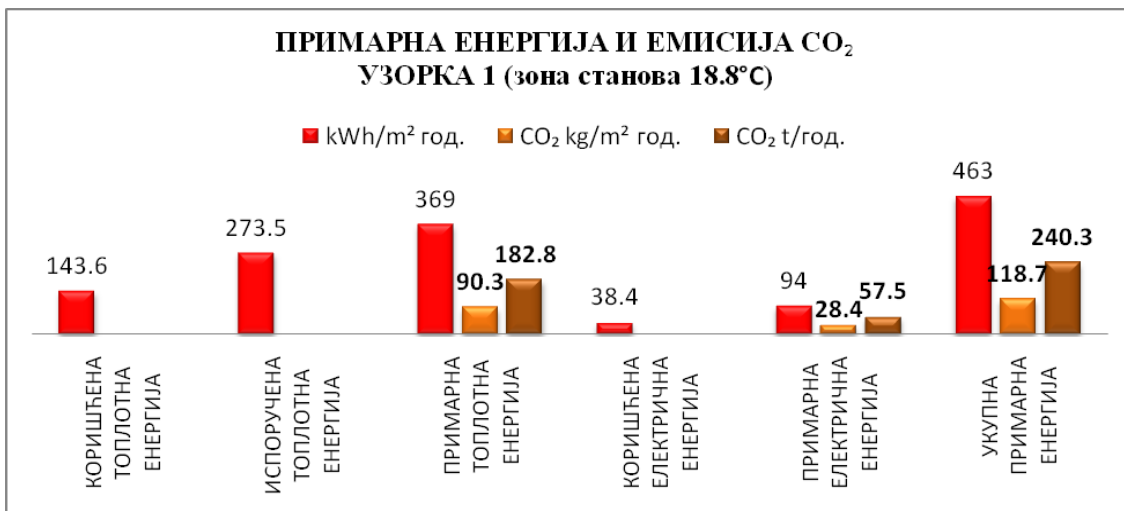
Потрошња финалне (коришћене) енергије за гријање Узорка 1 износи 143,6 kWh/m<sup>2</sup>, са смањеном укупном ефикасношћу градске топлане према насељу Узорка 1 од око 50% (топлотни губици на цјевоводу око 40% и ефикасност котла 81%) даје испоручену топлотну енергију из градске топлане од 273,5 kWh/m<sup>2</sup>. Потрошња примарне енергије за гријање узорка 1 на годишњем нивоу износи 369kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 90,3 kg/m<sup>2</sup>, односно 182,8 тона на годишњем нивоу (Графикон 42.).

---

<sup>122</sup> Интерни документ „Топлане“ под називом План и програм рада „Топлана“ а.д.Бањалука за 2012. годину, новембар 2011.

<sup>123</sup> Рекнагел, Х., Грејање и климатизација, 7. измјењено и допуњено издање, Врњачка бања: Интерклима, 2011. у Табели 1.3.6-4 Минимални услови које ложно уље треба да испуњава, стр.218

<sup>124</sup> EN 15603:2008, Energy performance of buildings — Overall energy use and definition of energy ratings



Графикон 42. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 1 при постојећем (стварном) топлотном комфору (зона станова 18.8°C) и емисије CO<sub>2</sub>

За укупну примарну потрошњу енергије у Узорку 1, неопходни су параметри производње електричне енергије, која је у Републици Српској базирана 45% на хидроелектранама и 55% на термоелектранама (угаљ).<sup>125</sup> Према стандарду EN 15603 у анексу Е за електричну енергију добијену из хидроелектрана коефицијенти су за примарну енергију ( $f_p$ ) 0,50 и емисију CO<sub>2</sub> ( $K$ ) 7 kg/MWh, док је за електричну енергију добијену из термоелектрана на угаљ за примарну енергију ( $f_p$ ) 4,05 и емисију CO<sub>2</sub> ( $K$ ) 1340 kg/MWh. Производња електричне енергије у Републици Српској према овим параметрима има специфичну емисију CO<sub>2</sub> од 740,15 kg/MWh и коефицијент примарне енергије од око 2,4525.

Према овим параметрима потрошња електричне енергије Узорка 1 од 38,4 kWh/m<sup>2</sup> износи 94 kWh/m<sup>2</sup> примарне електричне енергије и емисију CO<sub>2</sub> од 28,4kg/m<sup>2</sup>.

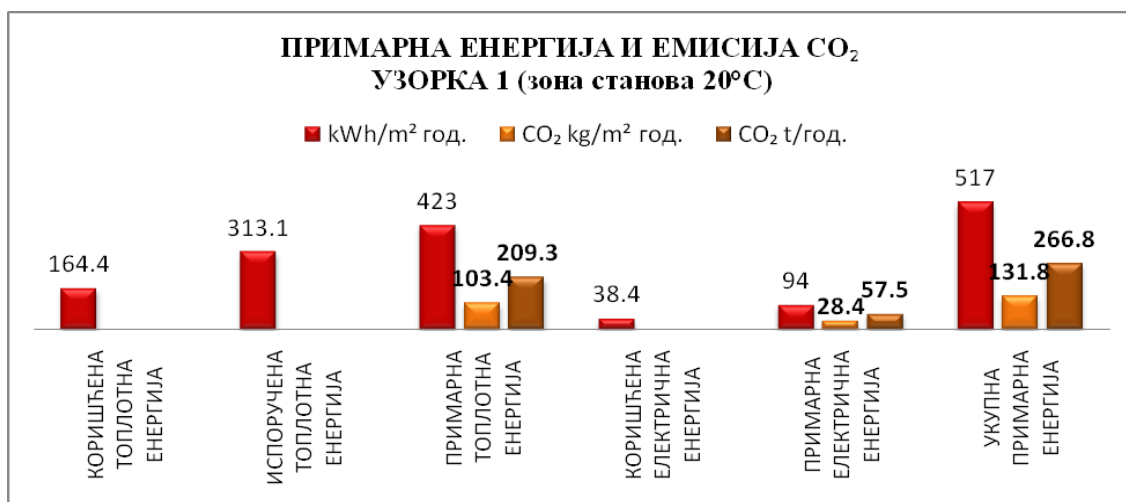
Укупна потрошња примарне енергије Узорка 1 износи 463 kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 118,7 kg/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу, односно 240,3 тоне на годишњем нивоу (Графикон 42.).

<sup>125</sup> подаци из Енергетског биланса РС план за 2010., 2011. и 2012. годину, документи Владе Републике Српске, преузето 15.08. 2011., 29.09.2012., 07.12.2012. са сајта [http://www.vladars.net/sr-SPCyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Pages/Energetski\\_bilans\\_Republike\\_Srpske](http://www.vladars.net/sr-SPCyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Pages/Energetski_bilans_Republike_Srpske)



Ако узмемо у обзир потрошњу енергије за гријање према пројектној температури од 20°C у зони станова од 164,4 kWh/m<sup>2</sup>, тада говоримо о испорученој топлотној енергији из градске топлане од 313,1 kWh/m<sup>2</sup>. Потрошња примарне енергије за гријање Узорка 1 на годишњем нивоу износи 423kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 103,4 kg/m<sup>2</sup>, односно 209,3 тоне на годишњем нивоу.

У том случају укупна потрошња примарне енергије Узорка 1 износи 517 kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 131,8 kg/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу, односно 266,8 тона на годишњем нивоу (Графикон 43.).



Графикон 43. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 1 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова 20°C) и емисије CO<sub>2</sub>

## 5.4 Енергетски аудит стамбене зграде просперитетне градње – Узорак 2 – насеље Борик

### 5.4.1 Насеље Борик са освртом на стамбени блок репрезентативног узорка – урбанистички параметри релевантни за енергетску ефикасност Узорка 2

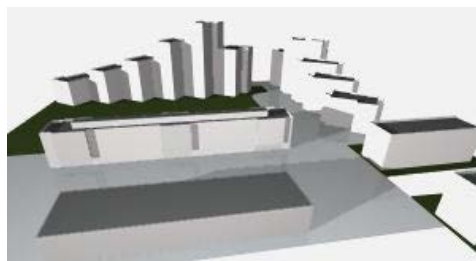
Насеље Борик као стамбено насеље са просјечном спратношћу П+8 и разноликошћу по параметрима врсте стамбених зграда (индивидуалних и колективних), те у зависности од спратности и оријентације зграда унутар блокова, чини да је инсолација насеља највећим дијелом једнолична, изузимајући најбољу осунчаност индивидуалних кућа на југу насеља уз ријеку Врбас.

За блок репрезентативног узорка, који се такође налази у јужном дијелу насеља карактеристичан је проценат изграђености земљишта око 15%, али са високим коефицијентом коришћења земљишта од 1,2. Стамбене зграде, унутар блока репрезентативног узорка (Слика 48., стр. 139.), са ламелама ритмично степенасто увученим својом позицијом незнатно нарушавају инсолацију у зимском периоду стамбеној згради (репрезентативни узорак) са ламелама које су паралелне са улицом. У оваквој композицији зграда у насељу највише у зависности од оријентације зграде имају различито осунчање, односно у зависности од организације станова унутар зграда у зимском периоду (22. децембар)<sup>126</sup> све зграде имају довољно осунчање са аспекта хигијенских норматива (мин. 3h). Са аспекта енергетске оптимизације због концепције организације, величине станова унутар зграда и оријентације, стамбени простори/станови, као засебне јединице, немају довољно осунчање (мин. 5h). Када посматрамо зграде у цјелини оне јесу осунчане са аспекта енергетске оптимизације, јер у најкритичнијем зимском периоду 22. децембра потпуно су осунчане од 9-14 часова (95% фасадног зида) - Слика 67а., 67б. и 67в. Када посматрамо цијели стамбени блок у сјеверном дијелу блока најкритичније је осунчање зграда и ламела спратности П+4, јер око 15 часова потпуно су заклоњене (Слика 67в.). Стамбена зграда са степенасто увученим ламелама, позиционирана југозападно у овом блоку, својом позицијом у 15 часова

---

<sup>126</sup> За 45°сјеверне географске ширине, ујутро у 9 часова висина сунца 10° и азимут сунца 139°, у подне у 12 часова висина сунца 21° и азимут сунца 180° и по подне у 15 часова висина сунца 10° и азимут сунца 221°, *Климатизација* (Годоровић, 1998.)

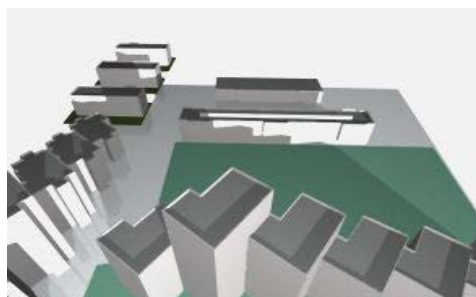
прави сјенку репрезентативном узорку, те у том периоду је 28% зграде осунчано (у зависности од унутрашње организације зграде, у 15 часова, од 100 станова осунчано је 28) - Слика 67в.



Слика 67а. Стамбени блок у насељу Борик, 22. децембар, 9 часова, поглед на блок са истока



Слика 67б. Стамбени блок у насељу Борик, 22. децембар, 12 часова, поглед на блок са југ-југозапада



Слика 67в. Стамбени блок у насељу Борик, 22. децембар, 15 часова поглед на блок са запада

Позиција насеља Борик која је за 10m ниже надморске висине у односу на насеље Кочићев вијенац, а опет скоро 10m више висине од насеља Буцак, гдје је позиција референтне метеоролошке станице града Бањалука, параметре максималне и средње брзине вјетра према доминантим вјетровима овог подручја

који се иначе мјере на 10m висине, говоре да је иста надморска висина самог мјерења и насеља Борик (Слика 53, стр. 156.). Стамбени блок у дијелу насеља Борик са просјечном надморском висином од 161m и прорачунатом средњом брзином вјетра према коефицијентима за градска подручја (утицај вјетра са запад-сјеверозапада, сјевер-сјеверозапада и сјевер-сјевероистока) на надморској висини мјерне станице 163m указује да вјетар не утиче, са аспекта енергетске ефикасности, на потрошњу енергије за гријање у зградама, односно да неће утицати на природну инфилтрацију ваздуха кроз омотач зграда у овом блоку (Слика 68.).



Слика 68. Прорачунати параметри максималне и средње брзине вјетра у стамбеном блоку дијела насеља Борик према доминантим вјетровима за подручје града Бањалука

Према изграђеној квантитативној (коефицијент изграђености и заклоњености) и квалитативној (физика зграде – заптивеност омотача) структури Борика, те изложености вјетру просјечна инфилтрација<sup>127</sup> код колективног становања креће се од 0,5-0,6.

За температуру ваздуха у градском подручју насеља Борик које је скоро исте надморске висине као подручје на којем се налази референтна мјерна станица, у глобалу може се узети иста или виша вриједност до 1°C, у зависности који се дио

<sup>127</sup> Према EN ISO 13789:2007 , Annex C -Ventilation airflow rates

насеља посматра из разлога што околни простор зграда већим дијелом чине зелене површине и јужни дио насеља оивичава хладна ријека Врбас (просјечна годишња температура ваздуха око ријеке Врбас  $9,4-10,8^{\circ}\text{C}$ <sup>128</sup> на подручју нижег слива ријеке гдје преовладава умјереноконтинентална клима, када у самом граду износи  $11,9^{\circ}\text{C}$ <sup>129</sup>).

Остали референтни показатељи енергетске ефикасности насеља видни су у параметрима инфраструктуре, која је испројектована да опскрби потребе насеља према искуственим подацима, који су наведени у регулационом плану за ово насеље:

- пројектна потребна специфична топлота за колективно становање је  $0,12\text{kW/m}^2$  бруто грађевинске површине (на овом подручју је према документацији из „Топлане“  $0,10\text{kW/m}^2$ , али нето грађевинске површине, док је за бруто грађевинску површину  $0,07\text{kW/m}^2$ ), топлотна подстанница је пројектована за температурни режим рада  $130/73-90/70^{\circ}\text{C}$ , док је топловодни развод димензионисан за температурни режим  $90/70^{\circ}\text{C}$ , измјерена највиша температура у подстанници ТС-19 ( $544\text{kW}$ ), која опслужује зграду колективног становања (репрезентативног узорка) је  $84/64^{\circ}\text{C}$ <sup>130</sup>.

- пројектована специфична потрошња воде на дан по становнику је  $220\text{ l/ст/дан}$ , у овом насељу је добра опскрбљеност водом, с обзиром да становници троше просјечно око  $190\text{ l/ст/дан}$  и служи им за санитарне потребе. За противпожарне захтјеве неопходна је реконструкција мреже свих профила мањих од  $\text{Ø}150\text{mm}$  (код репрезентативног узорка није неопходна замјена, јер износи  $\text{Ø}150\text{mm}$ ).

---

<sup>128</sup> Према подацима Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Владе Републике Српске доступно 26. октобра 2012. године на сајту <http://www.voders.org/index.php>, док у субпланинској и планинској клими температура ваздуха око ријеке Врбас износи  $6-9^{\circ}\text{C}$ .

<sup>129</sup> Средња просјечна годишња температура ваздуха за град Бањалуку према подацима Републичког хидрометеоролошког завода Бањалука за десетогодишњи период (2001-2010)

<sup>130</sup> Измјерена температура на цијевима без изолације металним контактним мјерачем АНLBORN ALMEMO и бесконтактним ласерским мјерачем FLUKE у подстанници ТС-19 која је и смјештена у подруму зграде репрезентативног узорка, за вријеме сунчаног дана ујутро у 10 часова у децембру при вањској температури ваздуха од  $0^{\circ}\text{C}$  када је ултразвучни мјерач протока воде показао проток од  $9,5\text{m}^3$  (враћен је проток на  $7,5\text{m}^3$ ) и са просјечном унутрашњом температуром ваздуха у дневном боравку стана на приземљу од  $22^{\circ}\text{C}$ .

- електрична енергија вршног оптерећења за постојеће зграде у насељу је  $0,061\text{kW/m}^2$ , што је за постојеће колективно становање довољно, јер износи преко  $3\text{kW}$  по просјечном стану (треба узети у обзир да се у становима не користи енергетски ефикасна расвјета, нити уређаји, за које ни ова снага не би била потребна) док је за изградњу нових зграда у овом насељу неопходна реконструкција мреже и очекивано оптерећење је  $0,06\text{kW/m}^2$  за стамбене и  $0,09\text{kW/m}^2$  за пословне зграде (што чини додатну електричну енергију са очекиваним вршним оптерећењем од око  $4\text{MW}$ ).

Мјерени параметри показују недостатке при прорачуну потребне специфичне топлоте. Процјењени губици на вањском дистрибутивном разводу за узорак овог насеља су око 10% (магистрални вреловод „Борик“ са свим вреловодним прикључцима је реконструисан са предизолованим цијевима 2009. године<sup>131</sup>, узорак је удаљен око 1km од централног потројења градске топлане).

#### 5.4.2 Стамбена зграда просперитетне градње – Узорак 2 – насеље Борик

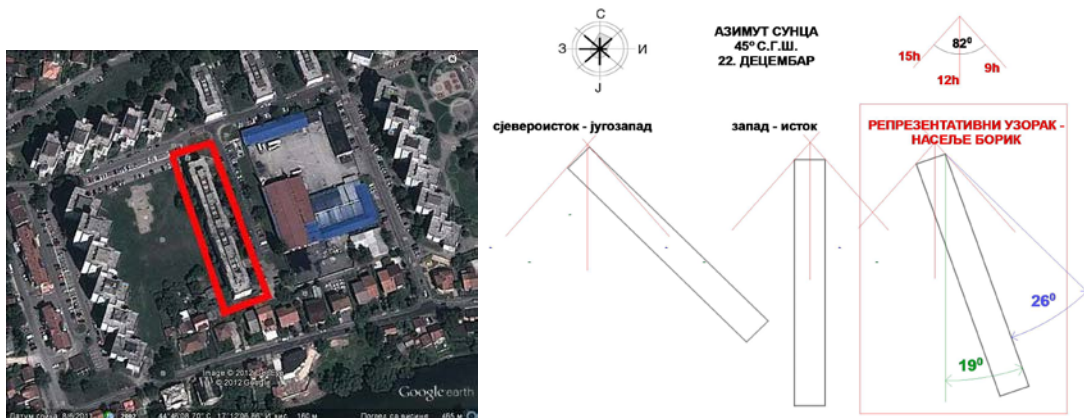
##### 5.4.2.1 Топлотни капацитет зграде и остали референтни подаци зграде

Узорак 2 периода просперитетне градње, односно периода од 1967-1980. године је стамбена зграда колективног становања, испројектована<sup>132</sup> 1970. године и изграђена 1974. године. Зграда је смјештена у јужном дијелу насеља Борик и оријентисана својим подужним странама ка исток - сјевероистоку и запад - југозападу, односно њен положај одступа тачно за  $26^\circ$  од сјевероистока и југозапада, а  $19^\circ$  од чистог запада и истока. За потребе рачунарског програма ENSI EAB оријентација зграде је дефинисана са својим подужним странама исток-запад (Слика 69).

---

<sup>131</sup> Реконструкција магистралног вреловода „Борик“, преузето 18.10.2012.године са сајта <http://www.bltoplana.com/>

<sup>132</sup> Подаци видни у техничкој документацији узорка којег је израдило грађевинско предузеће „Крајина“ Бањалука, одговорни пројектанат Ратко Васовић, дипл.инж.арх.

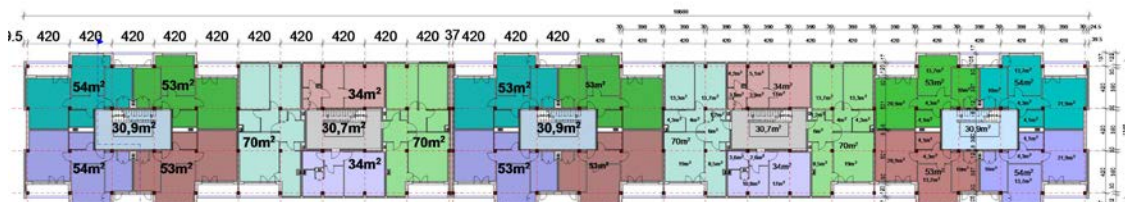


Слика 69. Позиција репрезентативног узорка у насељу Борик и графички приказ оријентације узорка са азимутом сунца најкритичнијег мјесеца у години за осунчање зграде

Стамбена зграда габарита 13,65x106,00m, спратности П+4 (спратна висина од 2,80m), са полуукопаном подрумом и равним проходним кровом достиже укупну висину изнад тла од 16,2m (укупно са повученом етажом степенишног простора око 18m), је исконструисана као скелетна префабрикована армирано-бетонска конструкција ИМС-а (Института за испитивање материјала Србије познат као „Монтажни систем Жежељ“). Конструкција је изведена МБ-450 од стубова висине три етаже (8,40m) и међуспратних таваница 4,20 x 4,20m које су системски преднапрегнуте. Монтажни стубови су постављени на класично изведеним темељима самцима од набијеног бетона, који су повезани армирано-бетонским гредима. Због већ познатих природних сеизмичких утицаја, конструкција посједује у оба смјера довољан број армирано-бетонских платна (зидова) ливених на лицу мјеста кроз цијелу висину зграде, односно око степенишног простора два паралелна платна по подужној оси и по ободу ламеле по два платна по попречној оси зграде (укупно ламела је обезбјеђена са шест армирано-бетонских зидова-платна). Зграда је састављена од пет ламела, од којег су три исте ламеле наизмјенично повезане са двије ламеле истог типа. Због велике дужине од 106m, изведена је дилатација између треће и четврте ламеле. Ободни подрумски зидови су од набијеног бетона. Степениште је једнокрако, монтажном са газиштима ослоњеним на средишњи образни носач. Фасадни зидови су претежно (око 60% подужних нетранспарентних вертикалних дијелова омотача и око 90% попречних нетранспарентних вертикалних дијелова омотача) од префабрикованих елемената – бетонских сендвич панела укупне дебљине 23cm и од обострано омалтерисаних

термоблокова од 30cm (укупно 33,5cm). Кровна конструкција је ријешена као раван проходан кров.

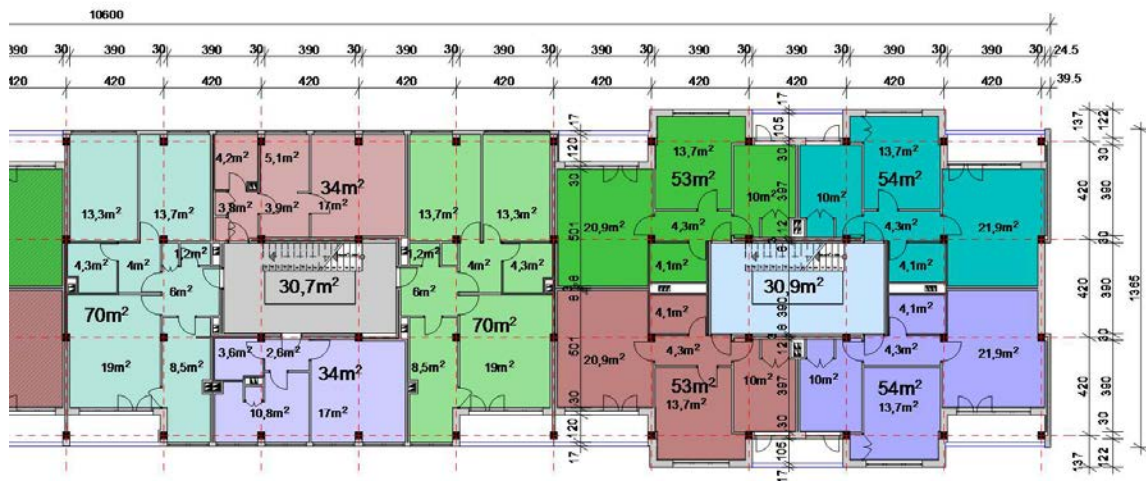
Организациона шема станова узорка 2 у свих пет ламела је на исти начин испраћена, да око унутрашњег степенишног простора галеријског типа налази се четири стана. Различитост је само што у три исте ламеле су идентична четири двособна стана просјечне површине око  $54m^2$ , док су двије исте везне ламеле са по два једнособна ( $34m^2$ ) и два трособна ( $70m^2$ ) стана (Слика 70а.).



Слика 70а. Приказ основе репрезентативног узорка 2 и организационе шеме станова у пет ламела са по четири стана око унутрашњег степенишног простора (двадесет станова на етажи)

Анализом скелетне конструкције растера  $4,20 \times 4,20m$  свих ламела изводи се закључак да су све ламеле ријешене са идентичним бројем растерских поља  $3 \times 5$ , односно 15 поља, да би три исте ламеле имале већу површину ријешену препустима по попречној оси око  $1/3$  растера. Степенишни простор површине која износи скоро два растерска поља због галеријског типа и једнокраких степеница, идентична је заузимању простора једнособног стана. Анализом организационих шема станова видно је да скелетна конструкција уз помоћ лаких преградних зидова омогућава све видове организовања простора, па тако успијева разријешити да простор дневног боравка износи око  $20m^2$ , док простори ходника или купатила износе око  $4m^2$  (Слика 70б.).





Слика 706. Приказ организационе шема станова и просторија унутар њих, те површине просторија заједно са преградним зидовима, на основи двије ламеле (два улаза са по четири стана) репрезентативног Узорка 2

Узорак 2 има површину од  $6315\text{m}^2$ , од чега је укупно зида  $4274\text{m}^2$ , прозора  $1254\text{m}^2$ , те крова  $1263\text{m}^2$  и пода  $1263\text{m}^2$ . Волумен узорка је  $17682\text{m}^3$ . Однос компактности узорка, односно фактор облика зграде –  $A/V$  износи  $0,46$ . Фактор прозора (однос између површине прозора-са оквирима и површине зграде) узорка је  $20\%$ .

Топлотни капацитет (акумулативност топлоте узорка/способност грађевинских елемената да чувају топлоту) грађевинских елемената који обухватају једну просторију средње величине (нето површине  $\sim 13\text{m}^2$ ) унутар узорка оријентисану према истоку, али која је на препусту, према прорачуну стандарда DIN 4108-2<sup>133</sup>, износи просјечно  $25,86\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$  (Табела 19.).

<sup>133</sup> Примјер прорачуна у Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 2.155-2.161

Табела 19. Прорачун топлотног капацитета једне просторије на препусту Узорка 2 унутар ламеле

	с(спец. топлота) kJ/kgK	ρ(густина) kg/m <sup>3</sup>	d(дебљина) m	С (топл. капацитет) Wh/m <sup>2</sup> K
спољашњи зидови AAW=(4,50+2,25+1,52)х2,80-3,46= 19,696m <sup>2</sup>				
гас-бетон	1,05	600	0,07	12,25
цем. малтер	1,05	1900	0,01	5,54
преф. бетон	0,96	2300	0,02	12,26
				30,05
унутрашњи зидови AIW=(2,02+3,31+2,02)х2,457-(0,91х2,457)=15,822m <sup>2</sup>				
гас-бетон	1,05	600	0,08	14,00
				14,00
међуспратни констр., плафон, одоздо AD=3,97х3,23=12,82m <sup>2</sup>				
азб.-цем. плоча	0,96	2100	0,02	11,20
ребраста АБ плоча	0,96	2300	0,08	4,9
				16,1
међуспратна констр., под, одоздо AG=3,97х3,23=12,82m <sup>2</sup>				
паркет	1,67	700	0,024	7,79
азб.-цем. плоча	0,96	2100	0,013	7,28
натрон папир	1,05	1000	0,005	1,46
пијесак	0,84	1800	0,023	9,66
ребраста АБ плоча	0,96	2300	0,035	21,46
				47,65
врата дрво At=0,91х2,10=1,911m <sup>2</sup> , стакло 0,91х0,357=0,324m <sup>2</sup>				
дрво	1,67	520	0,02	4,824
стакло	0,84	2500	0,004	2,33
укупна површина елемената око просторије A=63,426m <sup>2</sup>				
просјечан С према удјелу површина				25,86
укупан капацитет сведен на површину просторије				
Cm = C x A = 1640,19/12,82				127,84

Када узмемо у обзир да ову просторију ограничава површина од око 63,43m<sup>2</sup>, добијамо топлотни капацитет од 1640,19 Wh/m<sup>2</sup>K при свођењу на површину просторије од 12,82m<sup>2</sup> износи мање од 130 Wh/m<sup>2</sup>K. Према овом стандарду, који класификује конструкцију у лаку, средњу и тешку, узорак припада средњем типу конструкције, јер је топлотни капацитет  $\geq 50$  Wh/m<sup>2</sup>K, а  $\leq 130$  Wh/m<sup>2</sup>K.

Топлотни капацитет (акумулативност) узорка према класификацији стандарда EN 15603:2008, гдје је топлотни капацитет изведен према врсти конструкције, просјечној величини просторије и разним накнадним додацима у просторији који прекривају постојећу конструкцију (нпр. спуштен плафон, тепих). Према овом стандарду топлотни капацитет просторије око 20m<sup>2</sup> са лаким преградним зидовима, међуспратном конструкцијом ријешеном са спуштеним плафоном и са тепихом на поду је 150 kJ/m<sup>2</sup>K, односно 42 Wh/m<sup>2</sup>K. Ако просторија има све ове

карактеристике само да су зидови од ошущљене опеке према овом стандарду има топлотни капацитет од  $69 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Код овог узорка највећа просјечна просторија износи око  $20\text{m}^2$ , те према врсти конструкције топлотни капацитет према овом стандарду износио би око  $50 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Према Тодоровићу<sup>134</sup> Узорак 2 (око  $190\text{kg/m}^2$  спољашњи зидови, око  $75 \text{ kg/m}^2$  унутрашњи зидови, међуспратне конструкције око  $380\text{kg/m}^2$ , просјечна просторија од  $20\text{m}^2$  у узорку има тежину од  $240 \text{ kg/m}^2$ ) који припада лакој класи ( $150\text{-}300\text{kg/m}^2$  -  $50\text{-}100 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ ), има топлотни капацитет од око  $80 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Према стандарду ISO 13790:2008 поглавље 12.3.1.2. топлотни капацитет лаких конструкција износи  $31 \text{ Wh/m}^2\text{K}$  ( $110\text{kJ/m}^2\text{K}$ ), средње тешких конструкција износи  $46 \text{ Wh/m}^2\text{K}$  ( $165\text{kJ/m}^2\text{K}$ ), док за тешке конструкције износи  $72\text{Wh/m}^2\text{K}$  ( $260\text{kJ/m}^2\text{K}$ ). Узорак у оваквој класификацији је средње тешка конструкција и то говори о минималном топлотном капацитету од  $46\text{Wh/m}^2\text{K}$ . За топлотни капацитет једне просторије узорка, ако не узмемо у обзир израчунату вриједност као коначну (у прорачун нису узети у обзир додаци у узорку као што је намјештај, разни прекривачи површина, просторија ), него само за одређивање припадности одређеној класи, указује да постоје одступања у процјени класа када сагледавамо све горе наведене стандарде. Процјена од топлотног капацитета од 46 до 80 (према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Србије) говори о одступању за  $34 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ . Пошто су сви правилници о енергетској ефикасности засновани на стандарду ISO 13790:2008, те и рачунски алгоритам лиценцираног програма ENSI EAB, за предметни узорак усвојен је нижи топлотни капацитет од  $46\text{Wh/m}^2\text{K}$ . Анализом узорка порастом топлотног капацитета за  $34 \text{ Wh/m}^2\text{K}$  смањује се специфична потрошња енергије за гријање за  $3,9 \text{ kWh/m}^2$  на годишњем нивоу.

Процјењена и усвојена метаболичка топлота или одавање топлоте по особи по једници површине износи  $4,88\text{W/m}^2$ , односно узорак од  $6315\text{m}^2$  користи (борави) 280 особа са процјеном рада у топлој средини од  $110\text{W/m}^2$  (човјек без тјелесне активности) према стандарду ISO 7933:2004. Процјењена и усвојена заузетост узорка од стране корисника је 16 часова дневно, односно 112 часова седмично, као и распоред гријања, који такође износи 16 часова дневно сваки дан (112

---

<sup>134</sup> Тодоровић, Б., Климатизација, Београд: СМЕИТС, 1998., стр. 150.

часова седмично), јер режим рада градске топлане је од 6 часова ујутро до 22 часа. Ако је метаболичка топлота умањена на  $1,8 \text{ W/m}^2$  (према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Србије) Узорак 2 ће имати већу потрошњу топлотне енергије за  $10,5 \text{ kWh/m}^2$  на годишњем нивоу. Ако метаболичка топлота износи  $4,88 \text{ W/m}^2$ , док се заузетост (окупираност) узорка процјени на 12 часова дневно (према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Србије) Узорак 2 ће имати потрошњу повећану за  $4 \text{ kWh/m}^2$  на годишњем нивоу.

Узорак 2 због специфичности процјене на самом терену, неће се сагледавати у цјелини, већ ће се водити температуром ваздуха у зони станова (све просторије у стану). Измјерена просјечна температура у просторима станова на свих пет етажа износи око  $22,3^\circ\text{C}$ , док је у степенишном негријаном простору измјерена просјечна температура од око  $7^\circ\text{C}$ , при вањској температури од  $-10^\circ\text{C}$ . Користећи параметре мјерења узорка када се на једној мјерној тачки вршило мјерење три дана због одређивања U-кофицијента, биљезени су падови температуре унутар простора око 3-4 часа ујутро за око  $3,5^\circ\text{C}$ , те на основу тога можемо процјенити да је доња (setback)<sup>135</sup> температура  $18,8^\circ\text{C}$ .

Микроклиматски параметар осунчања Узорка 2, којег само са запада и сјеверозапада окружује изграђена структура зграда (спојених ламела диференцираних по висини) више спратности (ламеле спратности од П+4 до П+16, односно висине зграда од око 18m па до близу 50m) добијен је уз помоћ модела узорка изведеног рачунарским програмом Archicad 15, података о висини и азимуту сунца за  $45^\circ$  сјеверне географске ширине<sup>136</sup> и посматрању узорка у зимском периоду за вријеме сунчаног дана (Слика 71.).

---

<sup>135</sup> Доња температура унутрашњег простора није предвиђена стандардом, према EN51-у креће се око 2-4 степена. Код узорка оваквог топлотног капацитета (акумулативности) предвиђен пад температуре је за 3 до 4 степена.

<sup>136</sup> Годоровић, Б., „Климатизација“, Београд: СМЕИТС, 1998., стр.33.



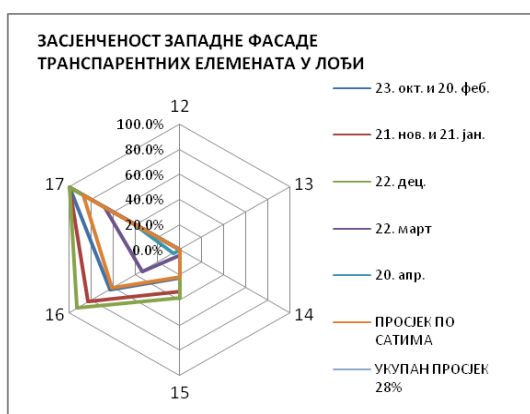
Слика 71. Фотографија узорка и модела за 09. децембар у 15 и 30 часова (лијево) и фотографија узорка и модел узорка за 09. децембар у 16 часова (десно)

Узорак 2 са својом позицијом у насељу има релативно добру осунчаност, односно удаљеност узорка од око 72m од степенстих ламела које су на западу и које су више висине него што је узорак, чине када посматрамо осунчање зграде као цјелине<sup>137</sup>, а према анализи и закључцима од претходног узорка (узорка 1), неопходно је анализирати само западну фасаду узорка у периоду од средине октобра до средине априла (гријни период), и то од 12 до 16 часова. Анализом укупног и дифузног зрачења за мјесец септембар који је доступан у литератури<sup>138</sup> за југозападну и западну оријентацију сагледано је за који временски период са сигурношћу можемо умањити фактор дотока од сунца. Код југозападне оријентације у 11 часова је 44% дифузног зрачења, док је код западне у исто вријеме 100% дифузно зрачење. У 12 часова је код југозападне оријентације 29% дифузног зрачења, да би код чисто западне оријентације у 12 часова било 100% дифузно зрачење. Оријентација узорка 2 и њена посматрана фасада према моделу осунчања налази се између запада и југозапада и говори да узорак треба посматрати од 12 часова. У децембру интензитет сунчевог зрачења није забиљежен

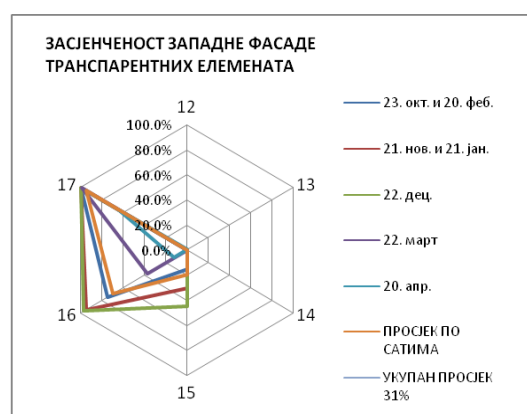
<sup>137</sup> Због улазних података за лиценцирани програм ENSI EAB и прорачун специфичне потрошње енергије за гријање узорак се мора посматрати као цјелина, а не из саставних дијелова – станова и осунчаности појединачних станова, односно њихових просторија.

<sup>138</sup> Према њемачком стандарду VDI 2078 преведном у *Прорачун расхладног оптерећења за климатизирани просторије*, Кулић Е., Тодоровић Б., ур., Београд: СМЕИТС, 1991., у табели А-10 Дневни токови за укупно и дифузно зрачење за пројектни мјесец септембар иза двоструког остакљења у  $W/m^2$  за фактор замућености 3,9. стр. 41.

у 16 часова (у 15 часова око  $360 \text{ W/m}^2$ ), да би у јануару укупан сунчев интензитет износио у 16 часова онолико колико и у 13 часова око  $200 \text{ W/m}^2$ , да би у 15 часова био дупло већи интензитет (око  $450 \text{ W/m}^2$ ). У новембру у у 16 часова око  $200 \text{ W/m}^2$  у октобру око  $500 \text{ W/m}^2$ , да би у 17 часова био само  $65 \text{ W/m}^2$ , односно 13% интензитета од 16 часова. У фебруару у 16 часова око  $560 \text{ W/m}^2$ , да би у 17 часова износио само 18% зрачења од 16 часова. Ова анализа говори да су у марту и априлу у 16 и 17 часова су забиљежени високи интензитети укупног сунчевог зрачења, али их уопште нема у децембру у тим часовима, те да у јануару и новембру нису забиљежени у 17 часова, а да су у фебруару и октобру веома смањеног интензитета у 17 часова, те да са сигурношћу можемо узорак посматрати од 12 до 16 часова за гријни период. Ако би разматрали до 17 часова осунчање узорка добили би висок фактор засјенчења (око 30%) - Графикони 44а. и 44б. који би фактор дотока од сунца за мноштво транспарентних дијелова омотача који су смјештени у лође узорка (прозоре и балконска врата) и који су већ умањени за око 60%, било би неопходно умањити за скоро 80%.



Графикон 44а. Просјечна засјенченост западне фасаде елемената у лођи (прозори и балконска узорка врата) узорка по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода од изграђеног окружења (сусједних зграда)



Графикон 44б. Просјечна засјенченост западне фасаде елемената (прозори на препусту) по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода од изграђеног окружења (сусједних зграда)

Ако посматрамо западну фасаду модела Узорка 2, од 12 до 16 часова, фактор засјенчења износио би око 17%, што ће у наредном поглављу бити приказано за тачно наведене транспарентне елементе омотача.

Средња брзина вјетра за насеље овог узорка не прелази 1m/s, односно запад-сјеверозападни који је најчесталији износи 0,3 m/s, затим још два доминантна правца сјевер-сјеверозападни 0,4 m/s и сјевер-сјевероисточни са просјеком од 0,6 m/s, и не утичу додатно на прорачун топлотних губитака зграде, који већ стандардом нису предвиђени<sup>139</sup> (Слика 72.).



Слика 72. Утицај вјетра на узорак 2 у насељу Борик

#### 5.4.2.2 Карактеристике омотача у погледу енергетских перформанси – потрошње енергије за гријање

На примјеру анализе Узорка 1, у поглављу 5.3.2.2 овог рада, наведени су сви стандарди на основу којих се израчунавају сви параметри омотача које је неопходно унијети у лиценцирани програм ENSI EAB, односно који утичу на прорачун специфичне потрошње енергије за гријање постојеће стамбене зграде.

Микроклиматски параметри Узорка 2 утицали су на смањење фактора дотока од сунца, те детаљном анализом модела изведено је просјечно умањење g-кофицијента, који је између осталог и предодредио површине застакљених

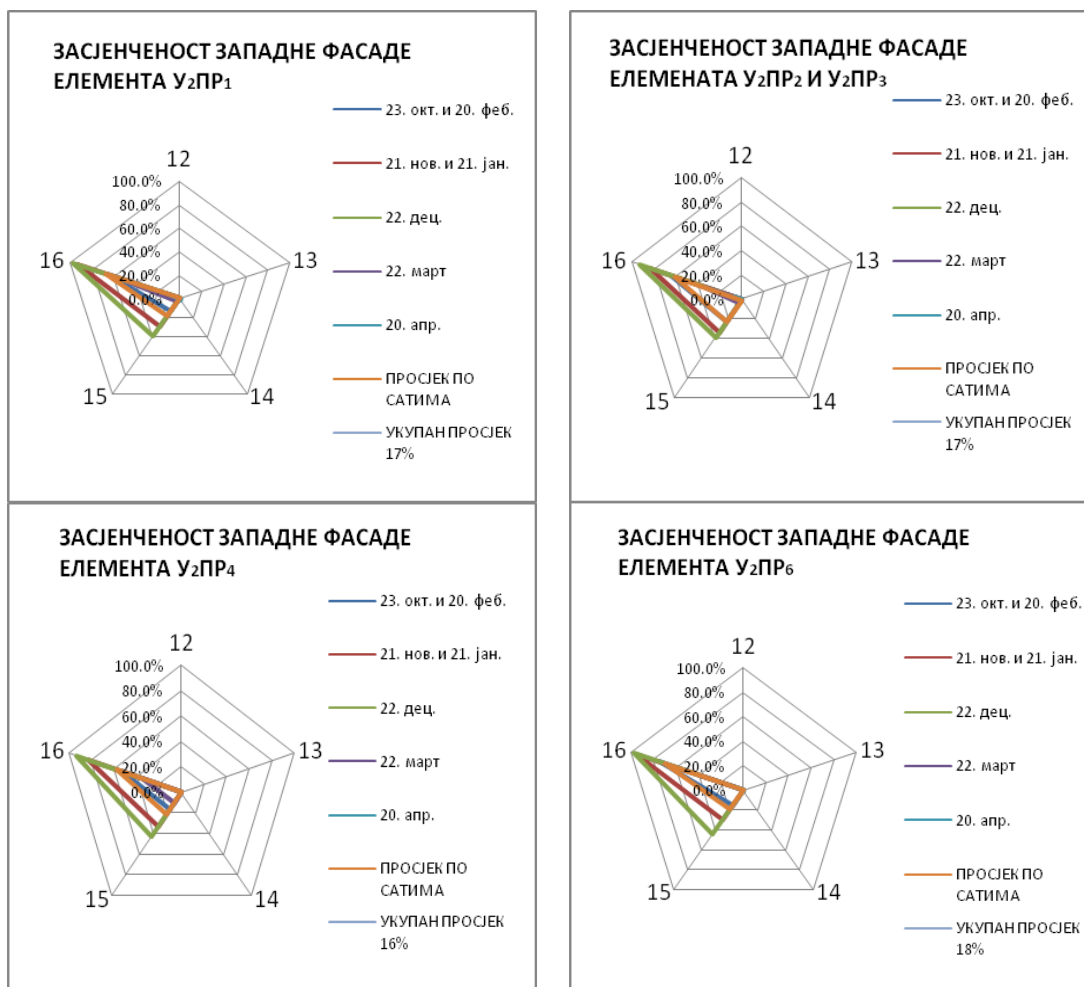
<sup>139</sup> ISO 6946, топлотна отпорност спољашњих површина према стандарду износи  $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  и у зависности је од брзине вјетра  $v$ .  $R_{se}=1/\alpha_{ce}$ , гдје је  $\alpha_{ce} = 4 + 4v[W/m^2K]$

отвора за уношење у лиценцирани програм ENSI EAB, прозори и балконска врата идентичних техничких карактеристика (U-коэффициент и g-коэффициент).

Узорак 2 посједује 100 станова, од којих 20 станова (једнособни станови) не посједује лођу. Ако посматрамо узорак у цјелини, а што је значајно за енергетску анализу узорка, узорак на истоку има у лођи око 60% транспарентних елемената омотача (prozори и балконска врата), док је на западу око 44% транспарентних елемената смјештено у лођи. Прозори предметног узорка у пројектној документацији нису имали предвиђену вањску заштиту, него унутрашњу платнену ролетну. Ако не узимамо у обзир прозоре који су у лођама, данас око 30% узорка има накнадно уграђене вањске ролетне на тим прозорима (на западном дијелу омотача 23 стана од 60 станова, који посједују ову оријентацију, имају вањску заштиту, док на источном дијелу омотача којег такође посједује 60 станова узорка, јер 20 станова посједује обје оријентације (трособни станови), 16 станова има вањску заштиту. Данас узорак посједује и разне видове заштите на лођама у виду вањских ролетни, платнених застора, па чак и разним плочама од поликарбоната до потпуног затварања лођа у виду застакљења. При прорачуну коэффијената који утичу на топлотне губитке и добитке узорка за прозоре нису се узимали у обзир утицаји од вањске ролетне (иако видно на узорку да су поједине ролетне у потпуно спуштеном или полуспуштеном положају, указују да је немогуће планирати понашање корисника), као ни утицаји заштита на лођама.

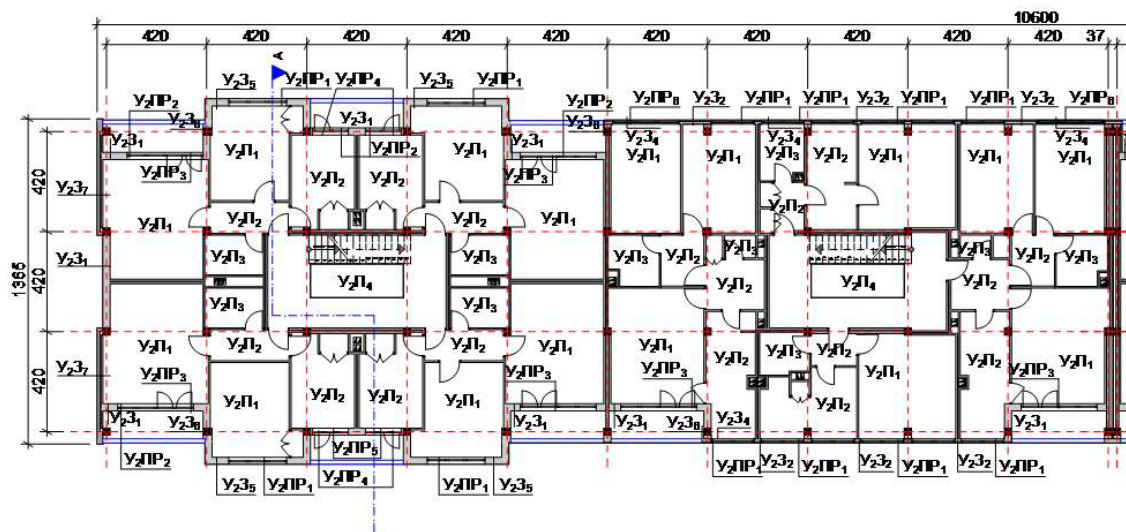
Лође су утицале на умањење g-коэффицијента за транспарентне дијелове омотача и на источној и на западној фасади, док је изграђена структура сусједних зграда на западу, са својом сјеном према узорку, утицала да се g-коэффицијент транспарентних западних дијелова омотача узорка додатно умањи зависно од позиције претходно означених (усвојених површина и техничких карактеристика) транспарентних елемената омотача (Графикон 45.).



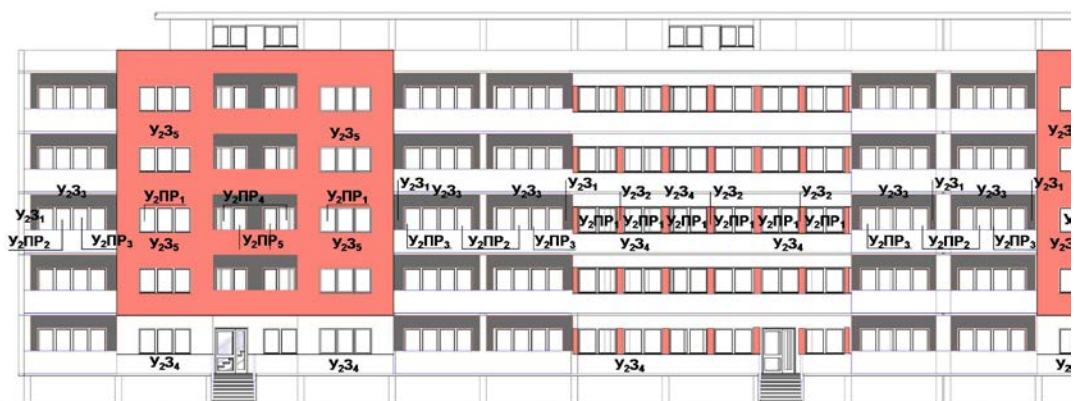


Графикон 45. Приказ засјенчености транспарентних елемената на западном дијелу омотача Узорка 2, по сатима и карактеристичним данима у мјесецима гријног периода, од изграђеног окружења

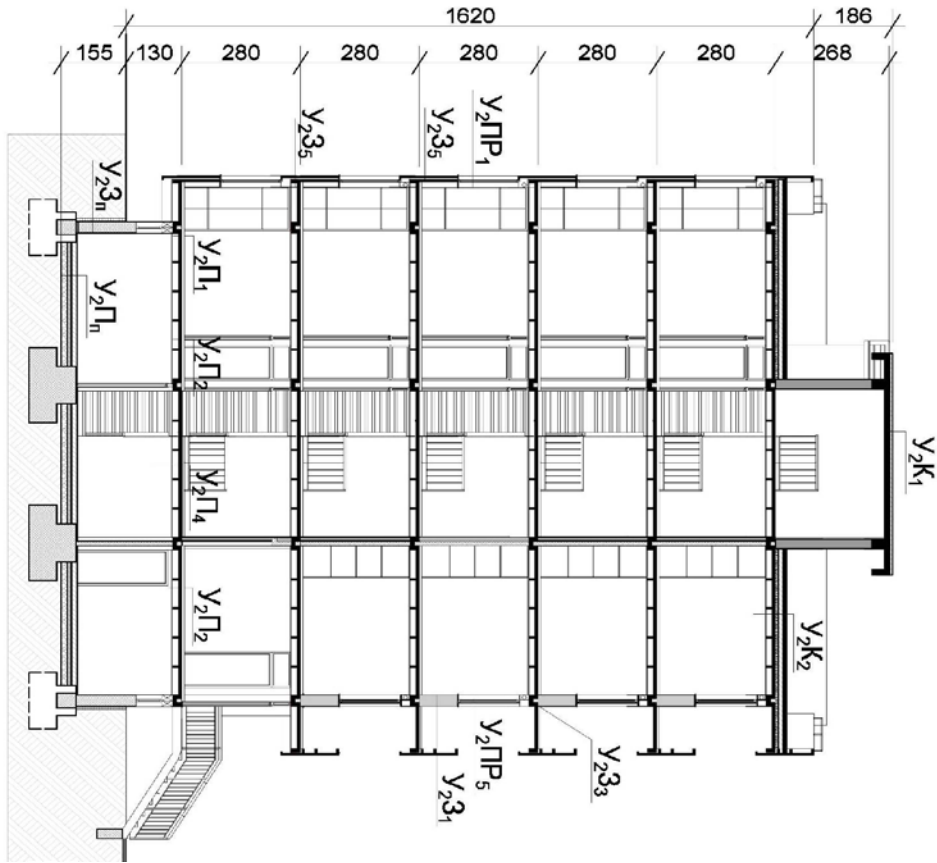
Због анализирања два узорка и мноштва елемената омотача, у раду је извршено означавање карактеристичних елемената омотача скраћеницама састављеним од два дијела, гдје први дио означава којем узорку припада елемент омотача, да би други дио означавао којој врсти елемент омотача припада, па тако су издвојени З-за фасадне зидове, К-за кров, П-за под и ПР-за прозоре. Нпр. У<sub>2</sub>З<sub>1</sub>-означава да елемент припада Узорку 2-насеље Борик (период 1967-1980), и да је то елемент фасадног зида, који је код овог узорка зид од термоблока 30cm обострано омалтерисан цементним малтером. Код Узорка 2 означени елементи и њихова позиција на основи, пресеку и изгледима видна је на сликама 73.,74.,75.,76., док су њихови слојеви и карактеристике, са којим утичу на прорачун топлотних губитака и добитака, наведени у табелама у ПРИЛОГУ Ђ.



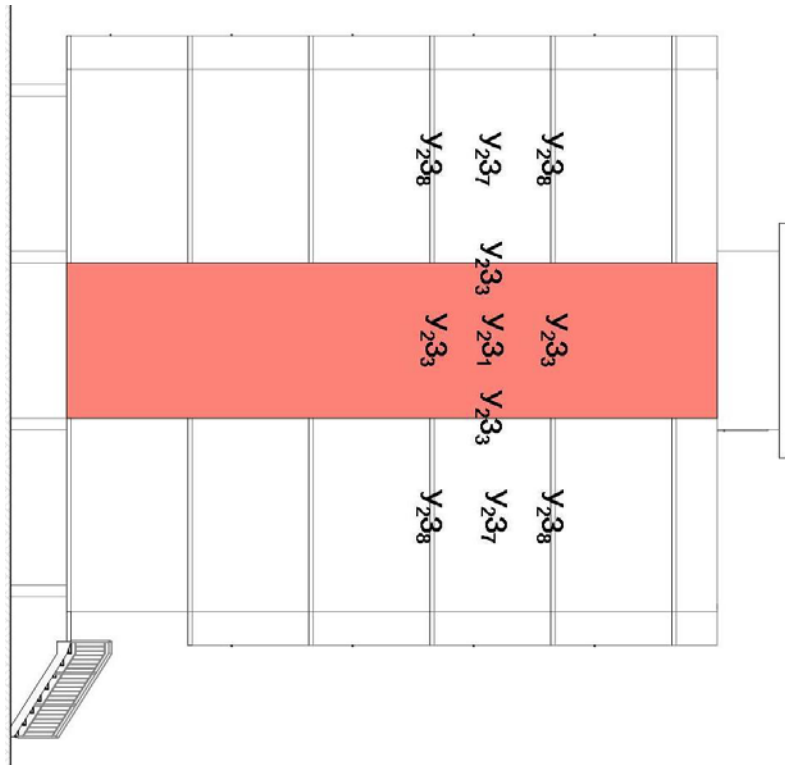
Слика 73. Приказ елемената омотача на карактеристичном дијелу основе узорка 2



Слика 74. Приказ елемената омотача на источном дијелу изгледа узорка 2 (на западном дијелу изгледа идентични су нетранспарентни елементи омотача узорка, док се транспарентни елементи разликују због фактора засјенчености/заклоњености)



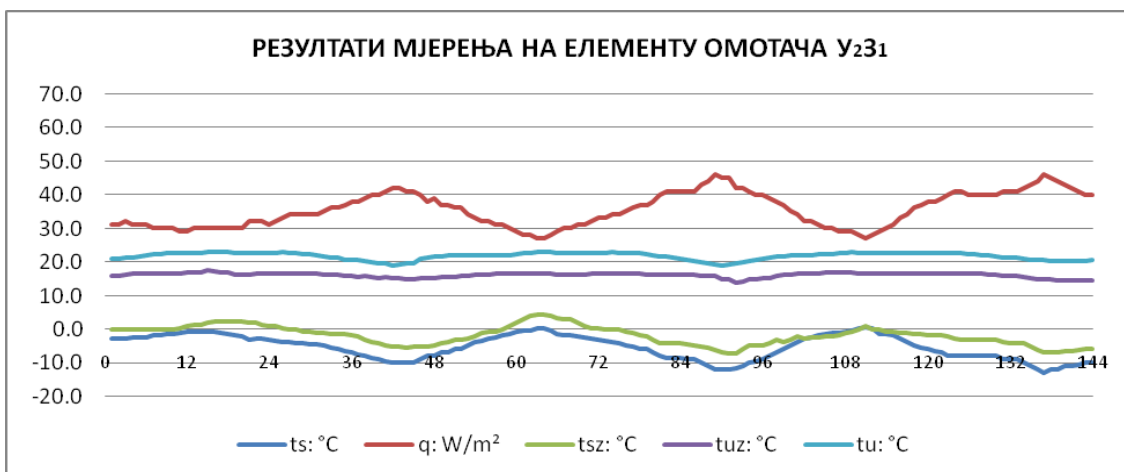
Слика 75. Приказ елемената омотача на пресеку узорка 2



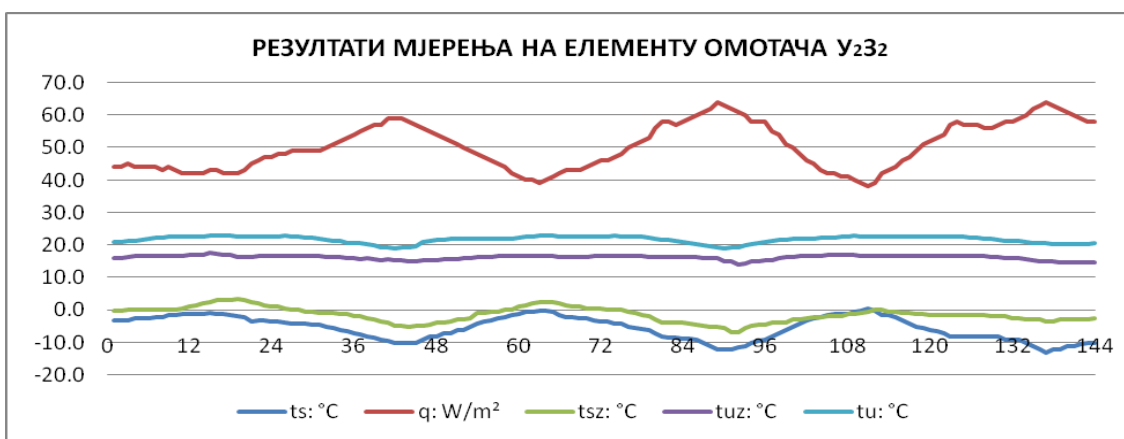
Слика 76. Приказ елемената омотача на јужном изгледу узорка 2 (исти елементи и на сјеверном изгледу)

За зидове, при одређивању вриједности U-кофицијената за предметни узорак, да би се теоретски (рачунски) прорачун, који подржава стандардом предвиђене коефицијенте топлотне проводљивости слојева елемента омотача, прилагодио стварној (реалној) вриједности, извршено је мјерење на лицу мјеста густине топлотног флукса, унутрашње и спољашње температуре ваздуха и омотача карактеристичног елемента узорка. Прије одређивања мјерног мјеста, да би се избјегли дводимензионални и тродимензионални пролази топлоте кроз омотач (топлотни мостови), те разне неправилности и деградације елемента настале временом извршен је преглед омотача термовизијском камером, након чега је изабран западни парапетни зид у лођи на другој етажи (први спрат), који је уједно и карактеристични елемент омотача  $У_2З_1$  (фасадни зид дебљине 33,5cm - цементни малтер 1,5cm, термоблок 30cm, цементни малтер 2cm) и парапетни зид на другој етажи, који је карактеристични елемент омотача  $У_2З_2$  (фасадни зид дебљине 18,5cm – цементни малтер 1,5cm, префабриковани бетон 8cm, термоизолација - прошивена трска 3cm, префабриковани бетон 6cm). За оба мјерна мјеста на омотачу просторија (у оба случаја дневног боравка), због потреба мјерења, прозори су три дана (72 сата) били потпуно затворени, док су унутрашња врата просторије била у отвореном положају. Плоча мјерног уређаја постављена је са унутрашње стране парапетног зида по вертикали на средини од пода до прозора, као и по хоризонталу од гријног тијела (радијатора) до преградног зида.

Мјерење је вршено вишеканалним мјерним уређајем ALMEMO ALBHORN 2690-8 и то једне тачке у опсегу од 72 сата са 144 забиљежена податка (меморисање на пола сата). Прва тачка мјерена је од 8 ујутро 23.01.2012. до 7 и 30 ујутро 26.01.2012., да би друга тачка мјерена од 8 ујутро 26.01.2012. до 7 и 30 ујутро 29.01.2012. када је забиљежена просјечна спољашња температура од око - 5,4°C, без падавина, да би просјечна температура ваздуха у просторији узорка била око 21,8°C (Графикон 46 и 47.).



Графикон 46. Забијежене вриједности спољашње температуре ваздуха -  $t_s$ , густине топлотног флукса -  $q$ , температуре спољашње површине зида -  $t_{sz}$ , температуре унутрашње површине зида -  $t_{uz}$  и температуре ваздуха у просторији -  $t_u$  на елементу омотача  $У_2З_1$



Графикон 47. Забијежене вриједности спољашње температуре ваздуха -  $t_s$ , густине топлотног флукса -  $q$ , температуре спољашње површине зида -  $t_{sz}$ , температуре унутрашње површине зида -  $t_{uz}$  и температуре ваздуха у просторији -  $t_u$  на елементу омотача  $У_2З_2$

Као и код Узорка 1, након добијених података кориштене су три прорачунске релације (формуле) за одређивање  $U$ -коэффицијента, у којима је једино вриједност густине топлотног флукса стално присутна, док се параметри температура укључују у зависности од околних утицаја. Прва и основна релација када осим вриједности густине топлотног флукса у прорачуну учествују параметри температуре ваздуха унутар и изван просторије:

$$U = \frac{q}{t_u - t_s}$$

У случају да се раслојава ваздух унутар просторије користи се релација :

$$U = \frac{1}{\frac{t_{uz} - t_{sz}}{q} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{1}{\alpha_s}},$$

гдје осим густине топлотног флукса, користе се температуре унутрашње и спољашње површине зида, те отпори прелазу топлоте чије су вриједности предвиђене стандардом  $\frac{1}{\alpha_u} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$  и  $\frac{1}{\alpha_s} = R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Сензори мјерног уређаја су осјетљиви на директно сунчево зрачење, падавине и вјетар, те да би се у потпуности искључили овакви метеоролошки утицаји користи се релација:

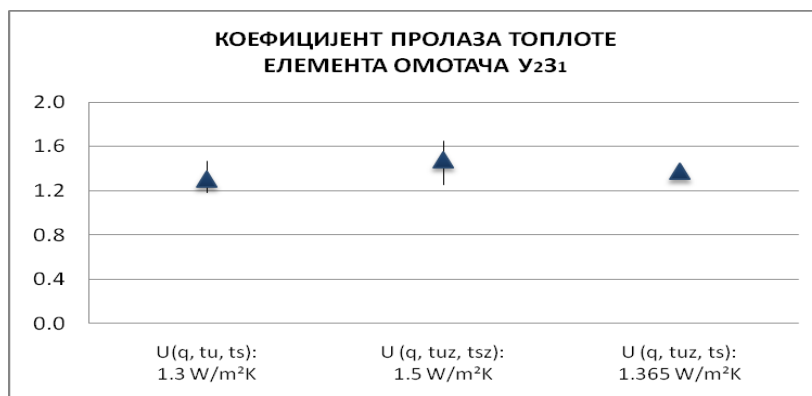
$$U = \frac{1}{\frac{t_{uz} - t_s}{q} + \frac{1}{\alpha_u}},$$

гдје осим густине топлотног флукса, користе се температуре унутрашње површине зида и температура спољашњег ваздуха, те отпор прелазу топлоте са ваздуха на унутрашњу страну зида  $\frac{1}{\alpha_u} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Просјечна вриједност U-кофицијента елемента омотача  $Y_2Z_1$ , кроз три релације је  $1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ , чак трећа релација говори о вриједности од  $1,365 \text{ W/m}^2\text{K}$  што говори да у теоретском прорачуну коефицијент топлотне проводљивости термоблока од  $0,58 \text{ W/mK}$ , односно у стандарду то је термоблок од шљак<sup>140</sup> густине  $1400\text{kg/m}^3$  и цементни малтер од  $0,70 \text{ W/mK}$ . При прорачуну вриједности U-кофицијента елемента омотача  $Y_2Z_1$ , прихвата се вриједност из треће релације, због најконстантије вриједности у свим релацијама и због потпуног слагања вриједности из теоретског прорачуна са горе наведеним коефицијентима топлотне проводљивости материјала (Графикон 48.).

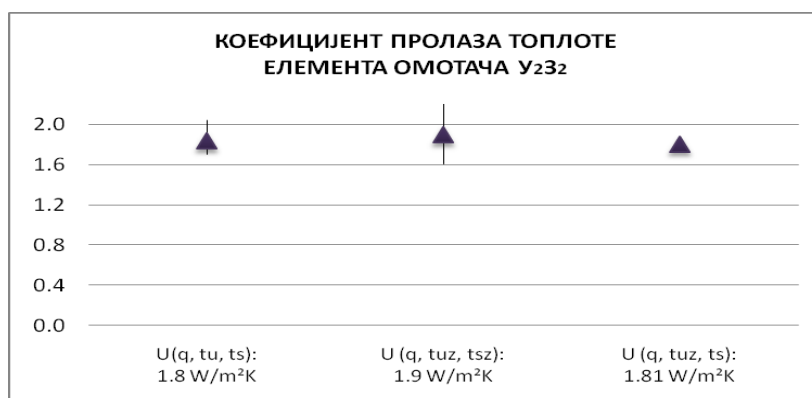
---

<sup>140</sup> Према табели 4. Топлотно-техничке карактеристике материјала у ЈУС стандарду У.Ј5.600/1 из 1989. године



Графикон 48. Три релације прорачуна и вредности U-коэффициента елемента омотача У<sub>2</sub>З<sub>1</sub> при измјереним параметрима видним на Графикону 46.

Просјечна вредност U-коэффициента елемента омотача У<sub>2</sub>З<sub>2</sub>, кроз три релације је око 1,84 W/m<sup>2</sup>K, чак трећа релација говори о вредности од 1,81 W/m<sup>2</sup>K што говори да су у теоретском прорачуну коэффицијенти топлотне проводљивости префабрикованог бетона од 2,33 W/mK, односно у стандарду то су префабриковани бетонски елементи<sup>141</sup> густине 2500 kg/m<sup>3</sup> или армирани бетон са 1% удјела челика<sup>142</sup> густине од 2300 kg/m<sup>3</sup> и цементни малтер од 0,70 W/mK. При прорачуну вредности U-коэффициента елемента омотача У<sub>2</sub>З<sub>1</sub>, прихвата се вредност из треће релације, због најконстантније вредности и потпуног слагања вредности из теоретског прорачуна са горе наведеним коэффицијентима топлотне проводљивости материјала (Графикон 49.).

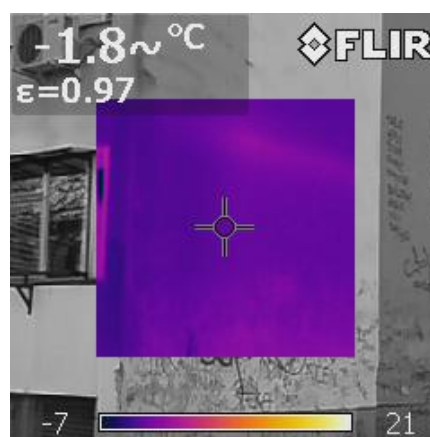
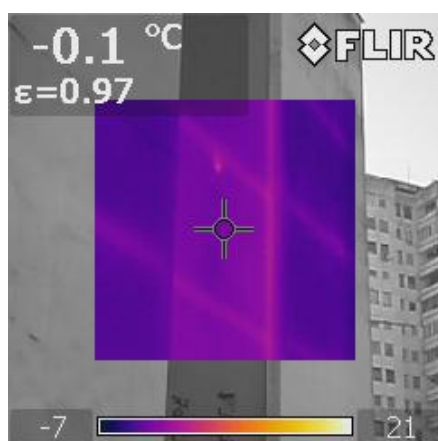


Графикон 49. Три релације прорачуна и вредности U-коэффициента елемента омотача У<sub>2</sub>З<sub>2</sub> при измјереним параметрима видним на графикону 47.

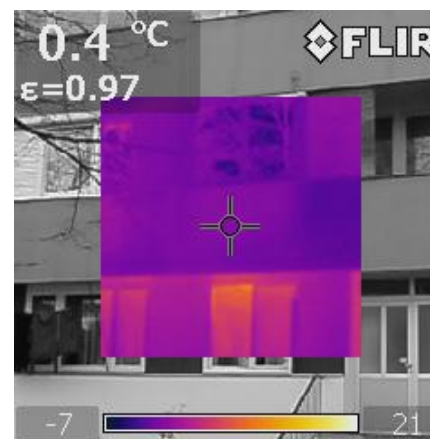
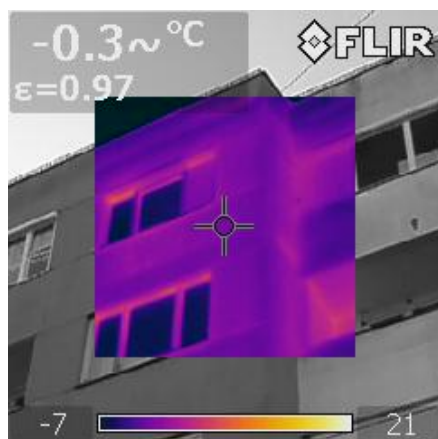
<sup>141</sup> Према табели 4. Топлотно-техничке карактеристике материјала у ЈУС стандарду У.Ј5.600/1 из 1989. године

<sup>142</sup> Према поглављу 1.5.2 Бетон и табели 1.5.2-1 густина, прорачунска вредност топлотне проводљивости и оријентациона вредност коэффицијента отпорности на дифузију водене паре у Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 1.48

Вриједности U-коэффицијената карактеристичних дијелова омотача Узорка 2, добијене су теоретским доказом (прорачуном) – ПРИЛОГ Ђ Табела Ђ1., који је уједно испраћен квалитативном методом инфрацрвене термографије, термографском камером FLIR b60 (Слике 77а. и 77б.) и InfRes Thermo GEAR G120/G100 (Слике 78а. и 78б.), упоређивањем варијација температура на посматраном омотачу узорка и то у односу на температуру елемента  $У_2З_1$  и  $У_2З_2$ . (Слике 77а., 77б., 78а. и 78б.)



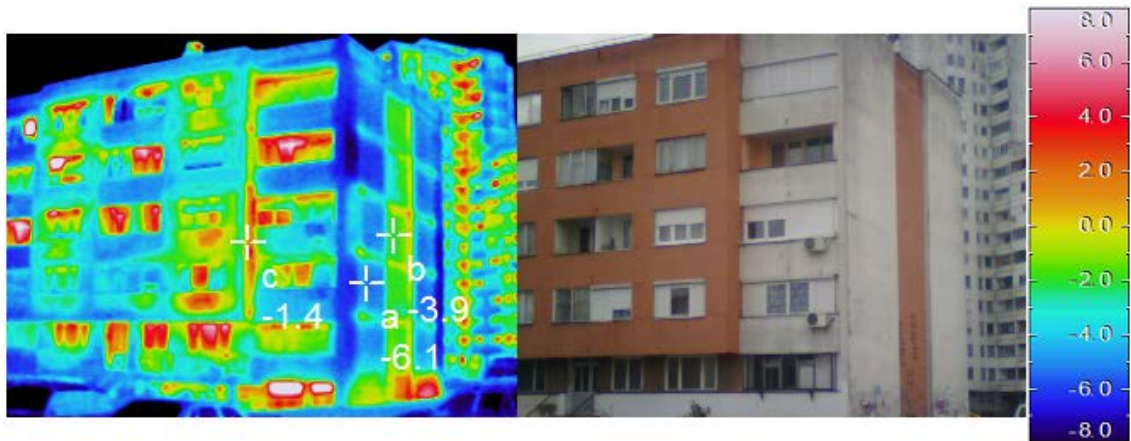
Слика 77а. Снимак сјеверног фасадног зида - елемент  $У_2З_1$  (лијево) и елемент  $У_2З_7$  (десно)



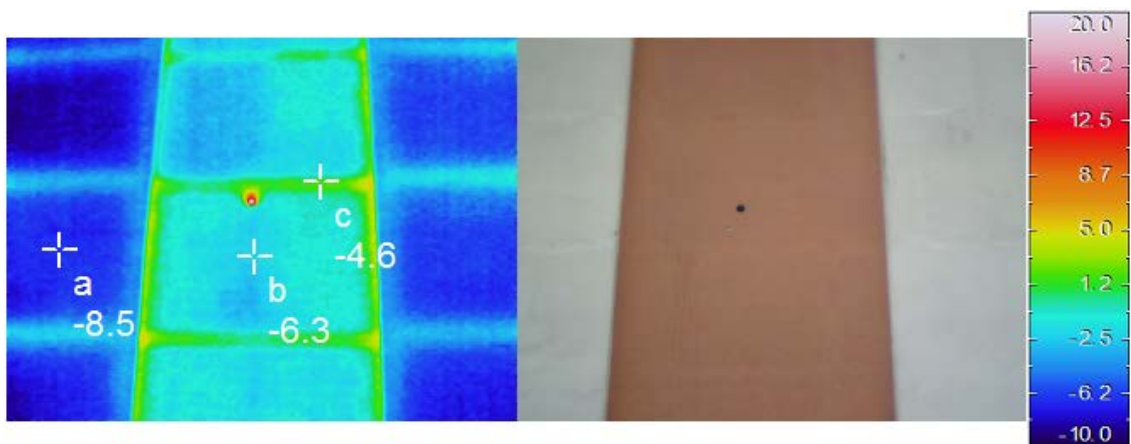
Слика 77б. Снимак западног фасадног зида - елемент  $У_2З_5$  (лијево) и елемент  $У_2З_2$  (десно)

Температурна градација четири елемената  $У_2З_1$ ,  $У_2З_2$ ,  $У_2З_5$  и  $У_2З_7$  на Сликама 77а. и 77б. показују да најнижи U-коэффицијент има елемент  $У_2З_7$  ( $1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), а да највиши елемент  $У_2З_2$  ( $1,87 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).





Слика 78а. Снимак сјеверног и источног фасадног зида – тачка b ( $U_{23_1}$ ), тачка a ( $U_{23_7}$ ) и тачка c ( $U_{23_6}$ )



Слика 78б. Снимак сјеверног фасадног зида – тачка b ( $U_{23_1}$ ), тачка a ( $U_{23_7}$ ) и тачка c ( $U_{23_3}$ )

Термографски снимци нетранспарентних елемената омотача говоре да исти елементи посматрани са различитих дистанци имају и различите вриједности. Унутар једног термографског снимка треба размотрити температурну градацију. Посматрајући елемент  $U_{23_1}$  на Слици 78б. који има просјечну температуру од око  $-6,3^{\circ}\text{C}$  ( $1,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Температурна градација говори да је елемент  $U_{23_7}$  има најнижу температуру  $-8,5^{\circ}\text{C}$ , односно да је елемент са најнижим U-коэффицијентом ( $1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), а да елемент  $U_{23_3}$  има највишу температуру око  $-4,6^{\circ}\text{C}$ , те с тим и највиши U-коэффицијент ( $2,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). На снимцима је видно да су за нетранспарентне елементе омотача фасадног зида највећи губици топлоте узорка преко елемента омотача  $U_{23_3}$  (међуспратна конструкција између зидова од термоблока) и  $U_{23_6}$  (позиција префабрикованих АБ стубова са бочне стране препуста). На снимку (Слика 77а.) је видно да су највећи топлотни губици на споју прозора са међуспратном конструкцијом у позицији конструктивне осе АБ

стубова (нпр. прозори на приземљу и прозори и балконска врата у лођи на трећем спрату) и да су губици умањени ако прозор посједује спољашњу ролетну (прозори на првом и другом спрату). На термовизијском снимку (Слика 77а.) можемо констатовати да је корисник стана на првом спрату прве ламеле преградио лођу на препусту (застакљење са спољашњом ролетном) и да је на парапетни зид поставио гријно тијело, што вјероватно говори да је свој стамбени простор проширио за простор лође.

Коефицијент пролаза топлоте сваког елемента узорка, увећан је за  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , због постојања линијских и тачкастих топлотних губитака (видно у табелама ПРИЛОГА Ђ). Анализом узорка, уз помоћ лиценцираног програм ENVI EAB, ако не узимамо у обзир увећање коефицијената пролаза топлоте сваког коефицијента за  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  добићемо нижу специфичну потрошњу енергије за гријање на годишњем нивоу за  $11,4 \text{ kWh/m}^2$ , односно за 7,2% нижу потрошњу.

За међуспратну конструкцију изнад негријаног полуукопаног подрума (хоризонтална равна омотача – под узорка), као што је већ горе наведено коефицијенти пролаза топлоте изведени су на основу стандарда EN ISO 13370 (U-floor excel tool ENVI) за преношење топлоте преко тла, ако узмемо у обзир за прорачун међуспратне конструкције изнад негријаног простора само отпор слојева међуспратне конструкције, те унутрашњи и вањски отпор прелазу топлоте од по  $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$  са фактором корекције температуре од  $F_{xi} = 0,5$  (према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Србије) и са увећањем од  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  за сваки елемент, добијамо за елемент  $U_2\Pi_1 - U=0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ , за  $U_2\Pi_2 - U=1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_2\Pi_3$  и  $U_2\Pi_4 - U=1,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Са оваквим прорачуном за под добијамо потрошњу енергије за гријање Узорка 2 умањену за  $2,5 \text{ kWh/m}^2$  на годишњем нивоу, односно умањену за 1,6%.

Вертикалне нетраспарентне елементе омотача, неопходно је приказати кроз површине и припадајуће коефицијенте пролаза топлоте (U-коефицијенте) у односу на оријентацију (Табела 20.).

Табела 20. Укупне и појединачне површине карактеристичних елемената омотача УЗОРКА 2 и њихове еквивалентне вриједности коефицијената

ЕЛЕМЕНТИ ОМОТАЧА							
ВЕРТИКАЛНЕ РАВНИ							
ОРИЈЕНТАЦИЈА	ОЗНАКА	НЕТРАНСПАРЕНТНИ		ТРАНСПАРЕНТНИ			
		A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	ОЗНАКА	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	g [-]
СЈЕВЕР	<b>У231</b>	320,00	1,47				
	<b>У233</b>	40,00	2,28				
	<b>У236</b>	42,00	1,68				
	<b>У237</b>	78,00	1,36				
	<b>У238</b>	273,00	0,90				
<b>УКУПНО</b>		<b>753,00</b>	<b>1,31</b>				
ИСТОК	<b>У231 и 35</b>	500,00	1,43	<b>У2ПР1</b>	257,35	3,08	0,55
	<b>У232</b>	180,00	1,91	<b>У2ПР2</b>	113,65	3,06	0,21
	<b>У233</b>	68,70	2,28	<b>У2ПР3</b>	189,15	3,10	0,22
	<b>У234</b>	90,00	2,02	<b>У2ПР4</b>	57,10	3,04	0,19
	<b>У238</b>	525,00	0,90	<b>У2ПР5</b>	30,45	2,98	0,23
<b>УКУПНО</b>		<b>1363,70</b>	<b>1,37</b>		<b>647,70</b>	<b>3,07</b>	<b>0,35</b>
ЈУГ	<b>У231</b>	320,00	1,47				
	<b>У233</b>	40,00	2,28				
	<b>У236</b>	42,00	1,68				
	<b>У237</b>	78,00	1,36				
	<b>У238</b>	273,00	0,90				
<b>УКУПНО</b>		<b>753,00</b>	<b>1,31</b>				
ЗАПАД	<b>У231 и 35</b>	490,00	1,43	<b>У2ПР1</b>	257,35	3,08	0,46
	<b>У232</b>	230,00	1,91	<b>У2ПР2</b>	98,65	3,06	0,17
	<b>У233</b>	40,00	2,28	<b>У2ПР3</b>	113,50	3,10	0,17
	<b>У234</b>	120,00	2,02	<b>У2ПР4</b>	57,10	3,04	0,16
	<b>У238</b>	525,00	0,90	<b>У2ПР6</b>	79,80	3,10	0,47
<b>УКУПНО</b>		<b>1405,00</b>	<b>1,39</b>		<b>606,40</b>	<b>3,08</b>	<b>0,33</b>
ХОРИЗОНТАЛНЕ РАВНИ							
КРОВ	<b>У2К</b>	1263,00	0,70				
<b>УКУПНО</b>		<b>1263,00</b>	<b>0,70</b>				
ПОД	<b>У2П1</b>	633,00	1,19				
	<b>У2П2</b>	380,00	1,10				
	<b>У2П3</b>	100,00	0,56				
	<b>У2П4</b>	150,00	0,56				
<b>УКУПНО</b>		<b>1263,00</b>	<b>1,04</b>				

Вертикалне површине транспарентних елемената омотача изведене су у односу на вриједност U-коефицијента и g-коефицијента према оријентацији узорка. Површине пода (међуспратна конструкција изнад негријаног подрума) су изведене према врстама слојева, односно карактеристичној вриједности U-коефицијента. Површина крова је у односу на површину међуспратне конструкције посљедње етажне изнад стамбених простора и кровне конструкције изнад степенишног простора).

Након израчунавања горе наведених података и уношења у лиценцирани програм ENVI EAB добијамо еквивалентне параметре просјечног U-кофицијента за зидове од  $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , за транспарентне дијелове омотача (прозоре и балконска врата)  $3,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ , за кров  $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  и под  $1,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Просјечан фактор дотока од сунца, односно g-кофицијент сходно оријентацији и засјенчености од изграђене околине, код овог узорка износи 0,34. При анализи узорка, ако не узмемо у обзир засјенченост узорка од околине ( $f_s$ ), односно да при прорачуну није умањен g-кофицијент транспарентних дијелова омотача на западу, просјечан фактор дотока од сунца износио би око 0,37, те би узорак имао нижу специфичну потрошњу енергије за гријање за  $2,3 \text{ kWh/m}^2$ , односно за око 1,5%.

У случају да се уопште не узима у обзир параметар дотока од сунца, Узорак 2 би имао увећану специфичну потрошњу енергије за гријање за 13,2% ( $204,9 \text{ kWh/m}^2$  -зона станова  $22,3^\circ\text{C}$  – стварно стање), односно за 14,3% при прорачуну пројектне температуре од  $20^\circ\text{C}$  у зони станова ( $180,3 \text{ kWh/m}^2$ ). Ако изузмемо заједно спољашњи утицај (доток) од сунца кроз транспарентне елементе омотача (g-кофицијент) и интерне (унутрашње) доприносе од расвјете и уређаја, као и од корисника, специфична потрошња енергије за гријање Узорка 2 повећаће се за 40,4% ( $254,2 \text{ kWh/m}^2$  -зона станова  $22,3^\circ\text{C}$ ), односно за 45,2% при прорачуну пројектне температуре од  $20^\circ\text{C}$  у зони станова ( $229 \text{ kWh/m}^2$ ).

Процењена инфилтрација ваздуха за предметни узорак, на чију су вриједност утицали микроклиматски параметри – средња брзина вјетра мања од  $1 \text{ m/s}$  и умјерено заклоњен положај узорка и заптивеност омотача узорка, која би се могла дефинисати да је између добре и лоше, са чињеницом да узорак посједује мноштво лођа (око 48% транспарентних дијелова омотача (прозора и балконских врата) смјештено је у лођама) износи око  $0,5 \text{ l/h}$ .<sup>143</sup> Анализом узорка са порастом инфилтрације на  $0,6 \text{ l/h}$  специфична потрошња енергије за гријање узорка порашће на годишњем нивоу за око  $6,8 \text{ kWh/m}^2$ , односно за 4,3%.

---

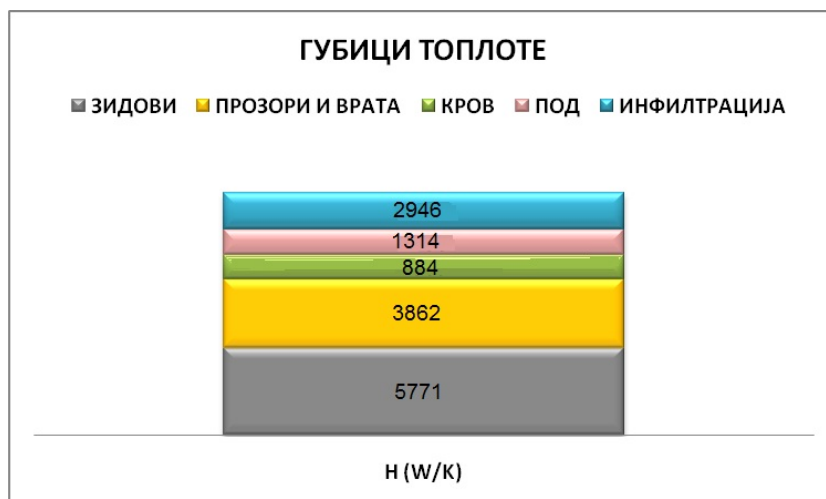
<sup>143</sup> Инфилтрација ваздуха, односно број измјена ваздуха по сату од 0,3 до 1,5 односи се нпр. на прозоре који су благо нагнути (отклопљени) док је заштита (вањска ролетна) на прозорима спуштена према Krippner R., Musso, F., Basic Facade Apertures, Birkhauser: Basel, Boston, Berlin, 2008., стр. 22. и Правилник о енергетској ефикасности зграда Републике Србије

Из свега горе наведеног видимо да на прорачун специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 2 утиче процјена (након прорачуна или стандардом усвојене вриједности) параметара, који некада значајно утичу на добијени износ потрошње, а некад занемариво. Сагледани су поједини параметри када појединачно учествују у деградацији резултата потрошње, те наравно ако је њихов утицај збиран могу се десити веома значајна помјерања висине потрошње енергије (Графикон 50.).

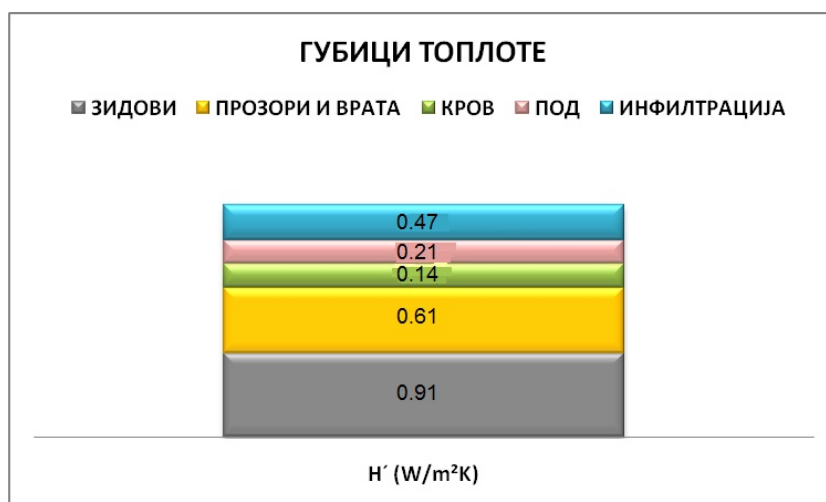


Графикон 50. Упоредни приказ утицаја параметара на прорачун специфичне потрошње топлотне енергије узорка 2 при стварној и пројектној температури у зони станова

Након свих добијених параметара лиценцирани програм ENSI EAB израчунава, преко површина елемената омотача и њихових просјечних U-кофицијента, да су коефицијенти трансмисионих губитака топлоте Узорка 2 укупно 11831 W/K, док је коефицијент вентилационог губитка топлоте 2946 W/K (Графикон 51.), односно укупно 14777 W/K, те сведено на површину узорка израчунава и специфичне трансмисионе (1,87 W/m<sup>2</sup>K) и вентилационе губитке, који укупно износе 2,34 W/m<sup>2</sup>K (Графикон 52.).



Графикон 51. Губици топлоте (трансмициони и вентилациони) у W/K кроз елементе омотача узорка 2 према програму ENSI EAB



Графикон 52. Губици топлоте (трансмициони и вентилациони) у W/m²K кроз елементе омотача узорка 2 према програму ENSI EAB

#### 5.4.2.3 Потрошња финалне енергије за гријање Узорка 2

На висину финалне (коришћене) енергије за гријање у згради, осим података који су добијени из анализе карактеристика омотача, топлотног капацитета и осталих горе наведених референтних података предметног узорка, утичу још и допринос од система вентилације, расвјете и разне опреме/апарата, који су потрошачи електричне енергије.

Као и код Узорка 1, наведено у поглављу 5.3.2.3 овог рада, када анализирамо потрошњу топлотне енергије Узорка 2 који се наплаћује корисницима, говоримо о просјечној потрошњи на годишњем нивоу од 147,96 kWh/m<sup>2</sup>.

Мјерењем температура ваздуха у узорку и температуре на главном цијевном разводу у узорку, који је детаљније описан у овом раду у поглављу 5.4.1, указано је на губитке на вањском разводу гријања од централног постојења до топлотне подстанице, која се налази у самом репрезентативном узорку.

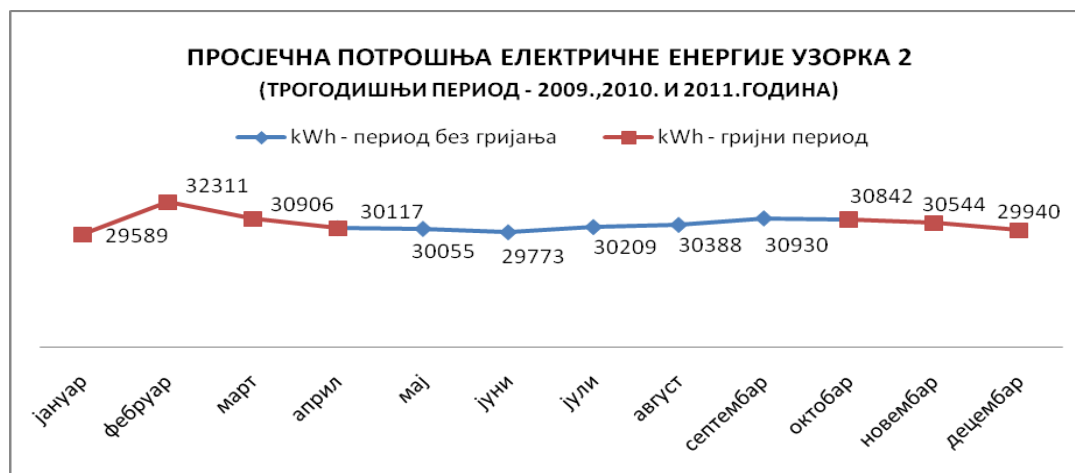
За ово насеље интересантно је да нити једна зграда старости преко 20 година која има вертикални развод гријања нема уграђен мјерач испоручене топлотне енергије – калориметар. Према подацима из „Топлане“ једна зграда из овог насеља (зграда на адреси Николе Пашића бр.36) је на почетку гријне сезоне 2011/2012 уградила калориметар и након два мјесеца раскинула уговор о оваквом систему наплате да би се вратила на стари обрачун потрошње топлотне енергије према m<sup>2</sup> нето површине и топлотном комфору који је виши од пројектног, дефинисаног стандардом и достиже унутрашњу температуру до 23°C (просјечна температура у узорку 2 око 22,3°C), говори о повољности овог насеља са аспекта даљинског централног градског гријања. На то указују и подаци из записника о читању калориметра из „Топлане“, односно ако испратимо испоручену енергију за новембар 2011. године, када је био уграђен калориметар у тој наведеној згради која припада насељу узорка 2, са зградом која припада насељу узорка 1, говоримо о 2 пута мање испоручене топлотне енергије према узорку 1.

Систем вентилације стамбених зграда не утиче на потрошњу енергије, јер је заступљена природна вентилација, односно која се одвија природним путем отварањем прозора и вентилационим отворима (систем димњачких канала) у купатилу и кухињи.

Систем загријавања воде, није посебан систем, већ је укључен у систем разних потрошача електричне енергије (преко неискористивих уређаја у сваком стану – бојлера).

Корисници узорка 2 имају потрошњу воде од просјечно око 200 l/ст/дан (у тај просјек улази и пред почетак гријне сезоне у једном мјесецу када је потрошња воде 220 l/ст/дан, када се пуни водом систем за гријање код репрезентативног узорка потрошња са 550-600m<sup>3</sup> порасте на 700m<sup>3</sup>).

Допринос од система расвјете и разних потрошача електричне енергије на специфичну потрошњу енергије за гријање испраћен је преко података Електродистрибуције Бањалука за три године (2009., 2010. и 2011.) - Графикон 53.



Графикон 53. Просјечна потрошња електричне енергије узорка 2 по мјесецима (просјек три године) према инсталисаном мјерачу

Према подацима потрошње електричне енергије узорка 2, највећа потрошња је у фебруару, док је у осталим мјесецима уравножена скоро једнака потрошња, указује на равномјерну потрошњу током цијеле године, као и то да се корисници узорка, у просјеку, не излажу додатним трошковима за загријавање свог стамбеног простора.

Предметни узорак у просјеку за ове три године у зимском периоду (гријни период) имао је потрошњу електричне енергије од 184132kWh, што износи 35,54kWh/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу за период гријања (Графикон 54.). У стандарду EN ISO 13790 наведено је да је просјечна годишња потрошња електричне енергије по јединици гријане површине стамбеног простора (више станова) износи око 30 kWh/m<sup>2</sup>.





Графикон 54. Просјечна специфична потрошња електричне енергије узорка 2 према мјесецима и на годишњем нивоу за гријни период (просјек три године)

Посматрањем узорка за потрошњу електричне енергије за расвјету изведен је просјек по стану од 252kWh. Таква потрошња говори о расвјети снаге 300W у трајању од 5h, што за гријни период (6 мјесеци) износи 840h, или 200W у трајању од 7,5h, што износи 1260h. Узорак од 100 станова чини потрошњу од 25200kWh, те просјечна специфична потрошња електричне енергије за расвјету на годишњем нивоу износи 4,86kWh/m<sup>2</sup>.

Потрошачи електричне енергије, као што су бојлери, машине за прање веша и суђа, фрижидер, штедњак, пегла, телевизор, рачунари, усисивач и остала опрема коју узорак посједује у зависности од социјалног и материјалног статуса корисника, спадају у разне потрошаче који су подјељени у искористиве и неискористиве.

Процјењено је за потребе лиценцираног програма ENSI EAB специфична потрошња електричне енергије за разне уређаје на годишњем нивоу укупно 30,7 kWh/m<sup>2</sup>, односно 22,7kWh/m<sup>2</sup> за разне искористиве уређаје и 8kWh/m<sup>2</sup> за неискористиве.

Оваква поставка потрошње електричне енергије дала је допринос енергији за загријавање узорка на годишњем нивоу од око 2,5 kWh/m<sup>2</sup> од расвјете и око 12 kWh/m<sup>2</sup> од разних уређаја (добијено уз помоћ лиценцираног програма ENSI EAB).

Сви горе наведени параметри преко програма израчунавају потребну енергију за гријање узорка, која износи 115,6 kWh/m<sup>2</sup>. Специфична потрошња енергије, јединица којом се мјери енергетска ефикасност зграде, односно стварна коришћена (финална) енергија, се у програму израчунава након уношења следећих параметара везаних за ефикасност система гријања унутар узорка

(мјерења вршена при просјечној вањској температури од  $-10^{\circ}\text{C}$ , када је просјечна унутрашња температура узорка била  $22,3^{\circ}\text{C}$ ):

- емисиона ефикасност - изведене на основу ENSI-јевог алата, система гријања радијаторима постављеним на вањском зиду, без регулације температуре и просјечне унутрашње температуре узорка од  $22,3^{\circ}\text{C}$ , те полазне и повратне температуре носиоца топлоте  $84/64^{\circ}\text{C}$ , радом са прекидима и мање од осам предајника по регулатору диференцијалног притиска дају емисионе губитке узорка од  $27 \text{ kWh/m}^2$  односно емисиону ефикасност од  $80,1\%$ ,

- дистрибутивна ефикасност - изведене на основу ENSI-јевог алата, систем гријања унутар узорка, гдје развод главних цијеви се налази у негријаном подруму температуре од  $5^{\circ}\text{C}$ , средња температура медија  $74^{\circ}\text{C}$ , укупне еквивалентне дужине цијеви око  $400 \text{ m}$ , са линеарним коефицијентом провођења топлоте од  $0,32 \text{ W/mK}$ , даје укупне неискористиве губитке од  $31,8 \text{ kWh/m}^2$ , односно дистрибутивну ефикасност од  $95,6\%$ ,

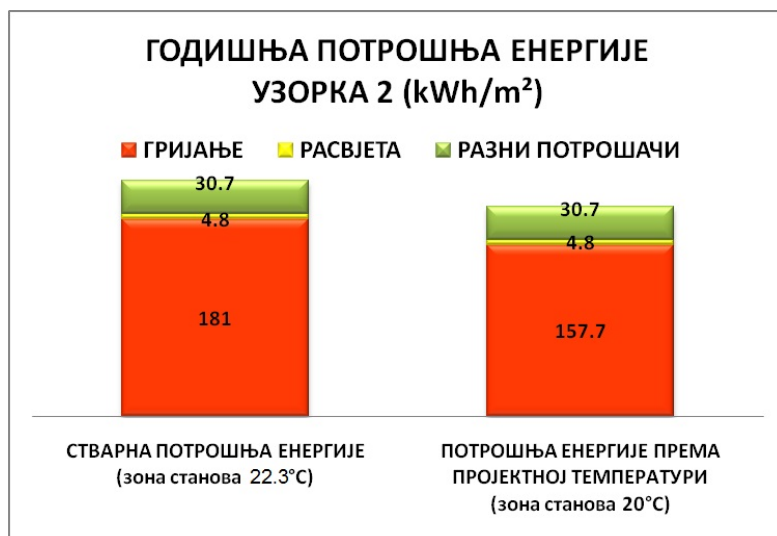
- аутоматска регулација - централна регулација у градској топлани која је у зависности је од спољне температуре ваздуха чини најнеефикаснију аутоматску регулацију зграде која износи  $90\%$ ,

- техничко управљање зградом и праћење потрошње енергије у згради - не постоји систем управљања и праћења, односно константно мјерење потрошње топлотне енергије, ни у подстаници нити у самом узорку (једном мјесечно у подстаници се мјери проток), па према класификацији стандарда износи  $92\%$ ,

- ефикасност генератора топлоте - за градско централно гријање износи  $100\%$ .

Програма ENSI EAB Software израчунава специфичну потрошњу енергије за гријање узорка од  $181,0 \text{ kWh/m}^2$ , за топлотни комфор који је тренутно у узорку.

Ако наведемо да просјечна температура узорка износи  $20^{\circ}\text{C}$ , ENSI EAB Software израчунава специфичну потрошњу енергије за гријање узорка од  $157,7 \text{ kWh/m}^2$ , односно потрошња би се смањила за око  $23,3 \text{ kWh/m}^2$ , ако би се узорку смањила просјечна температура за  $2,3^{\circ}\text{C}$  (достизање пројектне температуре), при истом, постојећем капацитету и карактеристикама омотача узорка (Графикон 55.).



Графикон 55. Упоредни приказ специфичне потрошња енергије Узорка 2 према билансним ставкама за стварни (постојећи) и пројектни (предвиђен стандардом) топлотни комфор

Према ENSI EAB Software укупна потрошња енергије узорка 2 износи 216,5 kWh/m<sup>2</sup> при стварном, постојећем топлотном комфору, док би свођење топлотног комфора на комфор стандардом предвиђен, смањењем унутрашње температуре узорка на пројектну температуру, чинило укупну потрошњу енергије од 193,1 kWh/m<sup>2</sup>.

Интересантно је да корисници узорка плаћају мању цијену за загријавање свог стамбеног простора за топлотну енергију која одступа за приближно 20% од израчунате специфичне потрошње топлотне енергије помоћу програма ENSI EAB, односно да градска топлана у просјеку за трогодишњи период (2009., 2010. и 2011.), испоручивала више топлотне енергије према узорку 2, што оправдава чињеница да је виша унутрашња температура у становима и да су корисници једне зграде у овом насељу сами закључили да уградњом калориметра би морали више плаћати топлотне енергије (већи је и проток) него што је то предвиђено устаљеном наплатом по m<sup>2</sup> нето стамбене површине. Разлика у потрошњи топлотне енергије, између израчунате потрошње енергије према пројектној температури и по m<sup>2</sup> нето стамбене површине колико иначе кошта кориснике, говори да је могуће да просјечна температура могла бити и виша унутар станова, него што је процјењена. Мјерења температуре у становима узорка нису вршена у трогодишњем периоду који је обухваћен рачунима комуналних служби (подаци изведени на основу инсталираних мјерача). Мјерења су вршена три дана у

фебруару 2012. године када је разлика спољашње и унутрашње температуре била просјечно  $30^{\circ}\text{C}$  и то у стану који је на првом спрату узорка у другој ламели, гдје се и не очекује највиша температура, да би се на приземљу и на посљедњој етажи мјерила температура у једном дану и дошло до закључка да је неуравнотежена температура за  $1,5\text{--}2^{\circ}\text{C}$ . При посматрању узорка 2 у гријној сезони 2011/2012 утврђено је да корисници узорка 2 често имају отклопљене прозоре, затим при мјерењу протока у подстаници забиљежен је за 25% већи проток него што је градска топлана предвидјела за овај узорак (са  $10\text{m}^3$  сведено на  $7,5\text{m}^3$ ) и сами корисници су задовољни топлотним комфором указује да предметни узорак има већи топлотни комфор него што је стандардом предвиђено и чини да се непотребно троши топлотна енергија. Енергетска обнова омотача, осим што би свела би испоруку топлотне енергије за овај узорак на још нижи ниво, те с тим створила енергетске уштеде и смањење емисија  $\text{CO}_2$  у атмосферу, омогућила би и да се капацитет градске топлане, који је максимално искориштен и нема могућности за прикључивање нових потрошача, могао бар у овом насељу, адекватно разријешити и обезбједити топлотну енергију, из оваквог, даљинског централног система, за будуће кориснике.

#### 5.4.2.4 Потрошња примарне енергије за гријање и емисија $\text{CO}_2$ Узорка 2

Потрошња финалне (кориштене) енергије Узорка 2 израчуната је на основу границе од 1m од габарита зграде. При прорачуну потрошње примарне енергије и емисије  $\text{CO}_2$  Узорка 2 у обзир се морају узети дистрибутивни губици цјевовода од градске топлане до топлотне станице, која је у Узорку 2 и који према горе наведеним процјенама износе око 10%. Примарно гориво за добијање топлотне енергије у градској топлани је мазут (тешко лож уље), те према њиховим подацима неопходан је утрошак од 115 kg за добијање 1 MWh<sup>144</sup>. Доња топлотна моћ тешког лож уља износи 37800 kJ/kg, односно 10,5 kWh/kg према DIN 51900-

---

<sup>144</sup> Интерни документ „Топлане“ под називом План и програм рада „Топлана“ а.д. Бањалука за 2012. годину, новембар 2011.

1;-2;-3.<sup>145</sup> Ако узмемо у обзир ове податке добијамо да градска топлана има ефикасност котла, која износи приближно 81%.

Према стандарду EN 15603<sup>146</sup> у анексу Е, за лож уље наведени су коефицијенти примарне енергије ( $f_p$ ) од 1,35 и емисије CO<sub>2</sub> ( $K$ ) од 330 kg/MWh.

Потрошња коришћене енергије за гријање Узорка 2 износи 181,0 kWh/m<sup>2</sup>, са смањеном укупном ефикасношћу градске топлане према насељу узорка 2 од око 80% (топлотни губици на цјевоводу око 10% и ефикасност котла 81%) даје испоручену топлотну енергију из градске топлане од 222,4 kWh/m<sup>2</sup>. Потрошња примарне енергије за гријање узорка 2 на годишњем нивоу износи 300kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 73,3 kg/m<sup>2</sup>, односно 463,4 тона на годишњем нивоу (Графикон 56.)

За укупну примарну потрошњу енергије у Узорку 2, неопходни су параметри производње електричне енергије, која је у Републици Српској базирана 45% на хидроелектранама и 55% на термоелектранама (угаљ).<sup>147</sup> Према стандарду EN 15603 у анексу Е за електричну енергију добијену из хидроелектрана коефицијенти су за примарну енергију ( $f_p$ ) 0,50 и емисију CO<sub>2</sub> ( $K$ ) 7 kg/MWh, док је за електричну енергију добијену из термоелектрана на угаљ за примарну енергију ( $f_p$ ) 4,05 и емисију CO<sub>2</sub> ( $K$ ) 1340 kg/MWh. Производња електричне енергије у Републици Српској према овим параметрима има специфичну емисију CO<sub>2</sub> од 740,15 kg/MWh и коефицијент примарне енергије од око 2,4525.

Према овим параметрима потрошња електричне енергије Узорка 2 од 35,54 kWh/m<sup>2</sup> износи 87 kWh/m<sup>2</sup> примарне електричне енергије и емисију CO<sub>2</sub> од 26,3kg/m<sup>2</sup>.

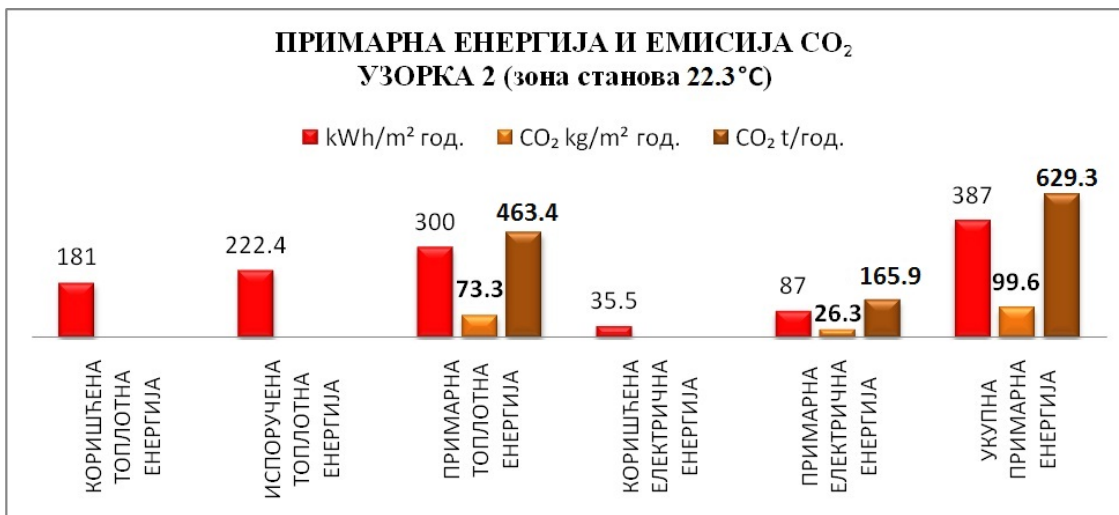
Укупна потрошња примарне енергије Узорка 2 износи 387 kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 99,6 kg/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу, односно 629,3 тоне на годишњем нивоу. Графикон 56.

---

<sup>145</sup> Рекнагел, Х., Грејање и климатизација, 7. измјењено и допуњено издање, Врњачка бања: Интерклима, 2011. у Табели 1.3.6-4 Минимални услови које ложно уље треба да испуњава, стр.218

<sup>146</sup> EN 15603:2008, Energy performance of buildings — Overall energy use and definition of energy ratings

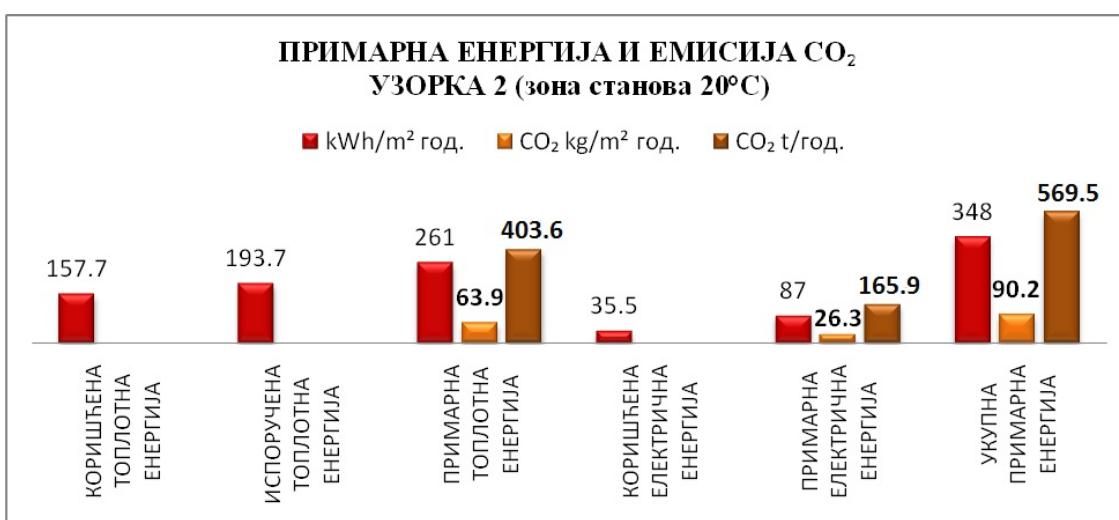
<sup>147</sup> подаци из Енергетског биланса РС план за 2010., 2011. и 2012. годину, документи Владе Републике Српске, преузето 15.08. 2011., 29.09.2012., 07.12.2012. са сајта [http://www.vladars.net/sr-SPCyril/Vlada/Ministarstva/mper/std/Pages/Energetski\\_bilans\\_Republike\\_Srpske](http://www.vladars.net/sr-SPCyril/Vlada/Ministarstva/mper/std/Pages/Energetski_bilans_Republike_Srpske)



Графикон 56. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 2 при постојећем (стварном) топлотном комфору (зона станова 22.3°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Ако узмемо у обзир потрошњу енергије за гријање према пројектној температури од 20°C у зони станова од 157,7 kWh/m<sup>2</sup>, тада говоримо о испорученој топлотној енергији из градске топлане од 193,7 kWh/m<sup>2</sup>. Потрошња примарне енергије за гријање узорка 2 на годишњем нивоу износи 261kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 63,9 kg/m<sup>2</sup>, односно 403,6 тоне на годишњем нивоу.

У том случају укупна потрошња примарне енергије узорка 2 износи 348 kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 90,2 kg/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу, односно 569,5 тона на годишњем нивоу (Графикон 57.).



Графикон 57. Упоредни приказ коришћене (финалне), испоручене и примарне потрошње енергије за Узорак 2 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова 20°C) и емисије CO<sub>2</sub>

## 5.5 Упоредна анализа репрезентативних узорака

Избор репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда, описан у поглављу 3. ОДРЕЂИВАЊЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА, већ је издефинисао и унапријед очекивао да ће специфична потрошња топлотне енергије, енергије за гријање зграде бити различита, али до које мјере утврђено је након енергетског аудита, прорачуна и процјене свих параметара који утичу на специфичну потрошњу топлотне енергије (енергије за гријање зграде) и емисију CO<sub>2</sub> у атмосферу, који су наведени у оквиру овог поглавља.

Сви параметри који утичу на пројектно топлотно оптерећење зграде, издефинисали су да у основи (пројектна унутрашња температура у просторијама станова 20°C) потребна топлотна енергија Узорка 1 је за око 10% већа него код Узорка 2.

Ако узмемо у обзир да се при прорачуну пројектне специфичне потрошње енергије за гријање (зона станова 20°C) изузме утицај фактора дотока од сунца (g-коэффицијент), Узорак 1 (204,4 kWh/m<sup>2</sup>) имао би за 13,4% већу потрошњу од Узорка 2 (180,3 kWh/m<sup>2</sup>). Док би изузимање заједно спољашњег утицаја (дотока) од сунца кроз транспарентне елементе омотача (g-коэффицијент) и интерне (унутрашње) доприносе од расвјете и уређаја, као и од корисника, смањио процентуалну разлику, односно пројектна специфична потрошња енергије за гријање Узорка 1 (249 kWh/m<sup>2</sup>) била би за 8,7% већа од Узорка 2 (229 kWh/m<sup>2</sup>).

Ефикасност система гријања у предметним узорцима створила је мању разлику између ова два узорка, тако да је специфична потрошња (финалне/коришћене) топлотне енергије код Узорка 1 за 4,2% виша него што је код Узорка 2 (Табела 21.).

Табела 21. Упоредни приказ параметра репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука за прорачун специфичне потрошње топлотне енергије (финалне/коришћене енергије за гријање зграде) и еколошких параметара (емисије CO<sub>2</sub>) према ENSI EAB

ПАРАМЕТРИ ЗГРАДЕ	м. јед.	УЗОРАК 1		УЗОРАК 2	
година изградње зграде		1964		1974	
гријана/хлађена површина зграде	m <sup>2</sup>	2025		6315	
гријани/хлађени волумен зграде	m <sup>3</sup>	5670		17682	
топлотни капацитет зграде	Wh/m <sup>2</sup> K	72		46	
метаболичка топлота	W/m <sup>2</sup>	3,8		4,9	
оријентација (транспарентне површине)		С3 - ЈИ		И - 3	
ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ЗГРАДЕ		СТВАРНО	ОСНОВА	СТВАРНО	ОСНОВА
U-коэф. ЗИДОВИ	W/m <sup>2</sup> K	2,03	<b>2,03</b>	1,35	<b>1,35</b>
U-коэф. ПРОЗОРИ	W/m <sup>2</sup> K	3,12	<b>3,12</b>	3,08	<b>3,08</b>
U-коэф. КРОВ	W/m <sup>2</sup> K	1,64	<b>1,64</b>	0,70	<b>0,70</b>
U-коэф. ПОД	W/m <sup>2</sup> K	1,02	<b>1,02</b>	1,04	<b>1,04</b>
ФАКТОР ОБЛИКА	-	0,40	<b>0,40</b>	0,46	<b>0,46</b>
ФАКТОР ПРОЗОРА	%	23,70	<b>23,70</b>	19,90	<b>19,90</b>
g-коэф.	-	0,49	<b>0,49</b>	0,34	<b>0,34</b>
инфилтрација	1/h	0,60	<b>0,60</b>	0,50	<b>0,50</b>
унутрашња температура просторије	°C	18,0	<b>19,2</b>	22,3	<b>20,0</b>
доња температура	°C	15,5	<b>16,7</b>	18,8	<b>16,6</b>
ИНТЕРНИ ДОПРИНОСИ					
расвјета	kWh/m <sup>2</sup>	2,49	<b>2,57</b>	2,58	<b>2,51</b>
разни потрошачи	kWh/m <sup>2</sup>	13,03	<b>13,48</b>	12,23	<b>11,9</b>
ПОТРЕБНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	kWh/m <sup>2</sup>	91,5	<b>104,7</b>	108,6	<b>94,5</b>
ЕФИКАСНОСТ СИСТЕМА ГРИЈАЊА					
емисиона ефикасност	%	80,1	<b>80,1</b>	80	<b>80</b>
дистрибутивна ефикасност	%	98,2	<b>98,2</b>	90,5	<b>90,5</b>
аутоматска регулација	%	90	<b>90</b>	90	<b>90</b>
ТУЗ/ППЕ	%	90	<b>90</b>	92	<b>92</b>
ефикасност генератора топлоте	%	100	<b>100</b>	100	<b>100</b>
<b>КОРИШТЕНА/ФИНАЛНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА</b>	kWh/m <sup>2</sup>	143,6	<b>164,4</b>	181,1	<b>157,7</b>
ИСПОРУЧЕНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	kWh/m <sup>2</sup>	273,5	<b>313,1</b>	222,4	<b>193,7</b>
ПРИМАРНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	kWh/m <sup>2</sup>	369,0	<b>423,0</b>	300,0	<b>261,0</b>
<b>ЕМИСИЈА CO<sub>2</sub> (на годишњем нивоу)</b>	kg/m <sup>2</sup>	90,3	<b>103,4</b>	73,3	<b>63,9</b>
ЕМИСИЈА CO <sub>2</sub> (на годишњем нивоу)	t	182,8	<b>209,3</b>	463,4	<b>403,6</b>

На потрошњу испоручене топлотне енергије, а с тим и примарне топлотне енергије и емисије CO<sub>2</sub>, утицала је удаљеност насеља у којима су смјештени репрезентативни узорци од централног постројења градске топлане, што је резултовало на крају да Узорак 1 има за око 62% већу потрошњу примарне топлотне енергије и емисије CO<sub>2</sub> од Узорака 2.

Површина зграда репрезентативних узорака (Узорак 2 је и више од три пута већи у површини него Узорак 1) резултовала је да када би узорци имали остварену пројектну температуру од 20°C, Узорак 2 производио би емисију CO<sub>2</sub> од око 404 тоне, док Узорак 1 би производио емисију CO<sub>2</sub> од око 210 тона.



Посматрајући репрезентативне узорке према укупној површини и производњи емисије CO<sub>2</sub>, Узорак 1 производи више емисије CO<sub>2</sub> за око 62% од Узорка 2 или 1,6 пута је већа емисија Узорка 1.

Истраживање указује да присутност карактеристичних зграда у архитектонско-урбанистичком смислу (габарит зграде по хоризонтали и вертикали, конструктивно-материјалне карактеристике, физика зграде, позиција зграде у односу на оријентацију) не може се посматрати идентичном, када је ријеч о градском (централном, даљинском) гријању у односу на цијели град, карактеристичне врсте могу бити унутар једног насеља.

## **6 АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКИХ УШТЕДА И СМАЊЕЊА ЕМИСИЈА CO<sub>2</sub> ПРИМЈЕНОМ ОДАБРАНИХ МЈЕРА ОБНОВЕ ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ОПТИМИЗАЦИЈУ ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА**

6.1 Анализа одабраних мјера и материјала обнове у циљу енергетске оптимизације омотача постојећих стамбених зграда примјењивих на репрезентативним узорцима

Друго поглавље под насловом 2.3 Анализа резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације омотача зграда у Европској Унији, приказало је које су могуће мјере обнове у циљу енергетске оптимизације омотача, а да су примјењиве на репрезентативним узорцима постојећих стамбених зграда града Бањалука.

За анализу енергетских уштеда и економске исплативости примјењених мјера за Узорак 1 одабране су конвенционалне мјере (постављање топлотне изолације на непровидне компоненте омотача, као и замјена прозора новим прозорима) и мјера соларне структуре, као што је постављање транспарентне термоизолације у парапетним зонама постојећег фасадног зида. За Узорак 2 одабране су такође конвенционалне мјере (постављање топлотне изолације на непровидне компоненте омотача, као и замјена прозора новим прозорима) и мјера соларне структуре, као што је застакљивање лођа (унапређење омотача, у позицији лођа, конвенционалном структуром, постављањем прозора и топлотне изолације на постојећи парапетни зид - ограду лође). За усвојене мјере, са енергетског аспекта, анализираће се материјали, који ће се водити критеријумом сертификоване физичке и техничке карактеристике материјала конкретних произвођача. Материјали у највећем обиму (због ниског коефицијента топлотне проводљивости) чине најзначајнију компоненту мјере за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда у циљу смањења потрошње енергије за гријање. За адекватан одабир, након утврђивања енергетских карактеристика, материјали ће се анализирати и према критеријумима доступности и цијене истог на тржишту Босне и Херцеговине.

Са еколошког аспекта, материјали, који су у директној вези са енергетском уштедом и највише утичу на енергетску оптимизацију омотача, као саставни елемент одабране мјере обнове сагледаће се и према критеријумима процјене животног циклуса (LCA)<sup>148</sup>. Критеријум процјене животног циклуса је тешко сагледати на материјалима који су на тржишту Босне и Херцеговине, јер не посједују те податке и могли би бити тема другог истраживања. Рангирање материјала према овом критеријуму биће изведено на основу доступних података који су објављени у декларацијама за конкретне материјале који су произведени у Њемачкој. Подаци изведени у тим декларацијама, могу указати на прихватљивост материјала на подручју Њемачке, што не мора значити да је присутно у производњи материјала на другим подручјима Европске уније и ван ње (нпр. због удаљености сировине до производње – потрошње енергије у транспорту-А2 или у зависности од извора енергије који учествује у производном процесу-А3, односно у којој мјери се користе обновљиви извори енергије).

Процјена мјере кроз животно циклус зграде односи се на утицај материјала (примјењених материјала за реализацију конкретне мјере) на природно окружење од постанка до завршетка употребе (одлагања на отпад или поновног кориштења). У овом истраживању највећа пажња у рангирању материјала који чине мјеру односиће се на еколошку деградацију (загађење) проузроковано поријеклом сировине, од ефеката транспорта и од производног процеса, односно потребне (уграђене) енергије у материјалима који стварају потенцијал глобалног загађавања (емисију CO<sub>2</sub>) у првој производној фази од А1-А3 (Слика 79.).

---

<sup>148</sup> Процјена животног циклуса (Life Cycle Assessment) или анализа животног циклуса (Life Cycle Analysis) је алат за процјену утицаја на животну средину неког производа или материјала од свог настанка до одлагања, односно преко његовог цијелог животног циклуса. Све активности или процеси током животног циклуса неког производа резултују утицајем на животну средину услед потрошње ресурса, емисија супстанци на животну средину, као и других промјена.

фаза производње			фаза монтаже (изградње)		фаза коришћења							фаза завршетка (end of life)				добити и носивост изван граница цјелине
набавка сировине	транспорт	производња	транспорт	процес постављања	коришћење	одржавање (укљ. транспорт)	поправљање (укљ. транспорт)	замјена (укљ. транспорт)	обнова (укљ. транспорт)	оперативно коришћење енергије	оперативно коришћење воде	рушење/деконструкција	транспорт	поновно коришћење	завршни отпад	поновно коришћење, обновљање, потенцијал рециклаже
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
					B2.A фаза производње, нпр. утицаји условљени опскрбом материјала и енергије за процесе одржавања											
					B2.B фаза коришћења, нпр. утицаји условљени процесом одржавања											
					B2.C фаза завршетка, нпр. надзор над (управљање) употребљеним материјалима који су примјењени за вријеме одржавања											

Слика 79. Фазе животног циклуса производа (материјала) према ISO 14025:2006 су: од A<sub>1</sub> до A<sub>3</sub> – фаза производње, A<sub>4</sub> и A<sub>5</sub> – фаза монтаже (изградње), од B<sub>1</sub> до B<sub>7</sub> – фаза коришћења, од C<sub>1</sub> до C<sub>4</sub> – фаза завршетка и D – добити и носивост материјала изван граница цјелине. (Schmincke, E., Standards of the environmental assessment of products, October 2012., доступно 01.12.2012. на сајту европског комитета за стандардизацију [ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Construction/Events/4\\_Assessment\\_of\\_products.pdf](ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Construction/Events/4_Assessment_of_products.pdf))

Са аспекта LCA истраживање се води еколошким карактеристикама грађевинских материјала који су под одређеним именом везаним за произвођача доступни на подручју Босне и Херцеговине, а који посједују декларацију о утицају на животну средину на основу процјене животног циклуса за производњу у Њемачкој<sup>149</sup>, а које су наведене у стандарду ISO 14025:2006<sup>150</sup>. Иако су у Европи и прије образовања стандарда ISO 14040<sup>151</sup> постојале еколошке шеме за грађевинске производе, њихове информације доводиле су до одређеног степена конфузије и непотребног дуплирања средстава за трговање компанија широм Европе.<sup>152</sup> Усклађивање грађевинских материјала очекује се кроз примјену ISO

<sup>149</sup> Термоизолациони материјали и фасадни системи произвођача STO из Њемачке (Sto Aktiengesellschaft Ehrenbachstraße 1, 79780 Stühlingen), који посједују EPD од фебруара 2012. године, затим материјал произвођача Knauf Insulation GmbH из Њемачке (Heraklithstraße 8, 84359 Simbach am Inn Deutschland), који посједују декларацију од фебруара 2011. године, и материјал произвођача Saint-Gobain ISOVER G+H AG из Њемачке (Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1 D-67059 Ludwigshafen), који посједују декларацију од јануара 2010. године, доступно 01.12.2012. на сајту <http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produkt-deklarationen-EPD.htm>

<sup>150</sup> Environmental product declaration (EPD) – Type III ознака сходно ISO 14025:2006, стандарда чије је дефинисање почело још 1993. године, доступно 12.03.2013. на сајту <http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/epd.pdf>, а све у циљу образовања квантификативних података о утицају на животну средину за производ са претходно постављеним категоријама параметара на основу ISO 14040 серије стандарда, али не искључујући додатне информације о животној средини.

<sup>151</sup> ISO 14040:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework [http://www.pqm-online.com/assets/files/standards/iso\\_14040-2006.pdf](http://www.pqm-online.com/assets/files/standards/iso_14040-2006.pdf)

<sup>152</sup> Очекује се да ће ова декларација ријешити проблеме произвођача код објављивања података о производима који нису били издиференцирани, који су непровјерени, селективни, неупоредљиви,

21930:2007 који пружа оквир и основне услове за правила о категорији производа (PCRs)<sup>153</sup> за декларисање о утицају грађевинских материјала на животну средину.

У Европској унији EPD програми базирани на ISO 14025 су: BRE UK, Catalonia Spain, EAA Europe, EPD Sweden, FDES (CSTB), IBU Germany, MVD Denmark, MPRI Netherlands, EPD Norway, Plastic Europe и RT Finland.

На крају економски аспект, водиће се критеријумом трошкова кроз животни циклус (LCC) мјере, чијом ће се анализом рангирати све мјере појединачно кроз приказ најисплативије мјере, која ће у коначници бити одабране за референтне моделе обнове.

Анализа трошкова животног циклуса је економска метода оцјене пројекта зграде у којој се узимају у обзир сви трошкови који се јављају од фазе настанка/пројектовања, преко изградње, одржавања, употребе, посједовања зграде до њеног уклањања, а које су наведене у стандарду ISO 15686-5:2008<sup>154</sup>.

---

обмањујући и често неразумљиви и који су добијени кроз нестандардизоване методе, доступно 12.03.2013. на сајту <http://www.greenspec.co.uk/epd-type-iii-labels-iso14025.php>

<sup>153</sup> ISO 21930:2007 у којем су дефинисана правила, услови и смјернице за развој декларације о утицају производа на животну средину.

<sup>154</sup> ISO 15686-5:2008 - Buildings and constructed assets -- Service-life planning -- Part 5: Life-cycle costing

---

### 6.1.1 Одабир адекватних материјала за енергетску оптимизацију непровидних елемената омотача

Одабране мјере за енергетску оптимизацију непровидних елемената омотача подразумијевају постављање топлотне изолације на постојећи омотач зграде, те ће се анализирати конвенционални материјали за топлотну изолацију омотача зграде, као и транспарентна топлотна изолација која као соларна структура такође се поставља на непровидни сегмент омотача зграде (парапетни зид).

У овом истраживању у складу са насловом материјали од произвођача у Европској унији (Њемачкој) и Босни и Херцеговини ће бити сагледани кроз декларисане (сертификоване) енергетске карактеристике, односно кроз физичку карактеристику - топлотну проводљивост материјала и декларисане еколошке карактеристике материјала произведених у Европској унији, које се односе на потрошњу примарне необновљиве енергије и потенцијала глобалног загријавања (емисије CO<sub>2</sub> у атмосферу) у производној фази материјала.

Адекватни материјали за топлотну изолацију омотача зграде су материјали ниске топлотне проводљивости, ниске апсорпције воде и влаге, и одговарајуће паропропусности и ватроотпорности<sup>155</sup> (Табела 22.).

Табела 22. Дозвољене класе материјала (са аспекта ватроотпорности) за дијелове вертикалног омотача (фасаде) према German Model Building Code (Hegger, 2008., стр. 150.)

КОМПОНЕНТА ЗГРАДЕ ТИП СПРАТНОСТИ ЗГРАДЕ	ДОЗВОЉЕНА КЛАСА МАТЕРИЈАЛА		
	1-2 ЕТАЖЕ	>2 ЕТАЖЕ max. 22m висине	>22m висине
висећа зид-завјеса	B2	B1	A
носива конструкција	B2	B1	B1
дијелови за причвршћивање	A	A	A
топлотна изолација	B2	B2	B1

<sup>155</sup> EN 13501-1:2007 – Fire classification of construction products and building elements, класе према овом стандарду су: А1-материјали који не подржавају и не утичу на развој ватре, А2- материјали који не подржавају значајно развој ни јачину ватре, В- материјали који нису пламтећи, али утичу на развој ватре, С- материјали који су пламтећи, али тек након више од 10min., D-материјали који су пламтећи, у року од 2min. до 10min., Е- брзогорећи материјали, вјероватно у прве 2min. DIN 4102 Fire Behaviour of Building Materials and Building Components класе према овом стандарду су: А-несагорив (бетон, опека, земља, стакло, цемент, гипс, челик и алуминијум), А1-несагорив без органски сагоривих компоненти (минерална влакна и стаклена вуна), А2-несагорив са органским сагоривим компонентама (гипс-картонске плоче, бетон са полистереном и минерална вуна), В-сагориви, В1-сагориви, али тешко запаљиви (дрвена влакана третирана за одлагање сагоривости и чврсти пјенопласти), В2-нормална сагоривост (материјали од дрвета дебљине >2mm), В3-лако запаљиви (материјали од дрвета <2mm и папир)

Према њемачком стандарду DIN 4108<sup>156</sup>, материјали топлотне проводљивости  $< 0,1\text{W/mK}$  се сматрају изолационим материјалима. У стандардима су наведене карактеристике термоизолационих материјала, односно њихове прорачунске вриједности (Табела 23.), које у пракси треба упоредити са стварним вриједностима материјала од конкретних произвођача.<sup>157</sup>

---

<sup>156</sup> DIN 4108 Thermal protection and energy economy in buildings, важећи стандард закључно до децембра 2012. године. На снази је нови стандард о топлотној заштити и неопходном минимуму топлотне изолације DIN 4108-2:2013-02 Thermal protection and energy economy in buildings - Part 2: Minimum requirements to thermal insulation

<sup>157</sup> Произвођачи топлотне изолације у Њемачкој који посједују декларације о техничким карактеристикама и утицају на животну средину и присутни су на тржишту Босне и Херцеговине. STO Therm (производња у Штуклингену, Њемачка, посједује декларацију EPD из 2012.године представништво Gifiks d.o.o., Томиславград), Knauf (производња у Simbach am Inn, Њемачка, посједује декларацију EPD из 2011.године, TERVOL-производња у Knauf Insulation d.o.o. Нови Мароф, Хрватска, за БиХ Институт GIT-Тузла, представништво Knauf d.o.o., Сарајево, камена вуна производња Knauf Insulation d.o.o. Сурдулица, Србија посједује сертификат Њемачког FIW Munchen, али није на тржишту Босне и Херцеговине), Isover (производња у Лудвигсхафену, Њемачка, посједује декларацију EPD из 2010. и 2011. године, Saint-Gobain Isover Austria AG представништво у Сарајеву), URSA Uralita (производња у Лајпцигу, Њемачка, посједује декларацију EPD из 2012.године, док производња GLASSWOOL у Новом месту, Словенија посједује сертификат о усаглашености Србије – Институт ИМС Београд, ZAG Љубљана, IGH Загреб, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart).

Произвођачи топлотне изолације који посједују декларације о техничким карактеристикама, са производним погоном у Босни и Херцеговини или земљама у окружењу: Austrotherm (производња у Бихаћу, БиХ, посједује сертификате из БиХ-GIT Тузла, Хрватске-IGH Загреб и Аустрије - Magistrat der Stadt Wien), FRAGMAT Izolirka (EPS-производња у Грачаници, БиХ, нема објављен сертификат, док у Хрватској OKIPOR EPS посједује сертификате IGH из Загреба и FIW Munchen, Њемачка, DEMIT фасадни систем, Лашко, Словенија посједује сертификате IGH из Загреба), Masterplast Group International (ISOMASTER- представништво Бањалука, БиХ, производња у Суботици, Србија, посједује сертификат IGH из Загреба), Kumal (SIMAPOR-производња у Брчком, БиХ и производња у Сирачу, Хрватска посједују сертификат о усклађености IGH из Загреба), EPS Laštro (Крешево БиХ, сертификат о усклађености GIT-Институт за грађевинарство, грађевинске материјале и неметале, Тузла), KRIVAЈА-TMK (ХЕРАКЛИТ-производња у Завидовићима, БиХ, сертификат GIT, Тузла, БиХ), IGM Високо (ЕКOPOR-EPS, сертификат GIT, Тузла, БиХ), FIBRAN NORD (FIBRAN XPS-представништво у Високом, БиХ, производња Ново место, Словенија, сертификати о усклађености Словеније-ZAG Љубљана, Њемачке- FIW Munchen и MPA BAU Hannover), HALKO d.o.o. Цазин (сертификат GIT, Тузла, БиХ). У Босни и Херцеговини постоји још мањих произвођача експандираног полиестерена, али који не посједују (нису предочили своје декларације) декларације о техничким карактеристикама материјала који су присутни само на тржишту БиХ (STIROPOR D.O.O. Широки Бријег, , M&M IZOTERM D.O.O. Србац, STIROKART AD Србац).

Табела 23. Технички и физички параметри појединих материјала за топлотну изолацију у Европској унији према Energy Manual: Sustainable Architecture (Hegger, 2008., стр. 151.)

ТЕРМОИЗОЛАЦИОНИ МАТЕРИЈАЛИ	ГУСТИНА	КОЕФИЦИЈЕНТ ТОПЛОТНЕ ПРОВОДЉИВ.	ФАКТОР ОТП. ДИФУЗИЈЕ ВОД. ПАРЕ	КЛАСА МАТЕРИЈАЛА <sup>1</sup>	ФОРМА ПРОИЗВОДА
	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (-)	(-)	
<b>НЕОРГАНСКИ</b>					
калцијум силикат	115-290	0.045-0.070	2/20.	A1-A2/A1	плоча
стаклена вуна/ камена вуна	12-250	0.035-0.050	1/2.	A1-B1/A1	плоча, ролна, кудеља
Ћелијасто стакло (CG)	100-150	0.040-0.060	$\infty$	A1/A1	плоча, испуна
експандирани перлит (EPB)	60-300	0.050-0.065	2/5.	A1-B2/A1	плоча, испуна
експандирана глина	260-500	0.100-0.160	2	A1/A1	испуна
вермикулит	60-180	0.065-0.070	2/3.	A1/A1	испуна
<b>ОРГАНСКИ</b>					
полиестерска влакна експандирани	15-45	0.035-0.045	1	B1-B2/B	ролна
полистирен (EPS) екструдирани	15-30	0.035-0.040	20/100	B1/B	плоча
полистирен (XPS)	25-45	0.030-0.040	80/250	B1/B	плоча
полиуретан (PUR)	$\geq 30$	0.020-0.035	30/100	B1-B2/B	плоча, пјена ролна,
памук	20-60	0.040-0.045	1/2.	B1/B	кудеља, расут
лан	25	0.040-0.045	1/2.	B1/B	ролна, кудеља
коноплља	20-70	0.040-0.045	1/2.	B2/D	плоча
дрвена влакна (WF)	45-450	0.040-0.070	1/5.	B2/D	плоча
дрвена вуна (WW)	360-570	0.065-0.090	2/5.	B1/B	плоча
кокосова влакна	50-140	0.045-0.050	1/2.	B1-B2/B	ролна, кудеља
плуто (ICB)	80-500	0.040-0.055	5/10.	B1-B2/B	плоча, испуна
овчија вуна	20-80	0.035-0.040	1/2.	B1-B2/B	ролна, кудеља
целулозна влакна	30-100	0.035-0.040	1/2.	B1-B2/B	плоча, расут компрес.
<b>"ИНОВАТИВНИ"</b>					
IR апсорбер - модификовани EPS	15-30	0.032	20/100	B1/B	плоча
транспарентна изолација	30-40 <sup>2</sup>	0.02-0.1 <sup>3</sup>	$\infty$	B1-B2/B <sup>2</sup>	панел
вакуум изолације (VIP)	150-300	0.004-0.008	$\infty$	B2	панел

<sup>1</sup> дозвољена класа материјала према DIN 4102

<sup>2</sup> зависи од врсте материјала, ако је од акрилног стакла (plexiglas®) и поликарбоната

<sup>3</sup> вриједност са соларним добицима за подручје Њемачке, зависи од оријентације и климе.

Статична вриједност топлотне проводљивости TTI дебљине 10cm је 0.800-1.100.

Приказ вриједности топлотне проводљивости материјала за топлотну изолацију омотача зграда конкретних произвођача, дат је у ПРИЛОГУ Е – Термоизолациони материјали доступни на тржишту Босне и Херцеговине. Осим вриједности коефицијента топлотне проводљивости, у ПРИЛОГУ Е приказани су називи производа, форма производа, дебљине у којима се производе и подручје примјене наведених производа.

На тржишту Босне и Херцеговине, ако посматрамо топлотно-изолационе материјале који чине елемент омотача зграде и који су најзаступљенији у



изградњи, а према статистичким подацима спољне трговине Федерације Босне и Херцеговине<sup>158</sup> и Републике Српске<sup>159</sup>, као и према подацима добијеним од увозника (заступника) и произвођача, из Европске уније увозе се: неоргански материјали, стаклена и камена вуна у плочама и ролнама и равно стакло (обично, обрађено и/или дорађено), и органски, експандирани и екструдирани полистирен у плочама, и мањим дијелом дрвена влакна, вуна и плуто, те пластични, дрвени и алуминијумски оквири за прозоре.

Према статистичким подацима индустријске производње у Федерацији Босне и Херцеговине за 2011. годину<sup>160</sup> и Републике Српске за 2010. и 2011. годину<sup>161</sup>, као и према подацима добијеним од произвођача у Босни и Херцеговини се производи само „стиропор“ - експандирани полистирен (EPS), док је забиљежена и мања производња „PUR пјене“ полиуретана и „хераклита“ - плоче од дрвених влакана са цементом (WW-C), затим производе се само дрвени оквири, док се увезено стакло на подручју Босне и Херцеговине накнадно дорађује у термоизолационо стакло.

Чињеница је да поједини произвођачи не посједују сертификат о усклађености производа, а да поједини посједују више сертификата, на којима су чак различите вриједности техничких и физичких карактеристика производа/материјала (нпр.  $\lambda$ -кофицијент топлотне проводљивости) најчешће из разлога услова на којима се материјали испитују, зато је неопходно да на сертификату осим вриједности коефицијента топлотне проводљивости материјала буду наведени и услови у којима је испитан материјал. Вриједности коефицијената топлотне проводљивости материјала за топлотну изолацију зграда на вишој температури

---

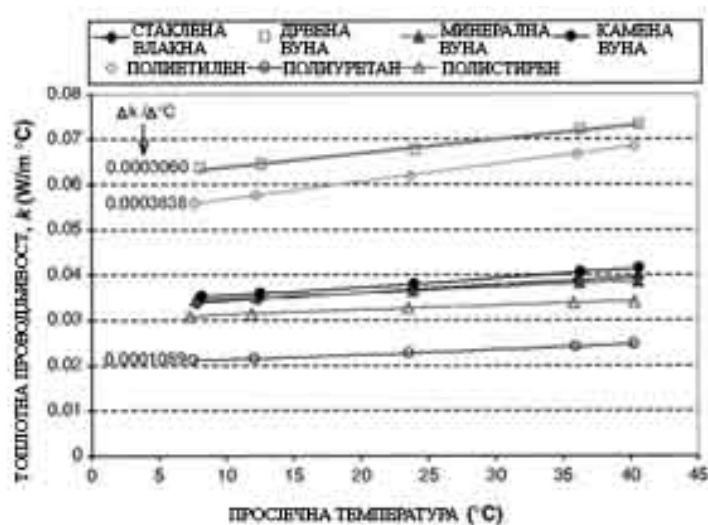
<sup>158</sup> Статистички годишњак Федерације Босне и Херцеговине 2012, Сарајево: Федерални завод за статистику, 2012., стр.250-282., доступно 06.02.2013. на сајту <http://www.fzs.ba/Godisnjak2012.pdf>

<sup>159</sup> Спољна трговина, Статистички билтен бр.6, Бањалука: Републички завод за статистику, 2012., стр. 34-36 [http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/spoljna\\_trgovina/Bilten\\_SpoljneTrgovine\\_br\\_6.pdf](http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/spoljna_trgovina/Bilten_SpoljneTrgovine_br_6.pdf)

<sup>160</sup> Индустријска производња Федерације Босне и Херцеговине 2011., Статистички билтен 176, Сарајево: Федерални завод за статистику, 2012., стр. 28-39., доступно 06.02.2013. на сајту [http://www.fzs.ba/god\\_bilteni/SB\\_176\\_ind.pdf](http://www.fzs.ba/god_bilteni/SB_176_ind.pdf),

<sup>161</sup> Индустријски производи, Статистички билтен 15, Бањалука: Републички завод за статистику, 2012., стр.22-32., доступно 06.02.2013. на сајту [http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/industrija/Bilten\\_Industrija\\_15.pdf](http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/industrija/Bilten_Industrija_15.pdf)

имају вишу вриједност коефицијента топлотне проводљивости,  $\lambda$ -коефицијента у  $W/mK$  или  $k$ -коефицијента у  $W/m^{\circ}C$  (Слика 80.).<sup>162</sup>



Слика 80. Упоредни приказ топлотне проводљивости материјала произведених у Саудијској Арабији (мјесто истраживања) и испитаних на температурама од  $+5^{\circ}C$  до  $+40^{\circ}C$

Од седам материјала на Слици 80., приказани су и најчешће коришћени и присутни материјали на тржишту Босне и Херцеговине, те када упоредимо мјерења из истог временског периода (2005. година) за EPS из Саудијске Арабије и за EPS од произвођача из Европске уније који је присутан на тржишту Босне и Херцеговине (Слика 81.), вриједности коефицијента топлотне проводљивости материјала испитане и сертификоване у Европској унији одговарају температурама мјерења на  $+10^{\circ}C$  ( $0,032 W/mK$ ), до  $+45^{\circ}C$  ( $0,036 W/mK$ ), иако се за прорачун узима не тако ниска вриједност за EPS од  $0,040 W/mK$ <sup>163</sup>.

TDS 0582/INT.EN		Sto EPS Board 040		03/08.2005		4/5	
Thermal conductivity							
measured value at $+10^{\circ}C$		DIN 52 612		0,032 - 0,036		[W/m.K]	
calculation value		DIN 4108		0,040		[W/m.K]	

Слика 81. Приказ измјерене и прорачунске вриједност топлотне проводљивости на техничком листу прозвода (плоче од EPS-a) Sto AG-а за тржиште Велике Британије

<sup>162</sup> Abdou A.A. and Budaiwi I.M., *Comparison of Thermal Conductivity Measurements of Building Insulation Materials under Various Operating Temperatures*, Journal of Building Physics, Vol. 29, No.2-October 2005., pp. 171-184., доступно 08.02.2013. на сајту <http://wevik.hu/fajlok/lambdavaltozas1.pdf>

<sup>163</sup> Технички листови материјала Sto AG-а не садрже податке о условима на којима су мјерене вриједности, само за тржиште Велике Британије услови наведени на техничком листу, доступно 08.02.2013. на сајту <http://lusoterm.com/info>

Плоче од експандираног полистирена намјењене искључиво облагању вертикалног омотача (фасаде), које су атестиране (посједују сертификат о усклађености/сукладности) и присутне на тржишту Босне и Херцеговине, говоре о вриједности топлотне проводљивости од 0,040 W/mK и за модификовани експандирани полистирен (графитни) 0,032 W/mK (Табела 24.).

Табела 24. Сертификоване вриједности коефицијента топлотне проводљивости плоча од EPS-а намјењених за спољашњи вертикални омотач (као контактна фасада - ETICS) на тржишту Босне и Херцеговине

Производња у ЕУ	$\lambda$ (W/mK)	Производња у БиХ	$\lambda$ (W/mK)
Sto-Polystyrol-Hartschaumplatten EPS-P	0,040	AUSTROTHERM EPS AF	0,040
Sto-Dammlatte TOP 32 EPS-F	0,032	AUSTROTHERM EPS AF Plus - grafit	0,032
CAPAROL Capatect EPS (14,5-16,5kg/m <sup>3</sup> )	0,045	FRAGMAT EPS F	0,039
CAPAROL Capatect EPS (16,5-18,5kg/m <sup>3</sup> )	0,040	FRAGMAT DEMIT® EPS GRAFIT	0,032
CAPAROL Capatect Dalmatiner <16,5kg/m <sup>3</sup>	0,035	THERMOMASTER EPS H-80	0,038
CAPAROL Capatect Dalmatiner >16,5kg/m <sup>3</sup>	0,032	ISOMASTER EPS-G	0,034
Baumit EPS-F	0,040	SIMAPOR EPS F	0,038
Baumit EPS-F plus	0,032	SIMAPOR $\lambda$ plus	0,029
Baumit open	0,040	EPS LAŠTRO EPS-F	0,040
Baumit open plus	0,032	EPS LAŠTRO EPS-GF	0,032
Baumit open reflect	0,031	IGM VISOKO EKOPOR F	0,040

Плоче од минералне вуне намјењене искључиво облагању вертикалног омотача (као контактна фасада, невентилисан фасадни систем - ETICS), које су атестиране (посједују сертификат о усклађености/сукладности) и присутне на тржишту Босне и Херцеговине, указују да вриједности топлотне проводљивости зависе од произвођача и да се у зависности од дебљине производа крећу најчешће од 0,036-0,040 W/mK, док су за вентилисане фасадне системе ниже и крећу се око 0,035 W/mK (Табела 25.).

Табела 25. Сертификоване вриједности коефицијента топлотне проводљивости плоча од минералне вуне за спољашњи вертикални омотач (за невентилисане и вентилисане фасадне системе) на тржишту Босне и Херцеговине

невентилисани фасадни системи	$\lambda$ (W/mK)	вентилисани фасадни системи	$\lambda$ (W/mK)
URSA FDP1	0,038	URSA FDP1	0,038
KNAUF FKD-S (PTP 035)	0,036	URSA FDP2/V	0,035
KNAUF KR DP-9 (FKL)	0,041	URSA FDP3/Vf	0,034
Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,040	ISOVER FDP	0,033
Sto- Speedlamelle	0,040	ISOVER FDPL	0,034
Sto-Steinwolleplatte 035Xtra	(0,041-18cm) 0,035	ISOVER FDPL SV	0,034
Sto-Mineralschaumplatte <sup>1</sup>	(0,036-16cm) 0,045	ISOVER PREMIUM	0,032
Sto-Weichfaserplatte M <sup>2</sup>	0,042 (10cm)	KNAUF TP 435 B	0,035
CAPAROL Capatect Mineral	0,040	KNAUF TP 430 KD	0,035
Baumit Putzträgerplatte 040	0,040	KNAUF KR-L (DP 5, FPL 035)	0,035
Baumit Lamellenplatte 040	0,040	KNAUF KR-P (DP 7, FP)	0,035
Baumit FassadenDämmplatte Mineral plus	0,036	KNAUF KR-PVF (DP 10)	0,035
FIBRAN geo BP-021	0,033	Sto-Mineralwolle-Dämmplatte VHF	0,037

НАПОМЕНА: ПЛОЧЕ КОЈЕ НИСУ ОД МИНЕРАЛНЕ ВУНЕ, АЛИ СУ ДЕКЛАРИСАНЕ У ETICS СИСТЕМИМА

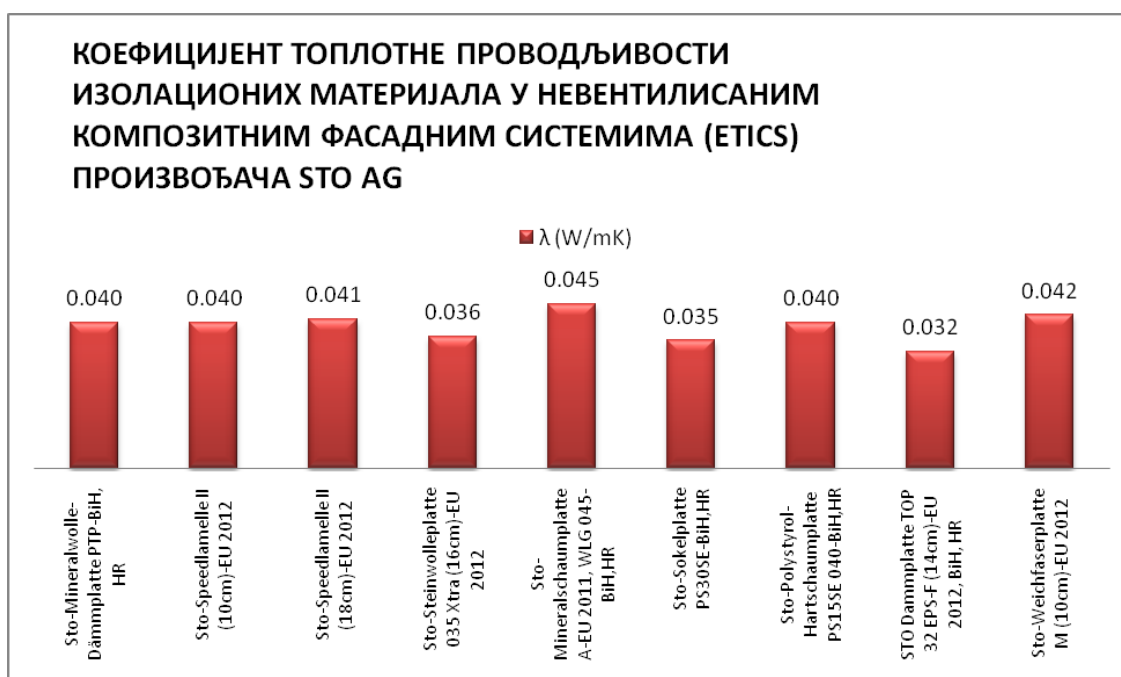
<sup>1</sup>плоча од минералне пјене користи се у фасадном систему Sto Therm Cell

<sup>2</sup>плоча од дрвених влакана користи се у фасадном систему Sto Therm Wood

Ако упоредимо поједине изолационе материјале, преко објављених техничких листова и декларација<sup>164</sup>, који чине дио невентилисаних композитних фасадних система (*ETICS - external thermal insulation composite system*) произвођача StoAG, који је присутан на тржишту Босне и Херцеговине и који посједује од 2012. године за производњу у Њемачкој (ЕУ) декларацију о утицају на животну средину (*EPD - Environmental product declaration*) за своје цјеловите фасадне системе, закључујемо да обични EPS има скоро идентичну вриједност топлотне проводљивости, као и минерална вуна (0,040W/mK) - Графикон 58. Декларације EPD-а из 2012. године, произвођача StoAG указују на присутност материјала и дебљина чија је примјена интезивна или се очекује у Европској унији, те је у фасадним системима са EPS-ом присутан само графитни EPS (дебљине 10cm - 0,032W/mK), док су у фасадним системима са минералном вуном декларисане плоче од минералне вуне са управним влакнима (дебљине 10cm - 0,040W/mK и 18cm - 0,041W/mK) и плоче од минералне вуне групе 035 (дебљине 16cm - 0,036W/mK).

<sup>164</sup> Техничке карактеристике производа StoAG доступне 13.02.2013. на сајту [http://www.sto.at/evo/web/sto/71310\\_DE-Produkte-Produktprogramm\\_2013.htm](http://www.sto.at/evo/web/sto/71310_DE-Produkte-Produktprogramm_2013.htm) и декларације EPD цјеловитих система StoAG доступне 13.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produktdeklarationen-EPD.htm>

Произвођач StoAG на тржишту Босне и Херцеговине, према њиховим ријечима, а што потврђују вриједности коефицијента топлотне проводљивости у својим декларисаним фасадним системима користе изолационе материјале произведене у Босни и Херцеговини (експандирани полистирен EPS Lastro) и Хрватској (камена вуна – Knauf Нови Мароф).



Графикон 58. Вриједности коефицијената топлотне проводљивости појединих изолационих материјала који су декларисани у Европској унији у цјеловитим фасадним системима произвођача StoAG (<http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produktdeklarationen-EPD.htm>)

У прорачуну специфичне потрошње енергије за гријање, након примјењених енергетски ефикасних мјера, у скоро свим пројектима Европске уније прорачунске мјере су одступале, указивале су на нижу потрошњу енергије, него вриједности добијене мониторингом (праћењем) након изведених мјера. Разлози су могли бити баш у сертификованим топлотним карактеристикама примјењених изолационих материјала, које су готово увијек извођене на тек произведеним (новим) узорцима материјала (произвођачи у Босни и Херцеговини) или су у прорачуну навођене топлотне карактеристике материјала испитане на вишим температурама. Ако посматрамо климатске услове предметног простора у гријној сезони, са просјечном температуром од +5,5°C, требали би се водити топлотним карактеристикама материјала испитаним на таквим температурама. Нпр. плоча од

EPS-a једне сертификоване фабрике у Босни и Херцеговини испитана на  $+10^{\circ}\text{C}$  имала је  $\lambda=0,036$ , а на  $+30^{\circ}\text{C}$   $\lambda=0,034$ .<sup>165</sup>

Према америчком стандарду ASTM C578, вриједност топлотне проводљивости материјала испитује се на материјалу старости пет година на средњим температурама  $-3,9^{\circ}\text{C}$  ( $25^{\circ}\text{F}$ ),  $+4,4^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{F}$ ) и  $+23,9^{\circ}\text{C}$  ( $75^{\circ}\text{F}$ ) и за прорачун се препоручује вриједност испитана на  $+23,9^{\circ}\text{C}$  ( $75^{\circ}\text{F}$ ). Наводе се и вриједности испитане на материјалу старости 6 мјесеци на средњој температури  $+23,9^{\circ}\text{C}$  ( $75^{\circ}\text{F}$ ) или старости 3 мјесеца испитана на  $+60^{\circ}\text{C}$  ( $140^{\circ}\text{F}$ ), која се не узима при прорачунима, већ због успоређивања са другим материјалима, као и испитивање новог, из производње узетог материјала који се испитује на температури од  $+4,4^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{F}$ ). Упоређивањем вриједности топлотне проводљивости нпр. плоча од пјене од полистерена, односно плоча од XPS-a (екструдираниог полистирена), америчког произвођача, нов материјал, тек произведен и испитан на  $+4,4^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{F}$ ) имао је скоро дупло нижу вриједност  $0,016 \text{ W/mK}$  ( $0,110 \text{ Btu-in/hr-sq.ft.}^{\circ}\text{F}$ ) од материјала старог 5 година и испитаног на температури од  $+23,9^{\circ}\text{C}$  ( $75^{\circ}\text{F}$ ) који је имао вриједност од  $0,029 \text{ W/mK}$  ( $0,200 \text{ Btu-in/hr-sq.ft.}^{\circ}\text{F}$ ).<sup>166</sup> Према најновијем ASTM C578 - 12b Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation материјала се испитује на температурама од  $-53,9^{\circ}\text{C}$  до  $+73,9^{\circ}\text{C}$  ( $-65^{\circ}\text{F}$  до  $+165^{\circ}\text{F}$ ).

Према извјештају из 2012. године института FIW из Минхена<sup>167</sup>, при одређивању топлотне проводљивост графитног EPS-a<sup>168</sup> фабрике из Италије средња температура у складу са EN 12667<sup>169</sup> била је  $+10^{\circ}\text{C}$  након што је материјал био ускладиштен седам дана на температури  $+60^{\circ}\text{C}$  (Слика 82.).

---

<sup>165</sup> Испитивања истог типа изолације EPS-120 су вршена у Институту GIT Тузла, Босна и Херцеговина, 2011. године и DIOKI d.o.o., Органска петрокемија, Загреб, Хрватска, 2008.год. доступно 08.02.2013. на сајту <http://www.epslastro.com/index.php/hr>

<sup>166</sup> Физичке и техничке карактеристике изолације CertiFoam према ASTM-у доступне 08.02.2013. на сајту <http://www.diversifoam.com/cfproperties.htm>

<sup>167</sup> Институт FIW из Минхена врши мјерења и тестирања топлотне проводљивости топлотних изолација од EN 13162 до EN 13171 према процедурама стандарда EN 12664, EN 12667, EN 12939, ISO 8301, ISO 8302, ASTM C177 и водичу DIBt Berlin на температурама од  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$  и на средњој температури од  $+10^{\circ}\text{C}$ . [http://www.fiw-muenchen.de/en\\_testing\\_insulation\\_building.php](http://www.fiw-muenchen.de/en_testing_insulation_building.php)

<sup>168</sup> Извјештај тестирања Neopor ISOLPIU'Lambda EPS 70 K8 ETICS, доступно 08.02.2013. на сајту [http://www.sivespa.it/pages/img/pdf/NEOPOR\\_70.pdf](http://www.sivespa.it/pages/img/pdf/NEOPOR_70.pdf)

<sup>169</sup> EN 12667:2001 Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance

Test results:

Requirements according to EN 13163		Declared value	Test result
Thickness on average	mm	80	-
Thermal conductivity $\lambda_{10^{\circ}\text{C}}$ at 10°C mean temperature according to EN 12667 after storage at 60°C for one week	W/(m·K)	0,031	<b>0,0304</b> Density: 15,3 kg/m <sup>3</sup>
Compressive stress at 10 % deformation according to EN 826	kPa	70	<b>73</b> Density: 15,4 kg/m <sup>3</sup>

Remarks: The test results comply with the manufacturers declared values.

Gräfelfing, 04 June 2012

Test expert

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Koppold

The written consent of the institute is required for any publication concerning the content of this report and/or its publication or parts of it.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München  
Lochhamer Schlag 4 · D · 82166 Gräfelfing



Editor

Jörn Michael von Hohenthal

phone +49 (0)89 8 58 00 -0 · fax +49 (0)89 8 58 00 - 40  
info@fiw-muenchen.de · www.fiw-muenchen.de

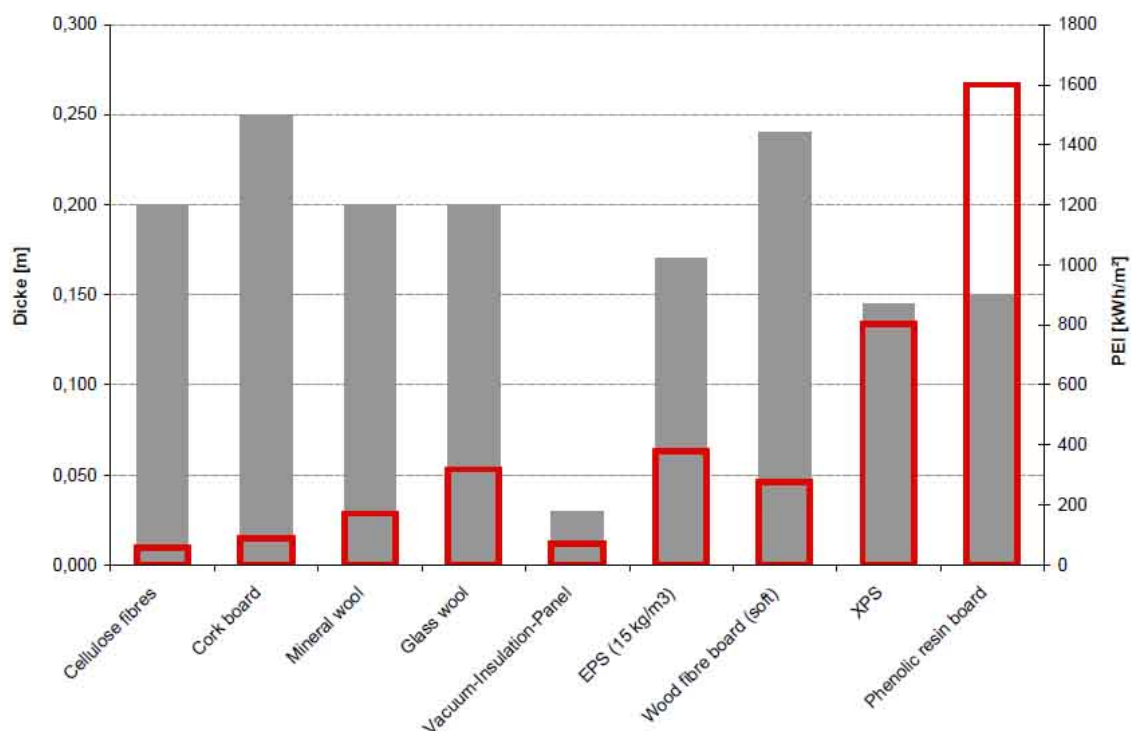
Слика 82. Приказ резултата тестирања материјала EPS-a (стандарда EN 13163) према EN 12667 њемачког института FIW München

У заједничком истраживачком пројекту Финске, Њемачке и Норвешке из 2009. године, под називом *TES Energy Facade*<sup>170</sup> рангирали су материјали за топлотну изолацију према подацима њемачког федералног министарства за конструкције и приказани кроз релације уграђене примарне енергије (необновљиве) и неопходне дебљине топлотне изолације да би се остварио коефицијент пролаза топлоте од 0,20 W/m<sup>2</sup>·K. Графикон говори да минерална вуна (око 0,040 W/mK) има лошији коефицијент топлотне проводљивости од експандираног полистирена (око 0,035 W/mK), те да са еколошког аспекта (утицај на животну средину смањењем емисије CO<sub>2</sub>) при свођењу на исти коефицијент пролаза топлоте при производњи и инсталацији (конструисању) те количине материјала, да је неопходно дупло више примарне енергије експандираном полистирену (Слика 83.).

У том пројекту изведено је рангирање материјала који се на омотач не постављају (не конструишу) на исти начин из разлога што би требало знати који су то конкретно производи (у каквом су облику) и од којег су произвођача, јер осим извора сировине највећи утицај на потрошњу примарне енергије и потенцијал глобалног загријавања има енергент (извор енергије) у производном процесу и у којем конструктивном смислу је производ прилагођен, односно да ли је у питању систем вентилисаног омотача који захтијева елементе потконструкције или систем невентилисаног омотача, који је као композит директно (контактно) причвршћен за зид и у каквом је виду тај материјал за

<sup>170</sup> Timber-based element system for improving the energy efficiency of the building envelope, Woodwisdom Net, доступно 13.02.2013. на сајту [http://www.tesenergyfacade.com/downloads/TES\\_Manual-ebookFINAL.pdf](http://www.tesenergyfacade.com/downloads/TES_Manual-ebookFINAL.pdf)

изолацију, као плоча (*board*) - повезана влакна или испуна - неповезана влакна која се издувавањем уграђују (*caulking/blown material*).



Слика 83. Рангирање изолационих материјала: целулозна влакна, плуто, минерална вуна, стаклена вуна, вакуум-изолациони панел, експандирани полистирен, плоча од дрвених влакана, екструдирани полистирен, плоча од фенолне смоле – пластичне масе (са лијева на десно редом), у складу са LCA према истраживачком пројекту земаља Европске уније TES Energy Facade, извор: [http://www.tesenergyfacade.com/downloads/ TES\\_Manual-ebookFINAL.pdf](http://www.tesenergyfacade.com/downloads/ TES_Manual-ebookFINAL.pdf)

Приказ рангирања материјала, који је у складу са називом истраживања, показује да су целулозна влакна најбољи изолациони материјал са еколошког аспекта, који подразумјева да је са нижом потрошњом енергије мања емисија CO<sub>2</sub>, али у самом истраживању приказана су целулозна влакна као испуна, као материјал који се издувавањем уграђује директно у рамовске системе од дрвета. На овом приказу није јасно, да ли су целулозна влакна у виду плоча, јер остали материјали су у виду плоча. За производњу материјала повезаног у облик плоче је неопходно више енергије при производњи, него када су то неповезана влакна, јер као и минерална вуна која такође може бити у виду плоча, ролни или неповезана вуна која се такође може издувавањем уграђивати.



Према подацима из 2006. године<sup>171</sup>, за производе непознатих произвођача, при рангирању изолација које су у виду плоча по  $m^2$ , које су приказане у дебљинама у односу на коефицијент топлотне проводљивости, да би се могле упоређивати, најмање се утроши примарне необновљиве енергије за производњу плута (са малтером као везивом) 15MJ (1,1kgCO<sub>2</sub>), а највише за производњу ћелијског стакла (спојеног битуменом) 1030MJ (49kgCO<sub>2</sub>), док минерална вуна није ни приказана, а нпр. за производе који су повезани поливинил ацетатом у плоче EPS 511MJ (28kgCO<sub>2</sub>), XPS 405MJ (21kgCO<sub>2</sub>), PUR 349MJ (17kgCO<sub>2</sub>). Целулозна влакана, такође рангирана дебљином и коефицијентом топлотне проводљивости са горе наведеним материјалима, као испуна (пунило) за дрвену рамовску конструкцију има потрошњу од 33MJ/m<sup>2</sup> (1,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), односно иако је у облику испуне (пунила) има већу потрошњу примарне необновљиве енергије него плоча од плута, што указује да је за горе наведено истраживање (*TES Energy Facade*) и рангирање изолационих материјала потребно детаљније образложење.

Према доступним подацима *IBU* института за конструкције и животну средину из Немачке<sup>172</sup> сагледани су конкретни произвођачи топлотне изолације у Немачкој и њихови декларисани производи, да би се са сигурношћу потврдили горе наведени подаци о процјени животног циклуса материјала, али само параметара потрошње примарне енергије - необновљиве (MJ) и потенцијал глобалног загријавања (kgCO<sub>2</sub>eq) у првој - производној фази (од А1-А3) од ископавања сировине до производње материјала, док фаза завршетка материјала - уклањања и поновног кориштења (С) је приказана за оне производе који је посједују у декларацијама (Табела 26.).

---

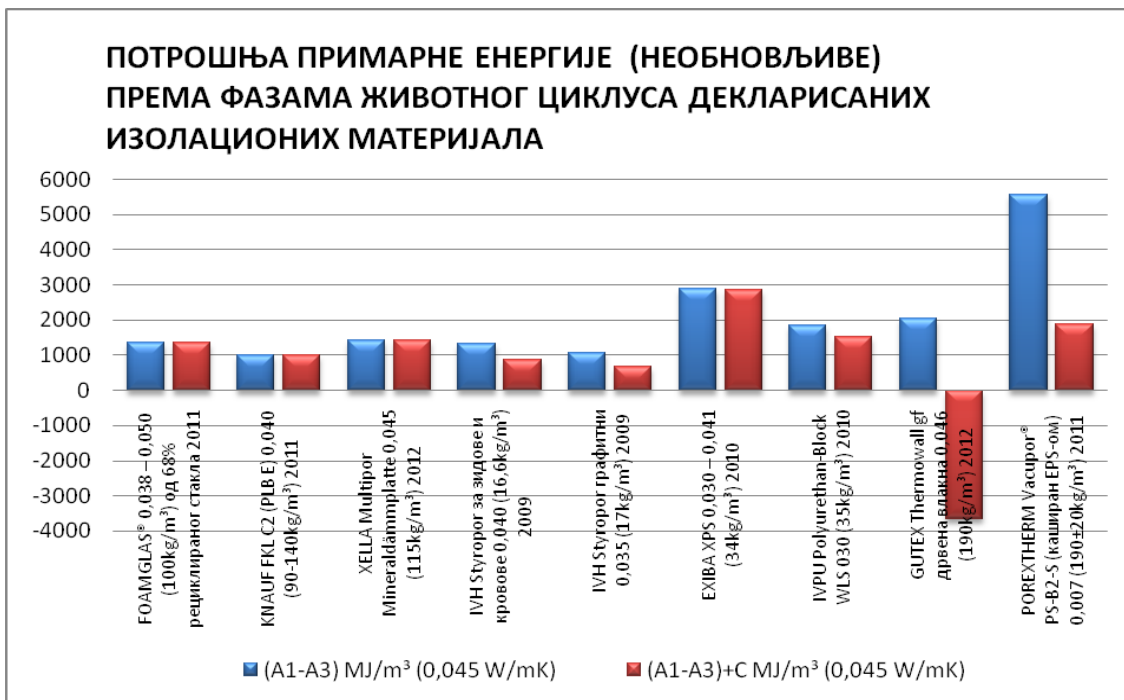
<sup>171</sup> Hegger, M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T., *Construction Materials Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006., стр.141.

<sup>172</sup> Institut Bauen und Umwelt e.V., Königswinter, доступно 15.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/>

Табела 26. Табеларни упоредни приказ еколошких параметара материјала за топлотну изолацију објављеним на сајту Institut Bauen und Umwelt e.V., Konigswinter, доступно 15.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/>

ПРОИЗВОДЊА У ЊЕМАЧКОЈ	фаза производње (А1-А3)		фаза уклањања и поновног кориштења (С)	
	примарна енергија (необновљива) MJ/m <sup>3</sup>	потенцијал глобалног загријавања kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	примарна енергија (необновљива) MJ/m <sup>3</sup>	потенцијал глобалног загријавања kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
МАТЕРИЈАЛИ ЗА ИЗОЛАЦИЈУ				
ЗГРАДА				
FOAMGLAS® 0,038 – 0,050 (100kg/m <sup>3</sup> ) од 68% рециклираног стакла 2011	1525,9	109,23	-	-
KNAUF FKL C2 (PLB E) 0,040 (90-140kg/m <sup>3</sup> ) 2011	1116,12	112,18	21,9	12
XELLA Multipor Mineraldämmplatte 0,045 (115kg/m <sup>3</sup> ) 2012	1416	127,6	-	-
IVH Styropor за зидове и кровове 0,040 (16,6kg/m <sup>3</sup> ) 2009	1493,7	50	-517,4	20
IVH Styropor графитни 0,035 (17kg/m <sup>3</sup> ) 2009	1374,7	48	-501,4	20
EXIBA XPS 0,030 – 0,041 (34kg/m <sup>3</sup> ) 2010	3437,52	154,75	-55,26	2,73
IVPU Polyurethan-Block WLS 030 (35kg/m <sup>3</sup> ) 2010	2768	134,03	-499	57,51
GUTEX Thermowall gf дрвена влакна 0,046 (190kg/m <sup>3</sup> ) 2012	2006,3	-216,2	-5768,2	-33
POREX THERM Vacupor® PS-B2-S (каширан EPS-ом) 0,007 (190±20kg/m <sup>3</sup> ) 2011	35741,84	1769	-23629,88	-982,75

Иако у пракси немогуће, али за теоретско упоређивање, материјали су сведени на коефицијент топлотне проводљивости од 0,045 W/mK, односно стварне вриједности коефицијената топлотне проводљивости материјала су уз помоћ процентуалног односа свођени на исти коефицијент топлотне проводљивости. У зависности од тога за исти проценат је увећана, односно умањена потрошња примарне енергије и потенцијал глобалног загријавања. Разматране су горе наведене фазе материјала кроз параметре потрошње примарне енергије-необновљиве, кроз прву фазу производње и збирно утицај фазе завршетка и фазе производње материјала (Графикон 59.).



Графикон 59. Упоредни приказ еколошких параметара материјала за топлотну изолацију објављених на сајту Institut Bauen und Umwelt e.V., Königswinter, доступно 15.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/> са свођењем материјала на коефицијент топлотне проводљивости од 0,045W/mK

Фаза транспорта до купца (A4-A5) и те могуће рециклаже (D) нису разматране, због не постојања свих података код појединих произвођача и немогућности упоређивања.

При томе треба узети у обзир да је ова производња на територији Њемачке, која у производним процесима користи обновљиве изворе енергије и у разним омјерима рециклиране (кориштене) материјале при производњи нових.<sup>173</sup> Када се посматра само фаза производње и потрошња примарне енергије -необновљиве, нпр. плоче од дрвених влакана, ако не узмемо у обзир да је могућа њена поновна употреба, која јој даје најбоље карактеристике, због саме сировине дрвета који је обновљив извор енергије, потрошња примарне енергије необновљиве у првој производној фази је у рангу производње плоча од полиуретана, а чак виша од експандираног полистирена и минералне вуне, што би се у производњи на територији Босне и Херцеговине могло очекивати при производњи било којег

<sup>173</sup> При производњи изолационог материјала као што је експандирани полистирен, као једине врсте изолационог материјала који се производи у Босни и Херцеговини, на територији Њемачке користи се у производњи графитног EPS-а до 12% рециклата, док при производњи обичног EPS-а користи се и до 19% рециклата. , доступно 15.02.2013. на сајту <http://bau-umwelt.de/>

термоизолационог материјала, јер нема свијести нити законске регулативе која би утицала на то да се користе рециклирани грађевински материјали у поновној производњи истих<sup>174</sup>.

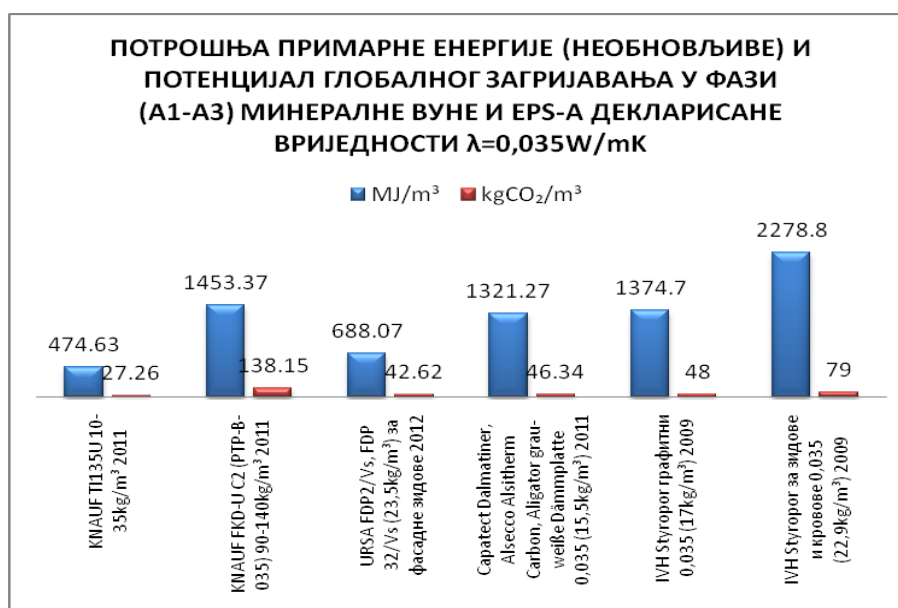
При упоређивању материјала, због утицаја енергента у производном процесу, важно је обратити пажњу на емисију CO<sub>2</sub>, која некад није пропорционална потрошњи примарне необновљиве енергије, што такође указује да није реално упоређивати материјале само на основу параметра примарне необновљиве енергије, који је наведен у истраживачком пројекту TES Energy Facade.

Анализом материјале у облику којем се производе и свођењу на исти коефицијент топлотне проводљивости, те њихову фазу производње према потенцијалу глобалног загријавања најбоље је рангирана плоча од дрвених влакана, затим графитни експандирани полистирен, док ако посматрамо посебно само фазу уклањања и поновног кориштења најбоље је рангиран вакуум-изолациони панел. Збирно ако се посматрају ове обје фазе најбоље је рангирана плоча од дрвених влакана, а затим графитни експандирани полистирен.

При свођењу свих материјала на исти коефицијент топлотне проводљивости могућа је појава грешке и из разлога што се у таквим облицима не производе материјали, јер у зависности од специфичне тежине материјала, облика производа унутар истих материјала и начина производње самог произвођача (врста сировине и енергента) јављају се енормне разлике у потрошњи примарне енергије (необновљиве). При упоређивању производа који су истих декларисаних коефицијената топлотне проводљивости, а који посједују EPD декларацију истог института, видимо да је емисија CO<sub>2</sub> при производњи материјала који се користе у контактним (ETICS) фасадама виша 3 пута код камене вуне него код графитног EPS-а, иако је скоро на истом нивоу потрошња примарне необновљиве енергије (Графикон 60.).

---

<sup>174</sup> Активности, које још нису заживјеле у Федерацији Босне и Херцеговине, у вези су са промовисањем рециклаже и поновне употребе грађевинског отпада, објавило је Федерално министарство просторног уређења, 2009. године, у тексту под називом „Смјернице за збрињавање грађевинског отпада“, доступно 20.02.2013. на сајту <http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/gradjevinski>, док у Републици Српској такође од 2009. године реализован је научно-истраживачки пројекат Института заштите, екологије и информатике суфинансиран од Министарства науке и технологије Републике Српске под називом „Технологије рушења грађевинских објеката и рециклаже отпадног грађевинског материјала“, доступан само назив пројекта, 20.02.2013. на сајту <http://www.institutzei.net/index.php>, без доступног увида



Графикон 60. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи материјала топлотне проводљивости  $0,035\text{W/mK}$  у Њемачкој према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Наведени производи на Графикону 60., могу нам указивати и на то, да се ти материјали за топлотну изолацију зграда још увијек доминантни у градитељству у Европској унији.

За поједине топлотно изолационе материјале, који посједују декларације о утицају на животну средину у Европској унији, у ПРИЛОГУ Ж, биће приказана потрошња примарне енергије и потенцијал глобалног загријавања, при производњи истих.

У непостојању података о утицају материјала, који се производе на тржишту Босне и Херцеговине, на природно окружење – EPD неопходно је приказати из декларација EPD изолационе материјале, односно цјеловите фасадне системе, који би се могли примјенити у предметном истраживању (при обнови фасадног омотача репрезентативних узорка) конкретног произвођача у Европској унији који је присутан на тржишту Босне и Херцеговине, потрошњу примарне енергије-необновљиве (MJ) и потенцијал глобалног загријавања (kgCO<sub>2</sub>eq) у првој - производној фази (од А1-А3), од ископавања сировине до производње конкретног система, из разлога што се остале фазе тичу ставки које за наше тржиште је

немогуће рангирати, јер укључује и параметре транспорта до потрошача (купаца) и фазу уклањања и поновног кориштења, који не би били реални показатељи.

Анализирани произвођач декларисао је између осталог, што је за ово предметно истраживање битно, три врсте цјеловитих невентилисаних фасадних система који у свом склопу садрже изолационе материјале као што је минерална вуна и експандирани полистирен, за чије се дебљине одлучио према истом коефицијенту пролаза топлоте око  $0,20\text{W/m}^2\text{K}$  и дрвена вуна са дебљином која одговара коефицијенту пролаза топлоте око  $0,40\text{W/m}^2\text{K}$  (Табела 27.).

Табела 27. Невентилисани фасадни системи StoAG из Немачке са декларацијом EPD

НАЗИВ ИЗОЛАЦИЈЕ У СИСТЕМУ	$\lambda$ - W/mK (дебљина изолације)	НАЗИВ СИСТЕМА
<b>StoTherm Mineral</b> љепљен Sto- Speedlamelle II 040	0,041(18cm)	<b>StoTherm Mineral L1</b> <b>StoTherm Mineral L3</b> <b>StoTherm Mineral L6</b>
<b>StoTherm Mineral</b> љепљен и причвршћен са 8 термо котви Sto-Steinwolleplatte 035Xtra	0,036 (16cm)	<b>StoTherm Mineral L1</b> <b>StoTherm Mineral L3</b> <b>StoTherm Mineral L6</b>
<b>StoTherm Vario</b> љепљен STO Dammplatte TOP 32 EPS-F	0,032 (14cm)	<b>StoTherm Vario 1</b> <b>StoTherm Vario 4</b>
<b>StoTherm Vario</b> љепљен и причвршћен са 6 термо котви STO Dammplatte TOP 32 EPS-F	0,032 (14cm)	<b>StoTherm Vario 1</b> <b>StoTherm Vario 4</b>
<b>StoTherm Classic</b> љепљен STO Dammplatte TOP 32 EPS-F		<b>StoTherm Classic 2</b> <b>StoTherm Classic 5</b>
<b>StoTherm Classic</b> љепљен и причвршћен са 6 термо котви STO Dammplatte TOP 32 EPS-F		<b>StoTherm Classic 2</b> <b>StoTherm Classic 5</b>
<b>StoTherm Wood</b> љепљен и причвршћен Sto-Weichfaserplatte M	0,042 (10cm)	<b>StoTherm Wood 2 A</b> <b>StoTherm Wood 2 B</b>

Према подацима *IBU* института за конструкције и животну средину из Немачке, који су 2012. године испитали наведене системе, најмање примарне енергије утроши се при производњи система који садржи дрвену вуну Sto Therm Wood и при томе, јер је на бази обновљивог материјала (дрвета) има негативну вриједност потенцијала глобалног загријавања (Графикон 61.).



Графикон 61. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи цјеловитих контактних фасадних система (ETICS) STO AG-а из Њемачке према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

У рангирању два система са материјалима која су постигла исти коефицијент пролаза топлоте, систем са експандираним полистиреном троши мање за 45MJ/m<sup>2</sup> необновљиве енергије и има мањи потенцијал глобалног загријавања за око 14kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> од система са минералном вуном. Овакви резултати који су проистекли 2012. године на подручју Њемачке могу указивати да се еколошки унаприједила производња експандираног полистирена у Њемачкој у односу на податке који су објављени 2009. године у истраживању TES Energy Facade, који су навели да су то подаци њемачког федералног министарства за конструкције, а који су опет преузети из другог истраживачког рада<sup>175</sup> из 2009. године.

Према рангирању фасадних система изузимајући термо котве<sup>176</sup>, StoTherm Vario 1 (259,29 MJ/m<sup>2</sup>(необновљива) примарна енергија, 10,15 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> потенцијал глобалног загријавања) и StoTherm Classic 2 (259,29 MJ/m<sup>2</sup>(необновљива) примарна енергија, 10,15 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> потенцијал глобалног загријавања), система који су и најчешће присутни на тржишту Босне и Херцеговине идентичан је утрошак примарне енергије и потенцијал глобалног загријавања, док цијена указује да је систем StoTherm Classic 2 за 12% скупљи од система StoTherm Vario 1. Ако посматрамо ове системе са термо котвама подаци

<sup>175</sup> Rudolphi A., Lebenszyklusanalyse von Bestandsgebäuden, in Sick, F.(ed.): 3. Internationales Anwenderforum Energetische Sanierung von Gebäuden, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut, Kloster Banz, Bad Staffelstein, Regensburg, 2009.

<sup>176</sup> Према њемачким декларацијама уврштено је 6 котви/m<sup>2</sup>, а према дистрибутерима у Босни и Херцеговини указују да је довољно 4 котве по m<sup>2</sup>

из декларација указују да је утрошак примарне енергије за 1,2% виши код система StoTherm Classic 2, а да би потенцијал глобалног загријавања био мањи при производњи StoTherm Classic 2 за 3,5%. Ова анализа може указивати и на пропусте у декларацијама, јер ова два система иако наизглед иста (иста врста изолационог материјала- Sto-Dämmplatte Top32 и завршног слоја - Stolit K 2) разликују се у слојевима љепака- премаза, што указује и цијена, те ако посматрамо еколошке параметре ових система са истим бројем термо котви требало би да буду такође исте, оне се у овом случају разликују и ако пратимо параметре потенцијала глобалног загријавања боље је рангиран систем StoTherm Classic 2. Према STO AG-у, због противпожарних разлога систем StoTherm Classic требао би се примјењивати код зграда висине до 18m, да би преко 18m требало користити системе StoTherm Vario (премаз који долази на ТИ је минералног састава-Sto Levell Uni) или StoTherm Mineral.

Изолациони материјали и подаци који су наведени у декларацијама EPD-а и објављени на страницама института IBU из Њемачке, говоре о присутности материјала који се најчешће користе у Европској унији у посљедње три године (период од 2009-2012. године) и видни су у ПРИЛОГУ Ж.

Иако се у литератури спомиње транспарентна изолација, у горе наведеном институту није декларисана, те као такву је немогуће рангирати са осталим материјалима са аспекта утрошка примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања (емисије CO<sub>2</sub>) при производњи. На подручју Босне и Херцеговине присутна је преко произвођача STO AG из Аустрије, под називом Sto ThermSolar у облику цјеловитог композитног фасадног контактеног (невентилисаног) система (ETICS), техничког ријешења који се најбоље показао при упоредним анализама резултата експерименталних пројеката енергетске оптимизације омотача зграда у Европској Унији из 2000. године, али који према ријечима произвођача није заживио (незнатна продаја), те из тог разлога не посједује ни EPD декларацију.

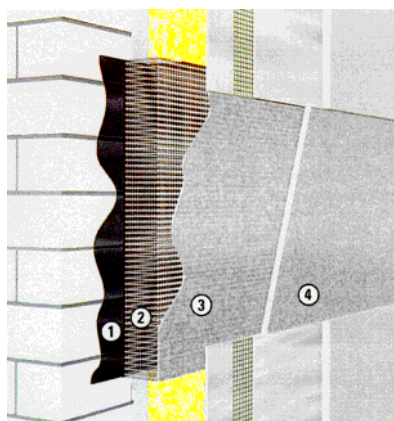
Транспарентна изолација као заштита спољне стране масивног зида, за акумулацију топлоте у масивном зиду постављајући је као конвенционалну термоизолацију (Слика 84.) са слојевима композитног система као контактна фасада постављена на масивни зид (1-апсорбер, 2-транспарентна капиларна плоча, 3-полимерна мрежа, 4- завршни слој малтер као транспарентно сферно



стакло) у сивим зонама фасаде на стамбеној згради у Линцу произвођача Sto AG из Штулингена, Њемачка, под називом Sto Therm Solar, чија дебљина условљава да се U-коэффицијент смањује са већом дебљином, али да је у рангу од 1,21-0,85W/m<sup>2</sup>K (Табела 28.), док је g-коэффицијент 60% за директно, а 40% за дифузно соларно зрачење. Према DIBt-у (њемачком институту за грађевинарство) овај производ је 1999. године добио одобрење за класу B1.<sup>177</sup>

Табела 28. Доступне дебљине транспарентне термоизолације 1999. године према њемачкој асоцијацији за транспарентну термоизолацију

дебљина [mm]	g-коэф. [%] директно	g-коэф. [%] дифузно	U-коэф. [W/m <sup>2</sup> K]
85	60	41	1.21
105	60	41	1.03
125	60	40	0.90
145	59	40	0.85



Слика 84. Приказ слојева композитног система и зграда у Линцу (редукована потрошња енергије за гријање више од 50% према њемачком професионалном удружењу за транспарентну изолацију, доступно 15.03.2013. на сајту [http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_sto.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_sto.html))

На техничком листу из 2012. године истоименог материјала и произвођача<sup>178</sup>, наводи се да материјал припада противпожарној класи B2, да се изводи у панелима одређених модуларних димензија (60 или 120 са 50,100 или 200cm) у дебљинама од 12 и 16cm и да је декларисани коэффицијент топлотне проводљивости 0,09W/mK. Подаци о коэффицијенту пролаза топлоте из табеле из

<sup>177</sup> Доступно 15.03.2013. на сајту [http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp\\_sto.html](http://umwelt-wand.de/twd/produkte/specs/sp_sto.html)

<sup>178</sup> Технички подаци StoSolar Fassadenelement, доступни 24.02.2013. на сајту [http://www.sto.at/webdocs/0000/SDB/T\\_02667-002\\_0101\\_DE\\_01\\_02.PDF](http://www.sto.at/webdocs/0000/SDB/T_02667-002_0101_DE_01_02.PDF)

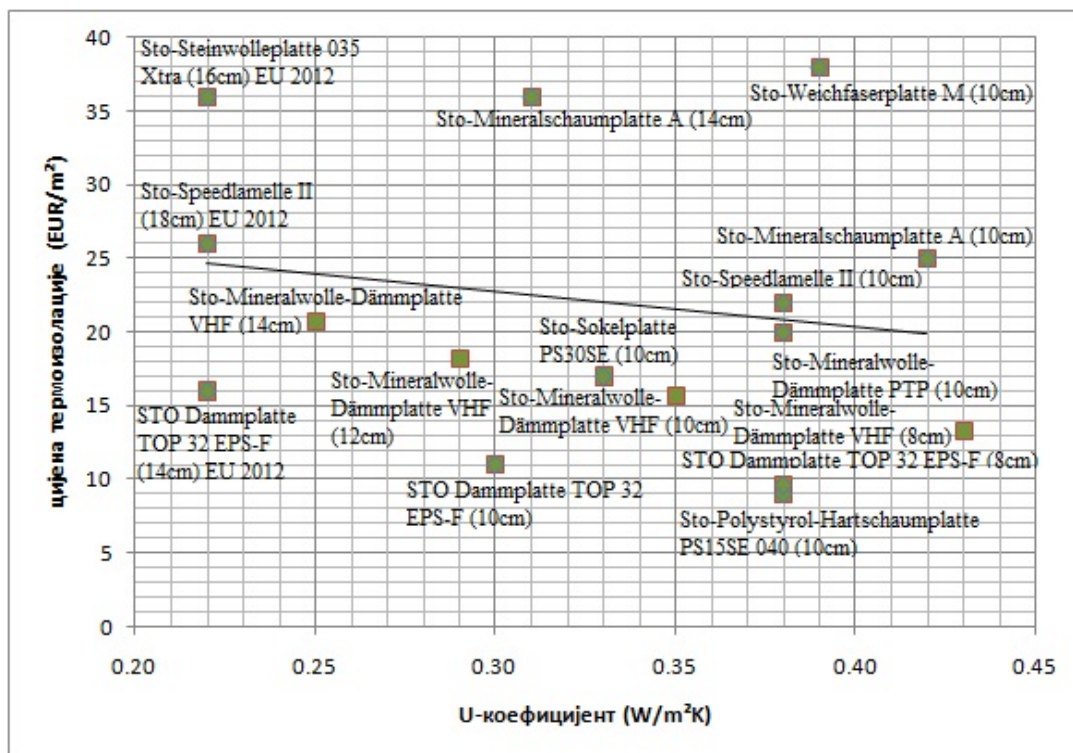
1999. године разликују се од анализираних података разних произвођача, објављених још 1996. године и видних у Табели 29.<sup>179</sup>, односно за дебљину од 10,4cm износио је  $0,8\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , док је 1999. за дебљину од 10,5cm износио  $1,03\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , те према подацима из 2012. године према доступним дебљинама транспарентна термоизолација самостална од 12cm чинила би  $0,67\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . а дебљина 16cm-  $0,52\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . Ако посматрамо репрезентативни узорак 1 на којем би се могла примјенити транспарентна изолација у парапетним зонама дебљина од 12cm чинила би коефицијент од  $0,51\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , а дебљина 16cm  $0,41\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , али при прорачуну специфичне топлоте за гријање, уз помоћ лиценцирног програма ENSI EAB, та зона омотача третира се као транспарентни дио омотача због топлотних добитака.

Табела 29. Производи од транспарентне изолације на тржишту Њемачке 90-тих година ([http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding\\_org/icbest97/paper49.pdf](http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org/icbest97/paper49.pdf))

	thickness [mm]	U-value [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	g <sub>dif</sub> [%]
<b>TI-systems</b>			
Okalux Kapilux H	49	0.8	63
LES honeycombs	26-100	1.9-0.9	no inform.
Schott Helioran	90	1.1	67
Schweizer SolFas	110	0.9	60
Sto ThermSolar	104	0.8	48
Cardboard honeycombs	126	0.8	13

Са економског аспекта тешко је на правилан начин рангирати материјале, због разних рабата који произвођачи нуде у односу на количину. У овом истраживању анализа цијена за материјале који учествују у енергетској оптимизацији нетраспарентних дијелова омотача водиће се цијенама материјала без ПДВ-а произвођача који је декларисао термоизолационе материјале унутар својих фасадних система, да би се материјали рангирани према њиховој економској анализи и прихватљивости на тржишту (због посједовања свих типова термоизолација код STO AG очекивати је да су цијену прилагодили тако да им сваки систем буде једнако заступљен на тржишту, односно да имају исту финансијску корист при продаји свих врста материјала) - Графикон 62.

<sup>179</sup> Platzer, W., Advances in transparent insulation technology, доступно 23.02.2013. на сајту [http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding\\_org/icbest97/paper49.pdf](http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org/icbest97/paper49.pdf)



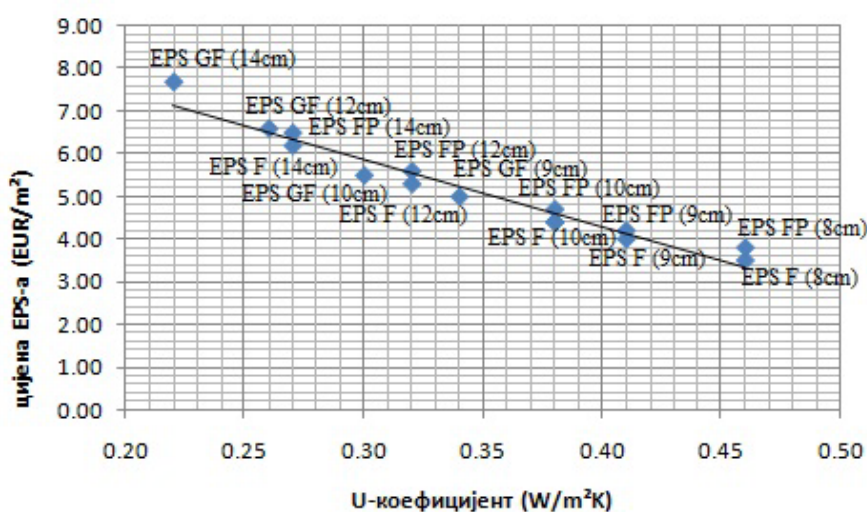
Графикон 62. Однос U-коэффициента и цијене без ПДВ-а материјала код истог произвођача (пролаз топлоте израчунат при примјени материјала као вертикалног дијела омотача)

На примјеру дебљина материјала код овог произвођача, које достижу коефицијент пролаза топлоте од  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  за фасадни зид, над којима су изведене декларације о утицају на животну средину, у Европској унији (Њемачкој), модификовани експандирани полистирен има за 62% нижу цијену од камене вуне са управним влакнима. Ако посматрамо дебљине и врсте материјала које ова фирма најчешће нуди на тржишту Босне и Херцеговине, при достизању коефицијента пролаза топлоте од  $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$  за фасадни зид видимо да је у овом односу најбоље рангиран експандирани полистирен, затим каширана минерална вуна за вентилисане фасаде (скупља за 62% од EPS-а), па минерална вуна са паралелним влакнима за контактне фасаде (за 122%), минерална вуна са управним влакнима за контактне фасаде (за 145%), па плоче од минералне пјене (око 220%), док су најскупље плоче од дрвених влакана (око 330%).

Ако посматрамо само материјале за контактне фасаде који учествују у тим фасадним системима и који се производе ван Европске уније, а под именом су овог произвођача, неопходно је сагледати цијене без ПДВ-а директно из производње да би се утицај маржи (разни попусти, рабати) смањило на најмању

могућу мјеру, односно експандирани полистирен који се производи у Босни и Херцеговини и камена вуна од произвођача из Хрватске.

Рангирање је вршено према односу цијена производа по  $m^2$  и његове дебљине и коефицијента топлотне проводљивости, односно достигања U-коефицијента за вертикални нетранспарентни дио омотача (фасадни зид само од термоизолације). Према произвођачу експандираног полистирена најбоље су ранжирани производи испод просјечне линије, која говори да са остваривањем нижег коефицијента пролаза топлоте цијена производа је виша (Графикон 63.).

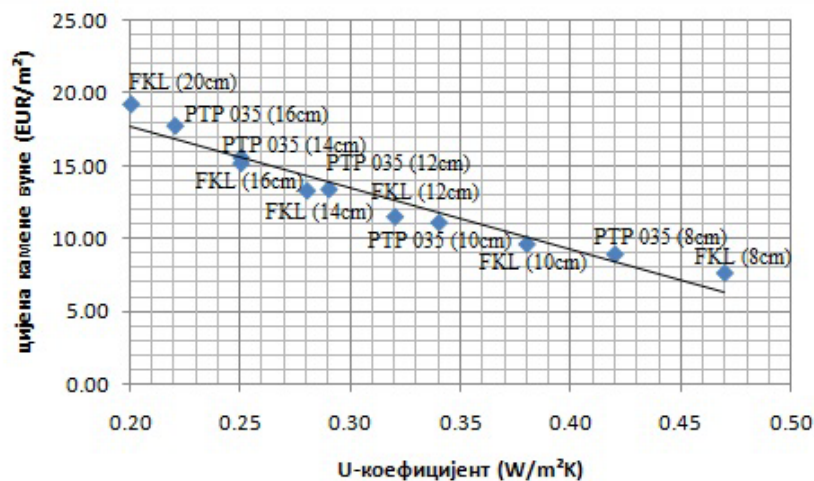


Графикон 63. Однос U-коефицијента и цијене без ПДВ-а експандираног полистирена (EPS F-експандирани полистирен за фасаду –  $\lambda=0,040$  W/mK, EPS FP-експандирани полистирен са преклопом за фасаду -  $\lambda=0,040$  W/mK, EPS GF – графитни експандирани полистирен за фасаду -  $\lambda=0,032$  W/mK) код истог произвођача (пролаз топлоте израчунат при примјени материјала на вертикалном дијелу омотача)

Само у једном случају при достигању U-коефицијента од  $0,38W/m^2K$  када експандирани полистирен има дебљину од 10cm, подудар се са цијеном графитног експандираног полистирена од 8cm.

Анализа цијена експандираног полистирена код истог произвођача пратећи линију тренда указује да са смањењем коефицијента пролаза топлоте са  $0,46W/m^2K$  на  $0,22$  W/m<sup>2</sup>K (пораст од 110%) цијена порасте за 120%.

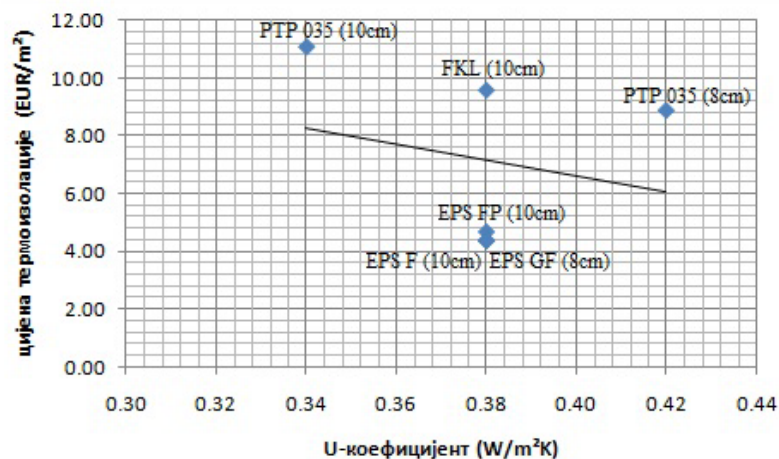
Ако анализирамо произвођача камене вуне која је у облику плоча са управним влакнима (FKL) најбоље је ранжиран у дебљини од 10, 12 и 14cm, јер је испод просјечне линије тренда, као и РТР(035) такође у истим дебљинама (Графикон 64.).



Графикон 64. Однос U-коэффициента и цијене без ПДВ-а камене вуне у плочама (FKL-плоча од камене вуне са управним влакнима за контактну фасаду –  $\lambda=0,040$  W/mK, PTP 035- плоче од камене вуне за контактну фасаду и као додатна изолација код постојећих зграда –  $\lambda=0,036$  W/mK) код истог произвођача (пролаз топлоте израчунат при примјени материјала на вертикалном дијелу омотача)

Линија тренда указује да смањењем коэффициента пролаза топлоте са  $0,47\text{W/m}^2\text{K}$  на  $0,20$  W/m<sup>2</sup>K (порад од 130%) цијена порасте за 155%.

Ако посматрамо фабричке цијене производа без ПДВ-а, а који се на исти конструктивни начин постављају на постојећи фасадни зид, као контактна фасада, видимо да је експандирани полистирен за око 118% јефтинији од камене вуне, што одговара анализи производа код STO AG (Графикон 65.).



Графикон 65. Упоредни приказ материјала који примјењени у омотачу (фасадном зиду) достижу исти коэффициент пролаза топлоте (цијена без ПДВ-а)

Економска анализа цјеловитих фасадних система, као што је контактна фасада (тип фасаде примјенљив на оба узорка), указује да STO AG има за 60% скупљи фасадни систем од просјечног фасадног система истог типа који се нуди преко извођачких фирми (нпр. Грађевинско предузеће „Крајина“ Бањалука), односно ако изузмемо термоизолацију из система, остали слојеви фасаде, (слојеви и типлови за причвршћивање и завршни слој фасаде – водонепропустљив, а паропропустљив) су за 60% скупљи. Цијена исте врсте термоизолације код STO AG је за 63% виша од цијене која се нуди преко дистрибутера (обје цијене са ПДВ-ом), да би за 100% била виша од цијене која се нуди директно из производње (цијена без ПДВ-а). Адекватна процјена цијене материјала који учествују у фасадном контактном систему без уградње (уградња 6,00 EUR/m<sup>2</sup>) у односу на квалитет фасадних система преко посједовања декларација и сертификата, којом ће се уједно и водити истраживање је да се цијена цјеловитог фасадног система типа контактне фасаде води просјечном цијеном најјефтинијег вида сертификоване термоизолације која је на тржишту преко дистрибутера истих (експандирани полистирен) и цијеном свих осталих слојева фасаде STO AG (StoTherm Vario), јер на тај начин добија се уједно и средња цијена ових врста фасадних система са сертификованим експандираним полистиреном од око 21,50 EUR/m<sup>2</sup> (за 10cm EPS-a) (15,50 EUR/m<sup>2</sup> (10 cm EPS Lastro са слојевима Röfix-a) – 24,70 EUR/m<sup>2</sup> (StoTherm Vario 1) и 27,70 EUR/m<sup>2</sup> (StoTherm Classic 2)), односно 0,55 EUR-а за 1cm EPS-a/m<sup>2</sup> и 16,00 EUR/m<sup>2</sup> за остале слојеве контактног фасадног система.

Цијена транспарентне термоизолације није рангирана на графиконима због физичких карактеристика које јој омогућавају да осим спречавања топлотних губитака обезбиједи згради топлотне добитке. Ако би посматрали на графичком приказу (Графикон 62., стр. 260.) пратећи линију тренда код нетранспарентних изолација, када би она са доступном дебљином од 16 cm самостално чинила коефицијент пролаза топлоте од 0,52 W/m<sup>2</sup>K њена цијена од 575 EUR за плочу од 100x120cm (1,20 m<sup>2</sup>) око 26 пута је скупља од просјечне цијене нетранспарентне термоизолације (1m<sup>2</sup> код U=0,52 W/m<sup>2</sup>K је на линији тренда 18,00 EUR, за 1,20 m<sup>2</sup> је око 22,00 EUR). Упоређивање транспарентне изолације кроз енергетске и

економске параметре, биће приказано у сљедећем поглављу кроз анализу транспарентних елемената омотача.

Анализом цијена материјала који су најадекватнији за мјере при обнови крова, код Узорка 1 (старост зграде око 50 година) указују да је при истим енергетским карактеристикама камена вуна типа DP3 (Knauf) која се полаже на плочу непроходног тавана или поставља између рогова, јефтинија од експандираног полистирена исте намјене (EPS 50). Карактеристике Узорка 1, који има покривач од азбест-цемента, указује да је неопходно уклонити (2,55 EUR/m<sup>2</sup>) и поставити нови покривач (најјефтинији трапезасти лим са летвама и постављањем 12,80 EUR/m<sup>2</sup>), затим ако се не планира надоградња зграде и кориштење таванског простора, при достизању истих енергетских карактеристика ( $U=0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) анализа цијена указује да је постављање слојева директно на међуспратну конструкцију испод негријаног простора за око 30% јефтинија варијанта од постављања термоизолације у кровну конструкцију. Анализа је вршена да су слојеви на међуспратној таваници парна брана, затим 12cm камене вуне (2 наизмјенична слоја од 6cm), PVC фолија и цементни естрих 6cm укључујући и замјену постојећег покривача новим (30,30 EUR/m<sup>2</sup>), да би код варијанте постављања термоизолације у коси кров, постојећи покривач са летвама био уклоњен, затим у постојеће рогове постављена камена вуна од 10cm са одоздо постављеном парном браном, летвама као потконструкцијом за гипс-картон, затим постављање дашчаног опшава на рогове за водонепропусни, а паропропусни кровни филц, те летве и трапезасти лим (40,00 EUR/m<sup>2</sup>). Код узорка 2 (старост зграде око 40 година), гдје је проходан раван кров, примјена, цијеном и техничким карактеристикама, најадекватнијих материјала за достизање енергетске карактеристике од  $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ , је да се подигну слојеви (4,00 EUR/m<sup>2</sup>) крова до постојеће хидроизолације (пијесак и бетонске плоче), али да се сачувају, јер ће се поново враћати као завршни слојеви равног крова, затим да се постави поново хидроизолација (15,30 EUR/m<sup>2</sup>) због могућности да се оштетила при подизању слојева, а и трајности хидроизолација које се процјењују на 30 година, затим 12cm XPS-а са постављањем (14,00 EUR/m<sup>2</sup>), те постављање PVC фолије (0,50 EUR/m<sup>2</sup>), те враћање пијеска и бетонских плоча.

Оба карактеристична узорка постојећих стамбених зграда имају под ријешен као међуспратна конструкција изнад негријаног подрумског простора, те најадекватније рјешење да би се достигла енергетска карактеристика од  $U=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  је да се експандирани полистирен дебљине 4 cm директно на плафон подрума причврсти љепљењем без завршног слоја (6,40 EUR/m<sup>2</sup>).

Код Узорка 2, због препуста, када је неопходно достићи енергетску карактеристику од  $U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  неопходно је са доње стране међуспратне конструкције извршити додавање 10 cm EPS-а са завршним слојем (21,50 EUR/m<sup>2</sup>).

#### 6.1.2 Одабир адекватних материјала за енергетску оптимизацију транспарентних елемената омотача

За енергетску оптимизацију омотача зграде важна је и топлотна изолација од транспарентних компоненти, као што је застакљење прозора. Прозори (отвори) су елементи који пропорционално, обично у зависности од димензија оквира, броја крила и подјеле унутар крила, садрже максимално 66% стакла<sup>180</sup> (прозори на репрезентативним узорцима садрже око 65% стакла), што говори о важности коефицијента пролаза топлоте саме јединице термоизолационог стакла који се најчешће уграђује у прозоре. У Босни и Херцеговини се не производи равно стакло, већ се увози (највише присутно стакло произвођача ACG Чешка и Guardian Мађарска) и у односу на задане конфигураторе произвођача накнадно се дорађује у термоизолационо стакло<sup>181</sup>.

---

<sup>180</sup> Однос застакљења у укупној површини отвора, Krippner R., Musso, F., Basic Facade Apertures, Birkhauser: Basel, Boston, Berlin, 2008., стр. 19.

<sup>181</sup> Произвођачи термоизолационог стакла у Босни и Херцеговини су: RAMA-GLAS d.o.o. Сарајево (посједује сертификате о усклађености производа од Њемачког IFT Rosenhaim-а из 2002. године доступно 25.02.2013. на сајту <http://www.rama-glas.com/bos/prerada.htm> и према њиховим ријечима од 2007. године су реорганизовали производњу према ZAG Љубљана и оспособљени су за издавање сертификата о усклађености, CE ознака), KRISTAL Витез (према њиховим ријечима посједују сертификате о усклађеност Њемачког IFT Rosenhaim, али нису их дали на увид, и кажу да од 2012. године издају CE ознаке), Širbegović група, Грачаница и DAS-PROM d.o.o. Бањалука (не указују на сертификате за термоизолационо стакло само доказе о поријеклу равног стакла, али сви извозе стакло термоизолационо стакло у Европску унију, јер поједини купци у ЕУ, према ријечима произвођача, сами тестирају њихове производе контактним мјерним уређајима пролаза топлоте)



При одабиру најадекватнијег термоизолационог стакла, као јединицу застакљења прозора и/или балконских врата у сврху енергетске оптимизације омотача, треба сагледати у каквом се облику производе, односно нуде на тржишту Босне и Херцеговине, Европе, па чак и Америке из разлога, што су то под истим називом произвођачи, а разликују им се производи називом и структуром, па је можда могуће унаприједити постојећу понуду термоизолационог стакла са енергетског и економског аспекта.

Ако узмемо у обзир произвођача *Guardian*, који на подручју Америке производи и пласира најефикасније врсте термоизолационог стакла у зависности од климатских зона, па нпр. за подручје сјеверног дијела Америке, гдје спада и Чикаго (око 42°СГШ), дијела којем би спадала и Бањалука према сјеверној географској ширини, термоизолационо стакло за стамбене зграде има најчешћу структуру 3+12,7+3mm, од којих је међупростор испуњен 100% ваздухом или 90% аргоном и 10% ваздухом и то унутрашње (друго) стакло је обично са превлаком ниске емисије (*low E*) на унутрашњој страни према међупростору (позиција 3. код произвођача, а у литератури<sup>182</sup> позиција 2б. види ПРИЛОГ А Слика А7.) - производ под називом *ClimaGuard 80/70* или то унутрашње стакло посједује превлаке и са унутрашње и са вањске стране (позиција 3. и 4. код произвођача, у литератури 2б. и 1. унутрашња страна) - производ под називом *ClimaGuard HiLightR802*.<sup>183</sup> На Графикону 66. и Графикону 67. дат је упоредни приказ наведеног производа произвођача *Guardian* за тржиште Америке и најприближније структуре истог произвођача за тржиште Европе.

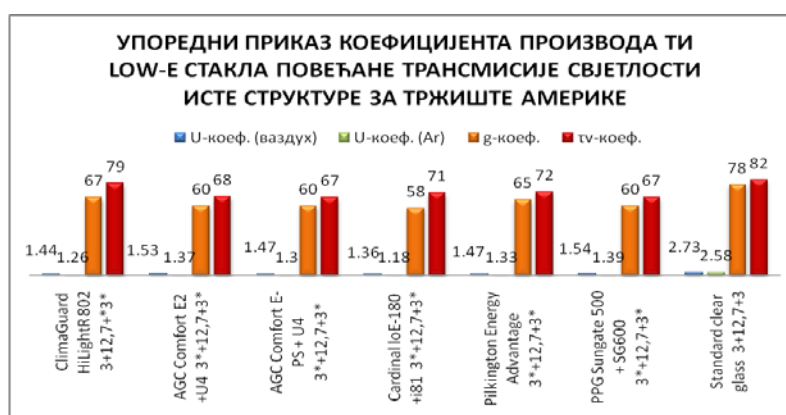
---

<sup>182</sup> Шематски приказ пролаза сунчевог зрачења кроз композитно застакљење – двоструко (Hegger M., Auch-Schweik V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 154

<sup>183</sup> Guardian, доступно 25.02.2013. на сајту <http://www.guardian.com/guardianglass/glassproducts/ClimaGuardResidentialGlass/ClimaGuardLow-E/index.htm>



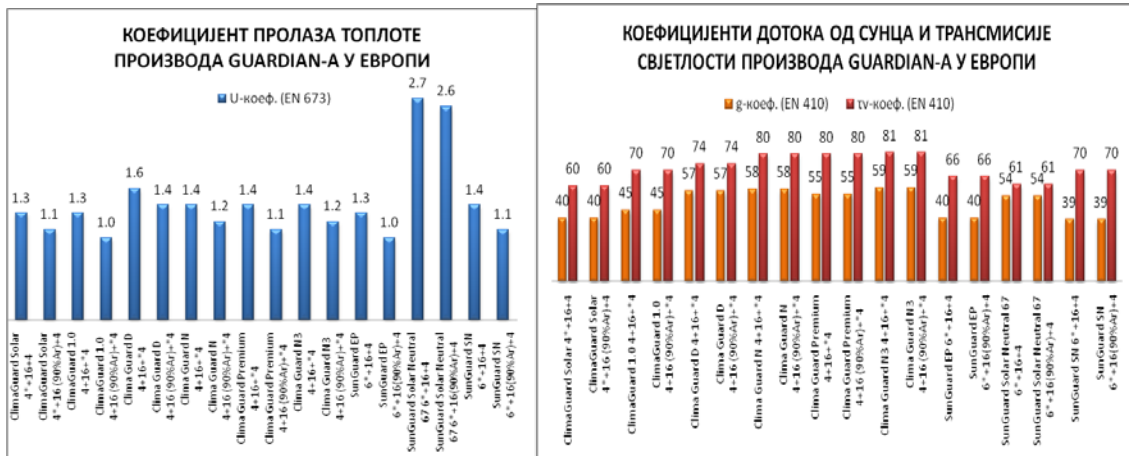
Графикон 66. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла исте структуре произвођача на подручју Америке



Графикон 67. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла повећане трансмисије свјетлости произвођача на подручју Америке

Ако погледамо производњу истог произвођача *Guardian* на тржишту Европе<sup>184</sup> и производе под називом *ClimaGuard* најзаступљенији су у структури 4+16+4mm, од којих је међупростор такође испуњен 100% ваздухом или 90% аргоном и 10% ваздухом и то унутрашње (друго) стакло је обично са превлаком ниске емисије (*low E*) на унутрашњој страни према међупростору (позиција 3. код произвођача, а у литератури 26.). Графикон 68. даје упоредни приказ физичких карактеристика производа *Guardian* који су присутни на тржишту Европе.

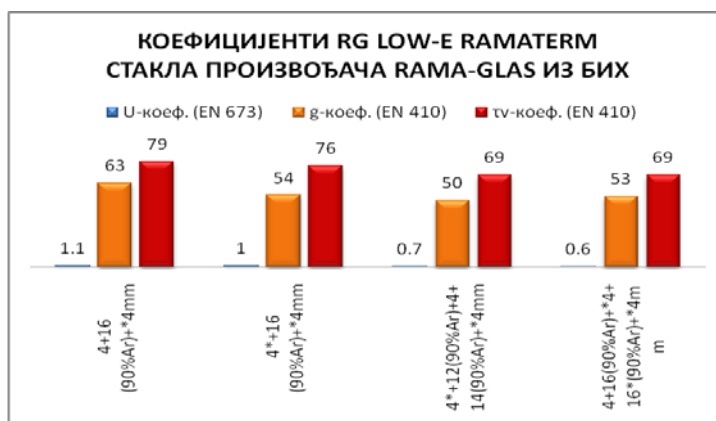
<sup>184</sup> Guardian, доступно 25.02.2013. на сајту <http://www.eu.en.sunguardglass.com/SunguardProducts/PerformanceComparisonTool/index.htm#results>



Графикон 68. Упоредни прикази коефицијента пролаза топлоте (лијево) и дотока од сунца, и трансмисије свјетлости (десно) производа Guardian-а на подручју Европе

Интересантно је да упоређењем двије структуре производа, које се разликују дебљином стакла и размаком међупростора, производ у Америци под називом ClimaGuard HiLightR802 (3+12,7+\*3\*mm) и производ у Европи Clima Guard N (4+16+\*4mm), указују на исте коефицијенте пролаза топлоте (1,4W/m<sup>2</sup>K) и исти коефицијент трансмисије свјетлости око 80%, док производ у Америци има за 12% већи коефицијент пролаза сунчеве енергије (фактор дотока од сунца).

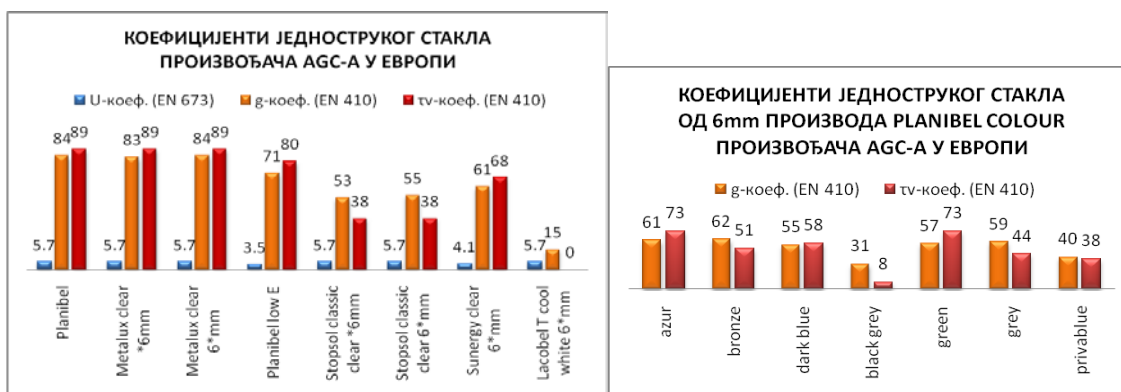
Ако анализирамо произвођача<sup>185</sup> на тржишту Босне и Херцеговине који такође у својој производњи користи дијелом стакла *Guardian*-а и *AGC*-а из Чешке, који је своје производе сертификовао под називом *RAMATERM*, производ под називом *RG Low-E RAMATERM* посједује исту структуру и коефицијенте конфигуратора *Guardian*-а који је на тржишту Босне и Херцеговине (Графикон 69.).



Графикон 69. Термоизолационо нискоемисионо стакло (двослојно и трослојно) у понуди сертификованог произвођача из Босне и Херцеговине

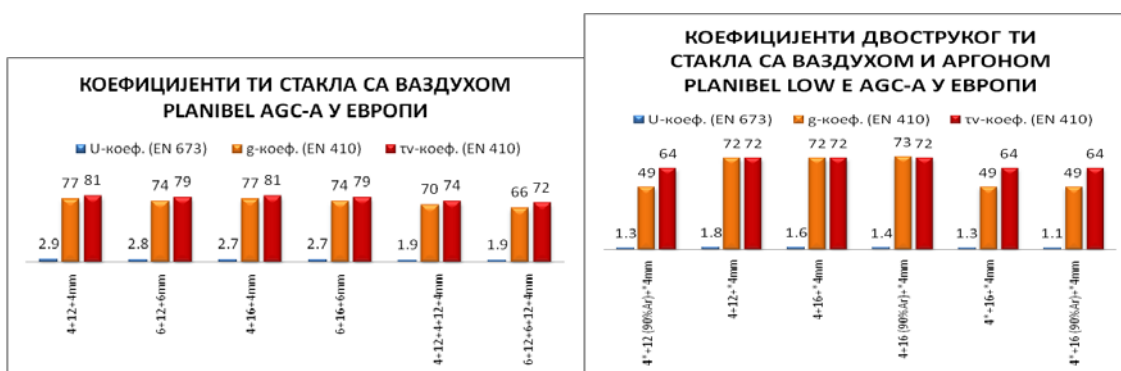
<sup>185</sup> RAMA-GLAS d.o.o. Сарајево, доступно 25.02.2013. на сајту <http://www.ramaglas.com/bos/program.htm>

Као што је наведено, код више произвођача термоизолационог стакла присутно је и стакло AGC-а из Чешке, чијим се конфигураторима такође воде произвођачи<sup>186</sup> из Босне и Херцеговине. AGC из Чешке је више присутно на тржишту Босне и Херцеговине, јер је стакло у бојама економски исплативије од Guardian-a (Графикон 70.).



Графикон 70. Коефицијенти пролаза топлоте, дотока од сунца и трансмисије свјетлости свих производа једноструког стакла произвођача AGC за подручје Европске уније

Као што је горе наведено, економски разлози су ти због којих можемо очекивати и да су присутнији производи овог произвођача, на тржишту Босне и Херцеговине, не само у разноврсности понуде, него и у доступности конфигуратора термоизолационог стакла у којима нуде своје производе, па тако можемо упоредити разне структуре и врсте стакала у јединицама термоизолационог стакла (Графикон 71.).



Графикон 71. Упоредни приказ обичног термоизолационог стакла различитих структура са ваздухом (лијево) и термоизолационог нискоемисионог стакла различитих структура са ваздухом и аргоном (десно) произвођача AGC за подручје Европске уније

<sup>186</sup> KRISTAL Витез, након више упита указао у фебруару 2013. године да се при производњи води конфигураторима AGC-а, доступно 25.02.2013. године на сајту <http://www.yourglass.com/configurator/gb/en/toolbox/configurator/main.html>

При упоређивању, од истог произвођача AGC-а, различитих структура обичног термоизолационог стакла са ваздухом (100%), можемо закључити да ће размак са 12 mm (4+12+4) на 16mm (4+16+4) између стакала истих дебљина побољшати коефицијент пролаза топлоте за 7%, док ће коефицијенти дотока од сунца и трансмисије свјетлости остати на истом нивоу. Исти размак између стакала нпр. дебљина 4mm (4+12+4) и 6mm (6+12+6), побољшаће коефицијент пролаза топлоте за 3,5%, док ће коефицијенти дотока од сунца са већом дебљином стакла бити смањен за око 4%, а трансмисија свјетлости бити мања за 2,5%. Код упоређивања исте структуре обичног термоизолационог стакла са ваздухом (4+16+4 - 2,7W/m<sup>2</sup>K) са нискоемисионим другим стаклом (4+16+\*4 - 1,7 W/m<sup>2</sup>K), код нискоемисионог побољшаће се коефицијент пролаза топлоте за 37%, док ће нижи бити коефицијенти дотока од сунца (за око 5%) и трансмисије свјетлости (за 7,4%). Интересантно је да упоређивањем исте структуре обичног термоизолационог стакла (4+16+4 - 2,7 W/m<sup>2</sup>K) са ваздухом (100%) и са аргоном (90%аргон +10% ваздух), код јединице са аргоном (2,6 W/m<sup>2</sup>K) побољшан је коефицијент за 3,7%, док су остали коефицијенти исти, да би упоређивањем (ваздуха и аргона) исте структуре 4+16+\*4 са нискоемисионим другим стаклом структура са аргоном имала побољшан коефицијент пролаза топлоте (1,5 W/m<sup>2</sup>K) за 11,8% у односу на ваздух (1,7 W/m<sup>2</sup>K), да би остали коефицијенти такође остали на истом нивоу.

Произвођач *Guardian*, што је видно на Графикону 68., посједује различите врсте нискоемисионих превлака, што је и називима производа истакао, па тако структура 4+16+\*4 са ваздухом у зависности од превлаке има коефицијенте пролаза топлоте 1,3 W/m<sup>2</sup>K, 1,4 W/m<sup>2</sup>K и 1,6 W/m<sup>2</sup>K, те да производи са нижим коефицијентом пролаза топлоте имају и ниже коефицијенте дотока од сунца и трансмисије свјетлости.

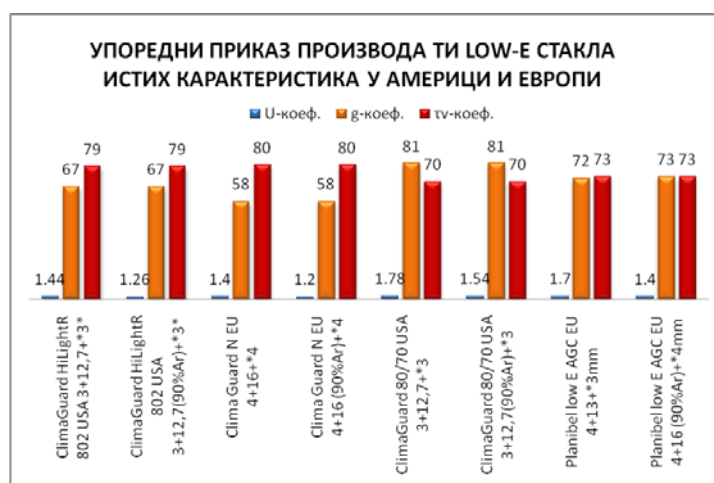
Ако упоредимо наизглед производе исте структуре (4+16(90%Ar)+\*4mm) произвођача *Guardian*-а и AGC-а из Европске уније, коефицијент пролаза топлоте је нижи код *Guardian*-а за око 14%, нижи је и фактор дотока од сунца за око 25%, а има вишу трансмисију свјетлости за 10% (Графикон 72.).



Графикон 72. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла истих структурних карактеристика произвођача доступних на тржишту Босне и Херцеговине

Интересантно је и да на подручју Босне и Херцеговине постоје конфигуратори *Guardian*-а<sup>187</sup>, који указују на другачије параметре коефицијента трансмисије свјетлости (производ под називом *Clima Guard Premium*) и то нижи је  $T_v$ -коефицијент за око 13% код производа у Европској унији.

При анализи структура термоизолационог стакла, конфигуратори произвођача у Европској унији, нпр. *Guardian* уопште не нуди опцију дебљине стакла од 3mm, док *AGC* нуди дебљину од 3mm, само ако је то стакло унутрашње, друго, стакло са нискоемисионом превлаком, док је у производњи термоизолационог стакла за стамбене зграде у Америци такво стакло присутно у свим структурама и врстама. Графикон 73.



Графикон 73. Упоредни приказ термоизолационог нискоемисионог стакла истих физичких карактеристика, али различитих врста и структура на подручју Америке и Европске уније

<sup>187</sup> Конфигуратор *Guardiana* из 2011. године добијен од *Širbegović* групе за *Clima Guard Premium* у јануару 2013. године

Упоредни приказ производа *Guardian* указује да је структура 4+16+\*4 са коефицијентима ( $U=1,4W/m^2K$ ,  $g=58\%$ ,  $\tau_v=80\%$ ) са већим размаком и дебљим стаклима од структуре 3+12,7+\*3 ( $U=1,78W/m^2K$ ,  $g=81\%$ ,  $\tau_v=70\%$ ) може бити подржано да има бољи коефицијент пролаза топлоте, а нижим дотоком од сунца, параметар трансмисије свјетлости може указати да примјењене нискоемисионе превлаке нису исте. Када упоредимо AGC конфигуратор са најприближнијом структуром (4+13+\*3), структури производа из Америке (3+13+\*3), коефицијент пролаза топлоте и трансмисије свјетлости су приближно исти (мање од 5%) док коефицијент дотока од сунца је бољих карактеристика (више од 10%) код америчког производа.

У литератури производњи стакла дебљина 4, 5 и 6 mm максимална димензија плоче пливајућег (float) стакла је 600x318cm (за дебљину 3mm 450x318cm)<sup>188</sup>, док *Guardian*<sup>189</sup> преко произвођача у Босни и Херцеговини указују да је димензија плоча 600x321cm (4, 5 и 6mm) коју они испоручују и да најмање отпада (најбоље искоришћење плоче) чини формат стакла 160x120cm. У техничком приручнику *Guardian*-а препоруке су за стакло које ће се проћи топлотни процес каљења због сигурности пролазника, ако се користи у омотачу (као спољашње) према дебљини од 4mm максимална димензија је 100x200cm, 5mm (150x300cm), а од 6mm 210x350cm. Према ријечима произвођача<sup>190</sup> термоизолационог стакла у Босни и Херцеговини, дебљина од 3mm би се могла примјењивати у производњи термоизолационих стакала за стамбене зграде, као што су репрезентативни узорци (непотребна су сигурносна стакла, због удаљености пролазника од омотача зграде), и чије димензије може статички задовољити та дебљина стакла, једино што произвођачи у Босни и Херцеговини указују да се при производњи термоизолационих стакала од дебљине 3mm у производњи више уништи стакла, па да иако је јефтиније стакло од 3mm него од 4mm, употреба стакла од 3mm у термоизолационим јединицама застакљења је за њих економски неисплатива.

Разлози масовне употребе стакла од 3mm у прозорима стамбене изградње Америке, може се тражити у чињеницама да се таква врста застакљења користи на

---

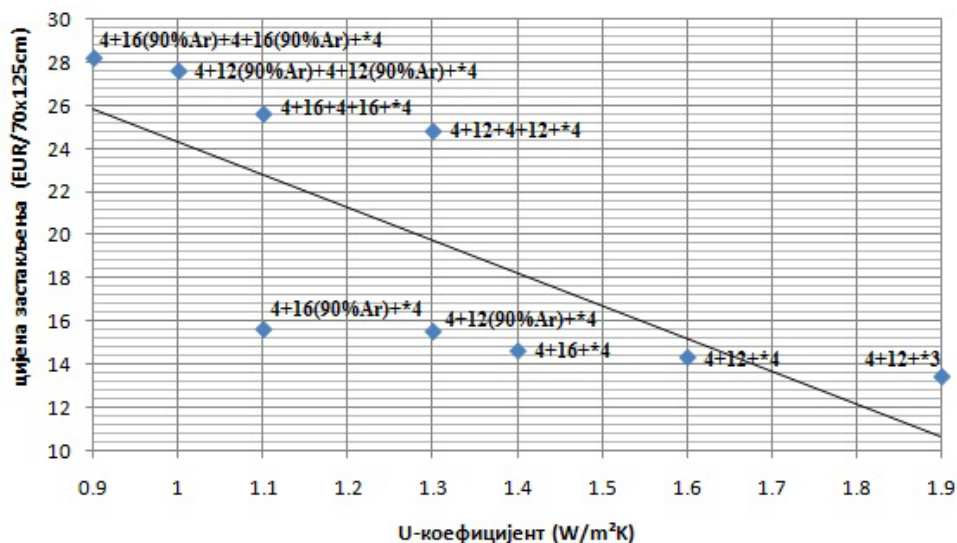
<sup>188</sup> Hegger, M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T., *Construction Materials Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 87.

<sup>189</sup> Beier Costa, O., Greiner R., Rinkens R. (ed.), *Glass Time –technical manual*, Luxembourg: GUARDIAN Europe, 2012.

<sup>190</sup> Произвођач DAS-PROM d.o.o. Бањалука, указао да имају у понуди стакло дебљине 3mm

монтажним дрвеним конструкцијама приземних или двоетажних кућа, да је јединица термоизолационог застакљења у дрвеном оквиру и да при природним катастрофама, које су честе на америчком тлу, жели се проузроковати што мање грађевинског отпада, што ако узмемо у обзир животни циклус материјала тако би се и требало односити према грађевинским материјалима.

Према анализи цијена од произвођача<sup>191</sup> термоизолационих стакала на подручју Босне и Херцеговине, за једно застакљење истих димензија (застакљење карактеристичног крила прозора код оба репрезентативна узорка), па разних структура и врста, долази се до закључка да код двослојног термоизолационог застакљења размак између стакла, дистанцер у најмањој мјери утиче на висину цијене (око 2% виша цијена дистанцера од 16mm у односу на 12mm), а оствари пораст U-кофицијента за 0,2W/m<sup>2</sup>K (за 18% ако је пуњено 90% аргонем, за 14% пуњено ваздухом) - Графикон 74.



Графикон 74. Однос U-кофицијента и цијене без ПДВ-а разних јединица термоизолационог застакљења код истог произвођача у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013. године)

Термоизолационо стакло 4+12+\*4 пуњено аргонем за око 7% је скупље од стакла са ваздухом, колико је отприлике и нижа цијена термоизолационог застакљења ако му је друго стакло 3mm. Код трослојног стакла истих димензија дистанцер је чинио за 3% скупљу варијанту са размаком 16mm у односу на 12mm,

<sup>191</sup> Произвођач DAS-PROM d.o.o. Бањалука, извео цијене термоизолационих јединица застакљења од стакла Planibel и Planibel low-E произвођача AGC-а из Чешке, 14.03.2013. године



док је пуњење аргоном за око 10% чинило скупљим застакљење од ваздуха. Цијена застакљења крила прозора истих димензија за трослојно стакло пуњено аргоном је за око 44% скупље од двослојног стакла пуњеног аргоном, да би код нешто нижи проценат од 43% био код варијанте са ваздухом.

Цијена термоизолационог стакла у Босни и Херцеговини пратећи тренд раста цијене код једног произвођача на Графикону 74., указују да при достизању коефицијента пролаза топлоте од 1,6 W/m<sup>2</sup>K до 0,9 W/m<sup>2</sup>K (пораст U-коефицијента за 78%) цијена порасте за 96%.

Термоизолационо застакљење структуре 4+16+\*4 пуњено 90% аргоном је најбоље рангирано застакљење на Графикону 74. има нижи коефицијент пролаза топлоте за 0,3 W/m<sup>2</sup>K (за 27% нижи) од застакљења исте структуре само пуњено ваздухом да би цијена застакљења са аргоном била виша за 7%. Најбоље рангирано застакљење 4+16(90%)+\*4 има виши коефицијент од троструког застакљења 4+16+4+16+\*4 пуњеног 90% аргоном за 22%, али му је цијена за 80% нижа од наведеног трослојног застакљења.

Према подацима института *Cradle to Cradle Products Innovation Institute*<sup>192</sup> стакло AGC посједује сертификат *silver* и једини материјали који су присутни на тржишту Босне и Херцеговине, а да их је сертификовао исти институт су њемачки производ блок YTONG и опекарски блок WIENERBERGER-a, оба са сертификатом *basic* (Слика 85.).

Program Category	PRODUCT CERTIFICATION SCORECARD				
	BASIC	BRONZE	SILVER	GOLD	PLATINUM
Material Health			✓		
Material Reutilization			✓		
Renewable Energy and Carbon Management			✓		
Water Stewardship				✓	
Social Fairness					✓
<b>OVERALL CERTIFICATION LEVEL</b>			✓		

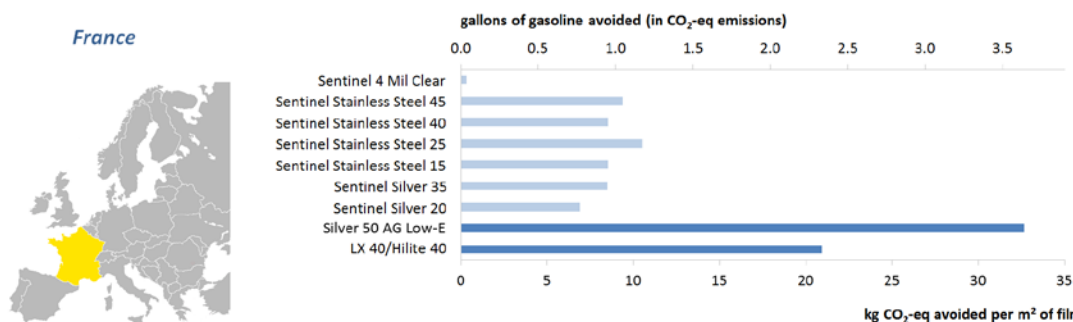
Слика 85. Примјер сертификата silver *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* преузето 23.02.2013. са сајта <http://www.c2ccertified.org/>

<sup>192</sup> Институт сертифиције производе према 5 категорија (здравље, поновно искоришћење, обновљива енергија и управљање емисијом CO<sub>2</sub>, управљање водом, друштвена оправданост) и за коначан ниво сертификата (platinum, gold, silver, bronze, basic) одлучује се према највећем броју нивоа који је производ добио у ових 5 категорија, доступно 23.02.2013. на сајту <http://www.c2ccertified.org/>

Произвођачи горе наведеног стакла немају објављене податке о потрошњи примарне енергије необновљиве и потенцијал глобалног загријавања за поједине производе, па с тим ни за термоизолационо стакло, тако да је немогуће направити упоређивање производа од стакла за прозоре преко декларација о утицају на животну средину.

Према подацима из 2006. године<sup>193</sup> и то за производе непознатих произвођача, наведено је да за термоизолационо двоструко стакло по  $m^2$  (са патентираним ТИ стаклом од 24mm, односно 4+16+4mm и заптивном масом од EPDM-а) са коефицијентом пролаза топлоте од  $1,1W/m^2K$  утроши примарне необновљиве енергије 547MJ, док је потенцијал глобалног загријавања  $29kgCO_2$ , а за термоизолационо троструко стакло по  $m^2$  (са патентираним ТИ стаклом од 36mm, односно 4+12+4+12+4 mm и заптивном масом од EPDM-а) са коефицијентом пролаза топлоте од  $0,7W/m^2K$  утроши више енергије за око 35% (837MJ) и потенцијал глобалног загријавања је већи за 27,5% ( $40 kgCO_2$ ).

Према декларацији EPD<sup>194</sup>, на основу података из 2010. и 2011. године за произвођача стакла и превлака за соларну контролу SAINT-GOBAIN-а за подручје Француске наведено је да у производном процесу  $1m^2$  чистог стакла од 4mm глобални потенцијал загријавања је  $4 kgCO_2$ , а сама превлака у производном процесу  $1m^2$  чини глобални потенцијал загријавања од око  $3,2 kgCO_2$ . У истој декларацији, за сваку земљу гдје се налази овај произвођач, наведено је и колика би била уштеда у галонима (4,5 литра) бензина, ако се узме у обзир цијели животни циклус, обичног стакла и стакла са превлакама (Слика 86.).



Слика 86. Приказ уштеде енергије при примјени разних врста стакала произвођача SAINT-GOBAIN из Француске

<sup>193</sup> Hegger, M., Auch-Schweik V., Fuchs M. and Rosenkranz T., *Construction Materials Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006., стр.119.

<sup>194</sup> Према декларацији TGS-1020914-0512-A доступно 01.03.2013. на сајту <http://www.solargard.com/docs/marketing-toolkit/epd-2-for-the-green-standard-2012.pdf?sfvrsn=6>

На подручју Босне и Херцеговине, у стамбеној изградњи и обнови, најразнорснија је понуда пластичних оквира<sup>195</sup>, оквира који се не производе на подручју Босне и Херцеговине, док се алуминијумски и дрвени оквири производе<sup>196</sup>, али на тржишту постоје оквири и најпознатијих европских произвођача<sup>197</sup>. Скоро сва производња пластичних оквира подешена је на најмање патентирано ТИ стакло од 24mm, док је за трослојна стакла патентирано на 36mm. У производњи дрвених оквира на подручју Босне и Херцеговине жлијиб је патентиран за двослојно ТИ стакло на 23mm, док је за трослојно од 30-35mm, а у производњи алуминијумских оквира за двослојно ТИ стакло подешено је на најмање 21mm, па у зависности од ширине профила и до 64mm, што одговара трослојним ТИ стаклима. Код пластичних оквира димензија оквира која код прозорског отвора учествује у смањивању g-коэффицијента (дотока од сунца) и у зависности од унутрашње структуре и на вриједност U-коэффицијента (пролаза топлоте) креће се од око 120-130mm, док је код произвођача у Босни и Херцеговини за алуминијумске оквири од 105-125mm, а код дрвених 105-120mm. Ова анализа указује да би се могло рачунати у сва три случаја око 120mm да је димензија оквира прозора, што би чинило на типским двокрилним прозорима репрезентативних узорака око 33-36%, док је за типска двокрилна балконска врата око 30%.

Ако анализирамо пластичне профиле доступне на тржишту Босне и Херцеговине, који су намјењени двослојном термоизолационом стаклу, распон вриједности U-коэффицијента креће се од 1,0-1,6W/m<sup>2</sup>K. Производи су називе унутар сваког произвођача добили у зависности од ширине уграђивања (60-82mm), позиције заптивне масе (бочно или бочно и у средини) и некад броју комора

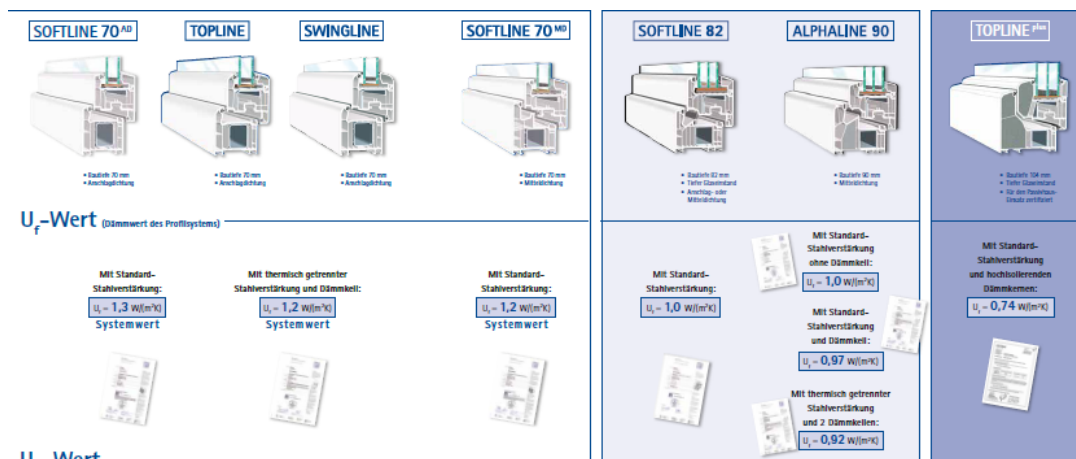
---

<sup>195</sup> Сертификовани произвођачи пластичних оквира за прозоре на тржишту Босне и Херцеговине су: Aluplast, <http://aluplast.net/eng-int/privatkunden/index.php>, VEKA <http://www.veka.de>, INOUTIC (некад THYSSEN POLYMER), REHAU [http://www.rehau.com/BA\\_sr/gradnja/prozorski-i-fasadni-sistemi](http://www.rehau.com/BA_sr/gradnja/prozorski-i-fasadni-sistemi), TROCAL <http://www.trocal.ba/prozori-i-vrata>, KOMMERLING [http://www.koemmerling.com/ecomaXL/index.php?site=KOE\\_EN\\_products](http://www.koemmerling.com/ecomaXL/index.php?site=KOE_EN_products), GEALAN <http://www.gealan.de/en/architekten/produkte>, SCHUCO <http://www.schueco.com/web/de>

<sup>196</sup> FEAL d.o.o Широки Бријег, <http://feal.ba/katalog/sistemi-za-prozore-i-vrata-s-termo-prekidom>, FAGUShaus d.o.o., Бањалука, [http://www.fagushaus.biz/kolekcije\\_proizvoda/prozori\\_od\\_drвета.php.php](http://www.fagushaus.biz/kolekcije_proizvoda/prozori_od_drвета.php.php) и АМ Међугорје d.o.o. Бањалука (не посједује сертификате о усклађености производа) [http://www.ammedjugorje.com/prozori\\_drvo.html](http://www.ammedjugorje.com/prozori_drvo.html)

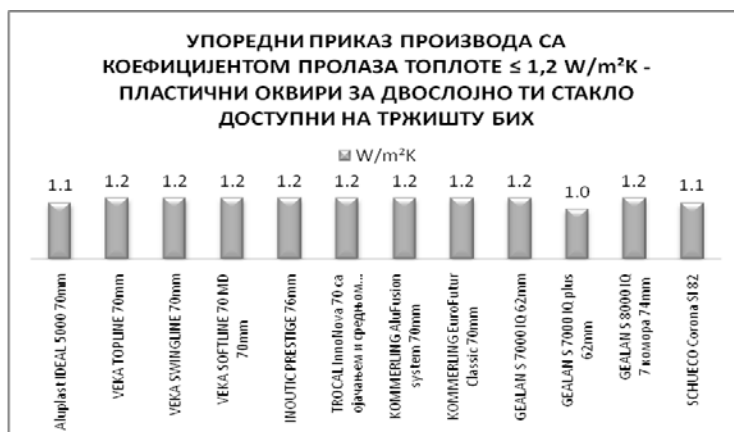
<sup>197</sup> SCHUCO <http://www.schueco.com/web/de> (ALUKONIGSTAHL d.o.o., Сарајево, <http://www.alukoenigstahl.com.ba/>, Jelovica okna d.o.o., Škofja Loka, Словенија, <http://www.jelovica-okna.si/> (Jelovica d.o.o. Тузла <http://www.jelovica.ba/>)

(2,3,4,5,6,7). Анализом производа позиција заптивне масе може смањити коефицијент за 0,1 (нпр. код произвођача VEKA производи SOFTLINE 70 AD - 1,3 W/m<sup>2</sup>K, а SOFTLINE 70 MD -1,2 W/m<sup>2</sup>K) - Слика 87.

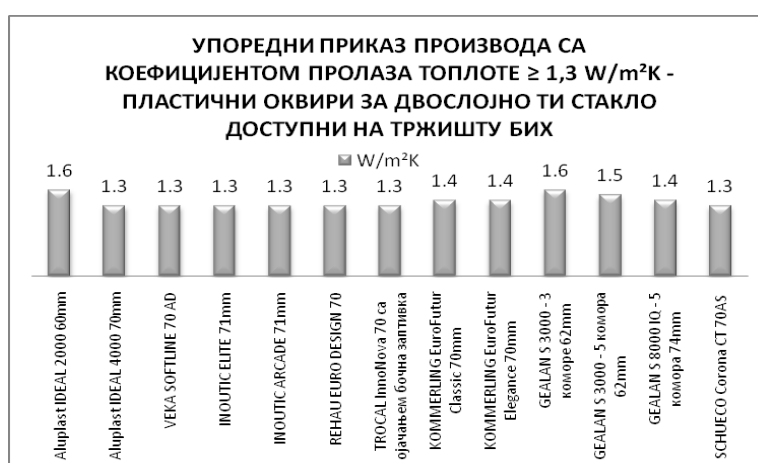


Слика 87. Приказ пластичних профила и њихових сертификованих вриједности коефицијената пролаза топлоте за двослојно и трослојно термоизолационо застакљење код истог њемачког произвођача доступног на тржишту Босне и Херцеговине, преузето 23.02.2013. са сајта <http://www.veka.de>

Ширина оквира и број комора унутар њега могу смањити коефицијент за 0,1-0,2 (нпр. код произвођача GEALAN производ S3000 са ширином уграђивања од 62mm – 3 коморе чине 1,6 W/m<sup>2</sup>K, док 5 комора чини 1,5 W/m<sup>2</sup>K, да би код производа S8000 IQ са ширином уграђивања од 74mm – 5 комора чинило коефицијент 1,4 W/m<sup>2</sup>K, док 7 комора чини 1,2 W/m<sup>2</sup>K). У распону вриједности U-коефицијента од 1,0-1,2 W/m<sup>2</sup>K највише је производа са коефицијентом 1,2 W/m<sup>2</sup>K (најчешће унутар истог произвођача) - Графикон 75., док је у распону од 1,3 – 1,6 највише производа са коефицијентом 1,3 W/m<sup>2</sup>K (Графикон 76.).



Графикон 75. Упоредни приказ пластичних оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине са  $U_f$ -коефицијентом  $\leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$



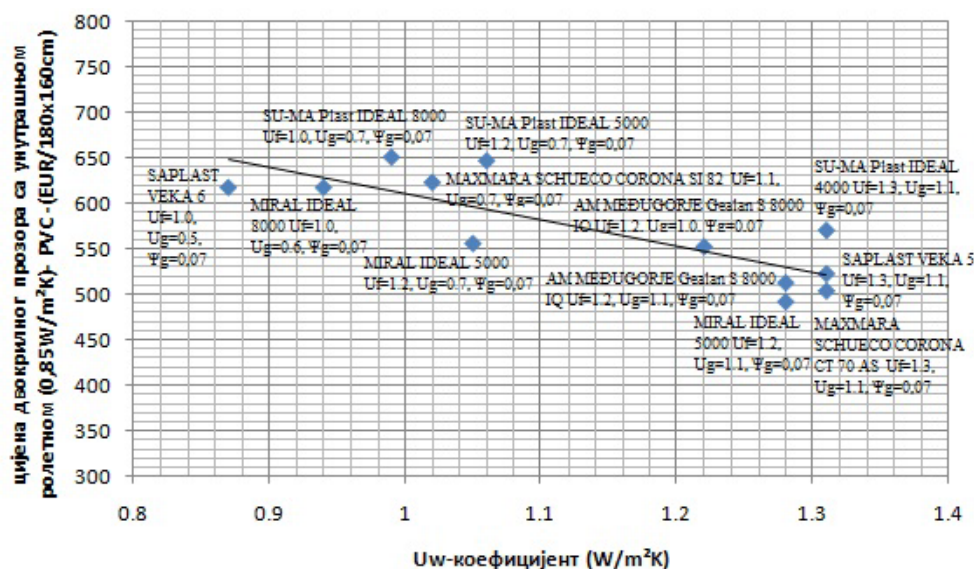
Графикон 76. Упоредни приказ пластичних оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине са  $U_f$ -коефицијентом  $\geq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Код пластичних профила који су намјењени за трослојна термоизолациона стакла произвођачи су профиле прилагодили пасивном стандарду и најчешће су коефицијента  $\leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Највише профила ове врсте је са коефицијентом  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  и најчешће је забиљежен најнижи коефицијент од  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Сертификован коефицијент испод  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  забиљежен је код произвођача који су коморе својих профила пунили изолацијом (нпр. VEKA – TOPLINE plus –  $0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$  – ширина уграђивања  $104\text{mm}$ , SCHUECO Corona SI 82+ -  $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$  – ширина уграђивања  $82\text{mm}$ ). Различитости у коефицијентима код пластичних профила за трослојно стакло чија је најчешћа ширина уграђивања од  $70\text{--}90\text{mm}$ , такође зависе од ширине профила, заптивне масе и постојању изолације унутар комора профила (Графикон 77.).



Графикон 77. Упоредни приказ пластичних оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине са  $U_f$ -коефицијентом  $\leq 1,1\text{W/m}^2\text{K}$

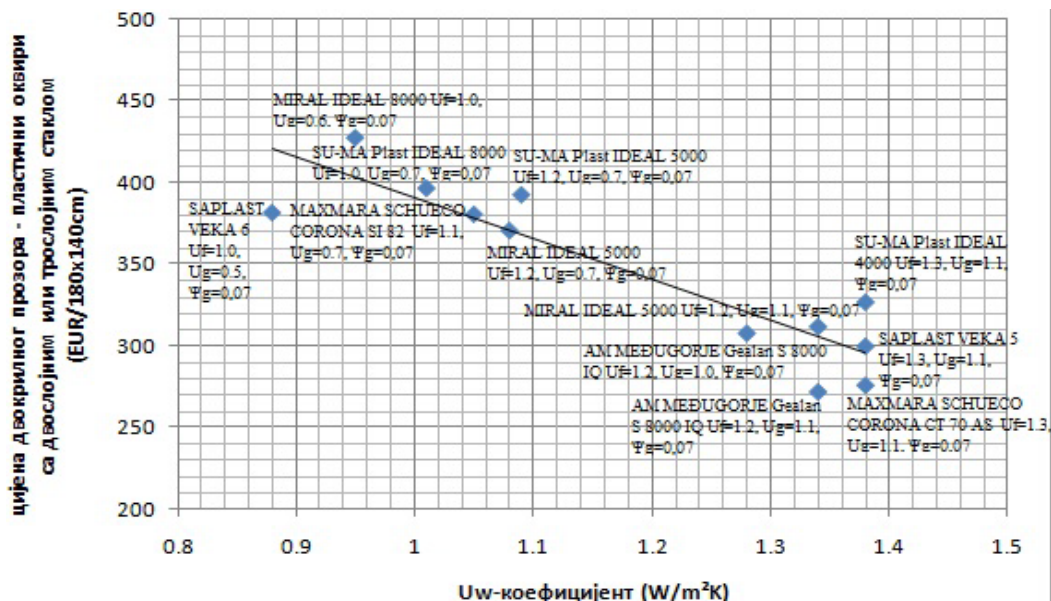
Економска анализа изведена на основу односа  $U$ -коефицијента и цијене цјеловитог карактеристичног двокрилног прозора са двоструким термоизолационим стаклом  $4+16(90\% \text{ аргон})+*4$  са пластичним оквирима и унутрашњом кутијом за ролетну доступних на тржишту Босне и Херцеговине, указују да је просјечна цијена са ПДВ-ом такве уграђене структуре 530 EURA за достизање  $U$ -коефицијента од  $1,28\text{W/m}^2\text{K}$ <sup>198</sup> (Графикон 78.).



Графикон 78. Однос  $U$ -коефицијента и цијене са ПДВ-ом прозора са унутрашњом ролетном и уградњом према разним произвођачима у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)

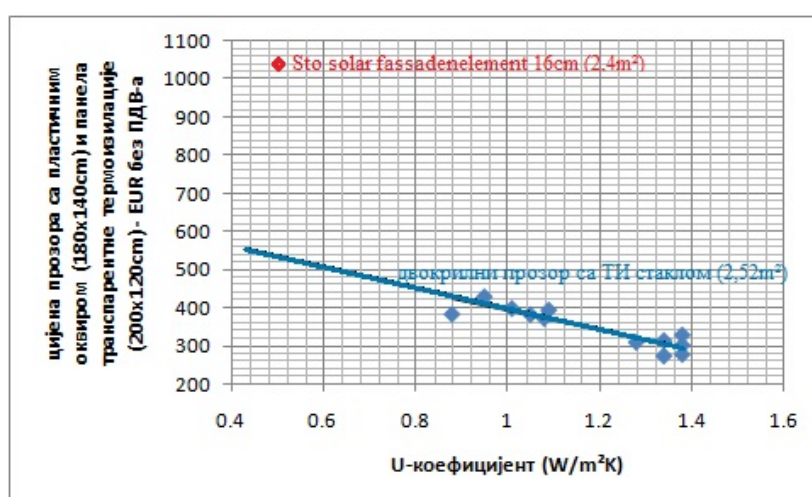
<sup>198</sup> Анализа цијена је изведена на основу узвраћених понуда упућених на адресе свих произвођача у Босни и Херцеговини, који посједују сертификоване оквире. На понудама које су упућене према произвођачима тражене су цијене за све варијанте оквира које посједују, са истом јединицом застакљења  $U_w=1,1\text{W/m}^2\text{K}$  и унутрашњом кутијом за ролетну (PVC и алуминијумску).

Ако посматрамо исте прозоре само без кутије за ролетну анализа показује да је просјечан тренд пораста цијене у односу на нижу вриједност коефицијента пролаза топлоте виши за 5,8% него код прозора са ролетном. Код прозора без ролетне разлика од  $1,28\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  до  $0,94\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  (пораст U-коефицијента од 36%) има пораст цијене за 21% (видно на Графикону 79.), док је код прозора са ролетном при истим вриједностима коефицијената пролаза топлоте цијена виша за 15,2% (видно на Графикону 78.). Цијена саме пластичне ролетне чини 40%-50% цијене цјелокупног прозора са ролетном. Да је економска анализа незахвалан аспект за рангирање говори и чињеница да је код појединих произвођача прозора алуминијумска ролетна има идентичну цијену пластичне ролетне, док је код појединих алуминијумска скупља и до 40% од пластичне ролетне. Према свим понудама произвођача прозора просјечна цијена пластичне ролетне са ПДВ-ом, за карактеристични прозор износила би 174 EUR, да би просјечна цијена алуминијумске ролетне износила 224 EUR, што је у просјеку за 28,7% виша цијена. При анализи треба се водити цијенама које су произвођачи понудили за цјеловит прозор са ролетном. Анализа указује да, иако је широка палета производа која се нуди на тржишту, ипак су најчешћи пластични профили у понуди на тржишту Босне и Херцеговине са коефицијентом пролаза топлоте  $U_f=1,2\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  и  $U_f=1,3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  за двослојно стакло, али да произвођачи оквира са  $U_f=1,2\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  нуде и за трослојно стакло, а да је најчешће за трослојно стакло у понуди оквир са вриједности  $U_f=1,0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . Интересантно је, ако посматрамо цијену самог термоизолационог стакла  $U=1,1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  (Графикон 74., стр. 273.) за карактеристични прозор директно од произвођача (цијена без ПДВ-а) и ако узмемо у обзир да ће произвођачи прозора при формирању цијене цјеловитог прозора рачунати за 100% вишу цијену термоизолационог стакла, при сагледавању просјечне цијене прозора без ПДВ-а око 20% цијене карактеристичног прозора чини термоизолационо стакло (Графикон 79.).



Графикон 79. Однос U-коэффициента и цијене без ПДВ-а прозора према разним произвођачима у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)

Ако транспарентну термоизолацију, као мјеру која уз помоћ пасивног коришћења сунчеве енергије може постојећој згради да обезбједи топлотне добитке, упоредимо на исти начин као и прозоре, односно са просјечним трендом односа U-коэффициента и цијене без ПДВ-а прозора са пластичним оквирима (исте врсте синтетички материјали – термопластични материјали) видимо да при достизању истог коэффициента транспарентна термоизолација је за око 90% скупља од карактеристичног прозора са PVC оквиром (Графикон 80.).

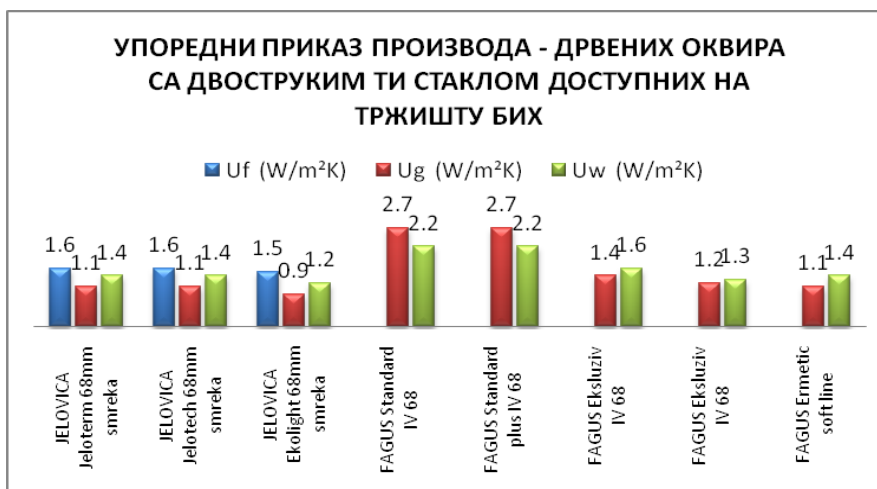


Графикон 80. Приказ односа U-коэффициента и цијене без ПДВ-а транспарентне термоизолације дебљине 16cm произвођача STO AG и прозора према разним произвођачима у Босни и Херцеговини (цијене из марта 2013.године)



Пратећи линију тренда када би прозор достигао за сад не постојећи  $U_w=0,41\text{W/m}^2\text{K}$  (коэффициент пролаза топлоте који достиже транспарентна термоизолација од 16cm при постављању на зид репрезентативног узорка) цијена прозора без ПДВ-а би износила око 560 EUR/180x140cm=2,52m<sup>2</sup>, док највећи панел транспарентне изолације од 200x120cm износи око 1040 EUR/2,4m<sup>2</sup> (за 5% већа површина карактеристичног прозора од највећег панела у којима се производи транспарентна термоизолација за карактеристичан контактни фасадни систем - ETICS).


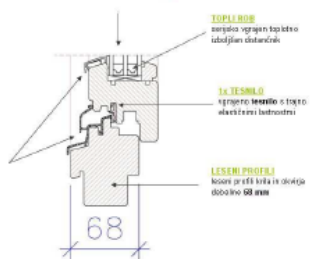
Код сертификованих оквира од дрвета за двострука термоизолациона стакла, најчешћа ширина уграђивања је 68mm, а вриједност U-коэффицијента оквира за ову врсту термоизолационе јединице је око 1,5 – 1,9 W/m<sup>2</sup>K и зависи од које је врсте дрвета, па тако најчешће од смреке је у просјеку око 1,6 W/m<sup>2</sup>K (Графикон 81.), да би од храста био виши коэффициент и износио чак 1,9 W/m<sup>2</sup>K.



Графикон 81. Упоредни приказ дрвених оквира доступних на тржишту Босне и Херцеговине и њихових сертификованих коэффициент пролаза топлоте

Код произвођача из Босне и Херцеговине није указано на U-коэффицијент оквира, него на U-коэффицијент прозора, чији се коэффициент разликују према врсти застакљења, те понуђени производи према врстама оквира за трослојно стакло имају бољи коэффициент него исте врсте производ у Европској унији. Упоредивајући произвођача из Европске уније (Jelovica, Škofja Loka), који је на тржишту Босне и Херцеговине и произвођача из Босне и Херцеговине (FAGUS, Бањалука), можемо закључити да произвођач из Босне и Херцеговине нема све сертификоване оквири, иако указује на сертификат о усклађености производа.

Нпр. код прозора са трослојним термоизолационим стаклом произвођача Jelovica – Ekoterm, који има ширину уграђивања од 68mm наведен је U-кофицијент прозора 1,1 W/m<sup>2</sup>K са термоизолационом јединицом стакла од 0,8 W/m<sup>2</sup>K, при просјечном U-кофицијенту оквира од 1,56 W/m<sup>2</sup>K (допрозорник 1,8 W/m<sup>2</sup>K, крило 1,36 W/m<sup>2</sup>K), Слика 88., док је код FAGUS-a – Premium IV 68 прозор са трослојним термоизолационим стаклом наведен је U-кофицијент прозора 1,2 W/m<sup>2</sup>K са термоизолационом јединицом стакла од 1,1 W/m<sup>2</sup>K, није наведен коефицијент оквира, па према теоретском прорачуну износио би око 1,0 W/m<sup>2</sup>K.

Tip okna	Detalj / opis	vrsta lesa	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> K	U <sub>g</sub> W/m <sup>2</sup> K	U <sub>w</sub> W/m <sup>2</sup> K	Medustek. dist.	Poročilo, Izračun
<b>Ekoterm</b> 	<p><b>STAKLO</b> staklo 4-10-4-10-4 toplotna prehodnost stakla U<sub>g</sub> = 0,8 W/m<sup>2</sup>K toplotna prehodnost dvostranog stakla U<sub>w</sub> = 1,1 W/m<sup>2</sup>K</p> <p><b>LES</b> na vidju v drvenoj vidji osrednja debljina lesa 42mm vidja 68mm</p> <p><b>2x OBEKATNI POKONČNIK</b> osrednja debljina 22mm profil na obojnoj strani lesa 10mm osrednja debljina 22mm profil na spojnici dole odnamljiva okvira</p> <p><b>POVRŠINSKA OBEKATLAVA</b> leseni deli okna su površinski obdelani z akrilnim pokrivenim premazom bele boje</p> <p><b>KLJUKA</b> kljuka bele boje vidjela z crnom okom</p> <p><b>DRUGIJE</b> okvirna okvira je DICTO Campanel u osrednje kravi, istov okvira je odobren od naših dobavljača, vidljivi okvira tor rjez ovog izvedba</p> <p><b>TOPLI ROK</b> osrednja vgraben topli rok izbojiljiva okvira</p> <p><b>1x LESNOLI</b> osrednja debljina 22mm u tojnoj okvira strani lastovosti</p> <p><b>LESNI PROFILI</b> leseni pri 68mm kravi u okvira debljina 68mm</p> 	smreka	1,36 (zg. prečnik, pokončnik L, D)	0,8	1,1	TGI distančnik Ψ <sub>s</sub> = 0,043 W/mK	ZAG P 0697/06- 520-17,  Izračun po SIST EN ISO 10077- 1:2007

Слика 88. Приказ сертификованих вриједности коефицијента пролаза топлоте за један тип дрвеног оквира произвођача из Европске уније, преузето 23.02.2013. са сајта <http://www.jelovica-okna.si/>

На објављеном сертификату из 2009. године за један дрвени прозор за који нису наведени појединачни коефицијенти пролаза топлоте за застакљење и оквир него је наведен коефицијент цијелог прозора од 1,56 W/m<sup>2</sup>K, вриједност која је, у каталогу из 2010. године истоименог произвођача, најприближнија производу Ekskluziv IV 68 (U<sub>g</sub>-1,4 W/m<sup>2</sup>K, U<sub>w</sub>-1,6 W/m<sup>2</sup>K) указује да би коефицијент оквира износио 1,4 W/m<sup>2</sup>K, па и ниже, а тај податак ако упоредимо са производом Ekoterm говори о коефицијенту пролаза топлоте који је најнижи на сертификованом оквиру овог производа (Слика 89.).

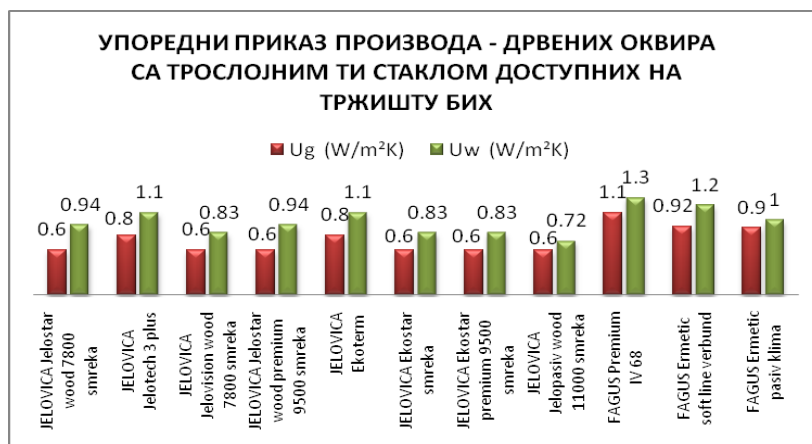


Sve vrijednosti verzija Fenergy su obračunate analitičkom metodom na jednokrlnom prozoru 1230x1480

Kolekcija	Sastav stakla	Vazduh		Argon		Fs	Rw
		Ug	Uw	Ug	Uw		
DRVO IV 68 Standard Standard plus	Vanjsko staklo: 4mm Flot Lajna: 15mm Unutrašnje staklo: 4mm Flot	2,7	2,2			80%	32dB
DRVO IV 68 Ekskluziv	Vanjsko staklo: 4mm solama kontrolal Lajna: 15mm Unutrašnje staklo: 4mm risikoemisiono	1,4	1,6	1,2	1,3	40%	34dB
DRVO IV 68 Premium	Vanjsko staklo: 6mm solama kontrola Lajna: 8mm Unutrašnje staklo: 4mm Flot Lajna: 8mm Unutrašnje staklo: 4mm risikoemisiono	1,1	1,3	1,1	1,2	35%	39dB

Слика 89. Приказ сертификата произвођача дрвених оквира из Босне и Херцеговине (лијево) и табеларни приказ преузет и каталога произвођача из Босне и Херцеговине, преузето 23.02.2013. са сајта [http://www.fagushaus.biz/kolekcije\\_proizvoda/prozori\\_od\\_drвета.php](http://www.fagushaus.biz/kolekcije_proizvoda/prozori_od_drвета.php)

Конфигуратор, нпр. произвођача AGC, за наведену структуру двослојног термозолационог стакла код производа Ekskluziv IV 68 говори да је Ug са ваздухом - 1,6 W/m<sup>2</sup>K, а са аргоном 1,4 W/m<sup>2</sup>K, што такође може указивати да цјелокупни приказ и прорачун произвођача из Босне и Херцеговине, при одређивању вриједности коефицијента пролаза топлоте за прозор није у складу са производима у Европској унији. Ако упоредимо дрвене оквири за трослојно стакло, односно цјеловите прозоре, видимо да код произвођача из Босне и Херцеговине коефицијент пролаза топлоте за цијели прозор (1,0 W/m<sup>2</sup>K) је низак у односу на висок коефицијент пролаза топлоте за примјењено трослојно стакло (0,9 W/m<sup>2</sup>K) у односу на прозоре произвођача из Европске уније који је присутан на тржишту Босне и Херцеговине (Графикон 82.).



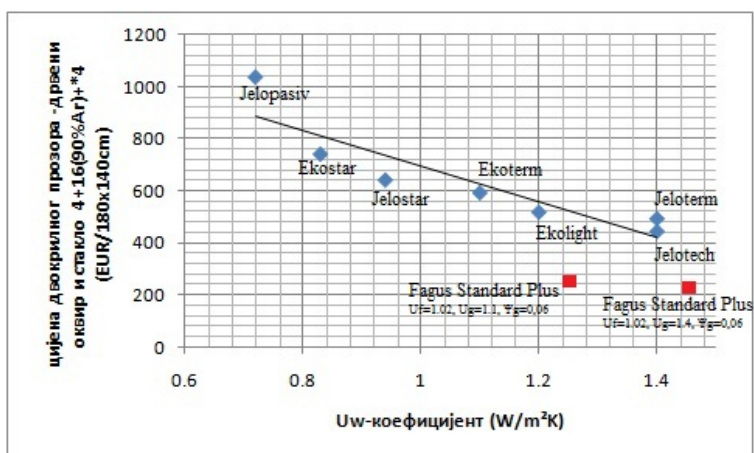
Графикон 82. Упоредни приказ дрвених оквира, прилагођених за трослојна стакла и вриједности коефицијената пролаза топлоте за застакљење и цјеловит прозор, доступних на тржишту Босне и Херцеговине

При упоређивању оквира од дрвета треба се водити производима произвођача из Европске уније. На вриједност коефицијента пролаза топлоте, осим врсте дрвета утиче дебљина оквира, па тако за оквир од смреке за ширину уграђивања од 68mm креће се од 1,36-1,8 W/m<sup>2</sup>K, док код оквира предвиђених најчешће за пасивни стандард и употребу трослојних стакала за 78mm и 95mm 1,23-1,56 W/m<sup>2</sup>K, а ако у себи садрже и ваздушне коморе или изолацију у сегметнима оквир од 78mm има коефицијент 0,87-1,22 W/m<sup>2</sup>K, док за 110mm је 0,73 W/m<sup>2</sup>K (Графикон 83.).



Графикон 83. Упоредни приказ сертификованих вриједности коефицијента пролаза топлоте за дрвени оквир, а доступних на тржишту Босне и Херцеговине

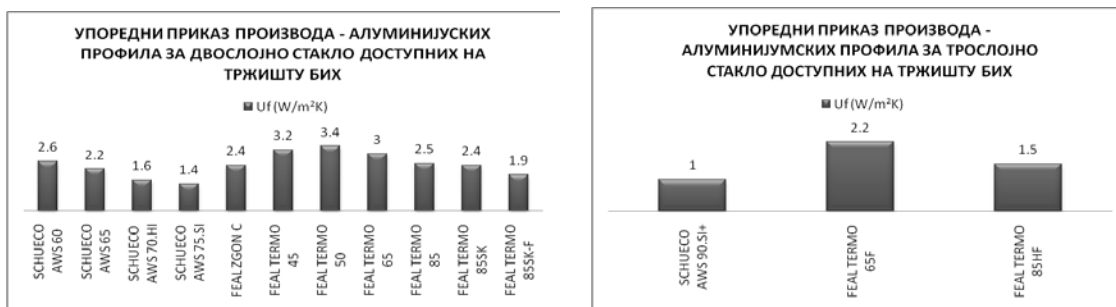
Према анализи цијена без ПДВ-а прозора са дрвеним оквирима код истог произвођача из Европске уније, који у понуди за двослојно стакло нуди само структуру  $U_g=1,1\text{W/m}^2\text{K}$ , тренд пораста цијене од  $U_w=1,4\text{W/m}^2\text{K}$  до  $0,80\text{W/m}^2\text{K}$  (пораст U-коефицијента 75%) је око 100% (Графикон 84.).



Графикон 84. Приказ односа U-коефицијента и цијене без ПДВ-а произвођача прозора са дрвеним оквирима из Босне и Херцеговине и свих прозора према понуди произвођача из Словеније (ЕУ) који је на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

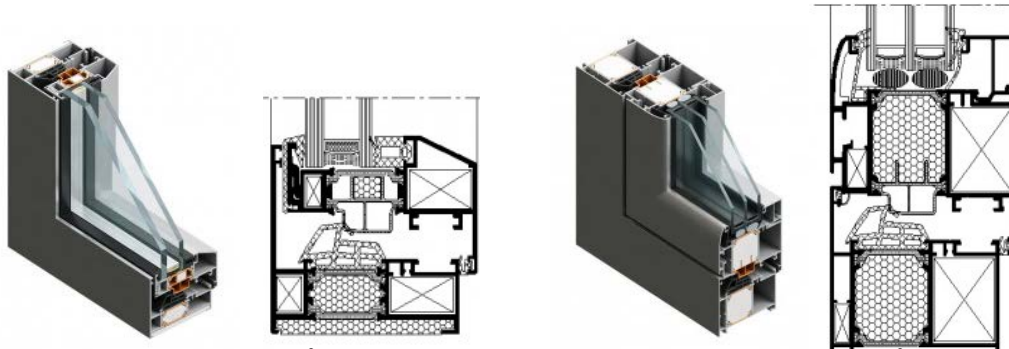
Код овог произвођача, када је трослојно стакло  $U_g=0,6\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , прозори достижу  $U_w<1,0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . Пратећи линију тренда код произвођача из Европске уније када би упоредили прозор са коефицијентом од  $U_w=1,24\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  (тип оквира који је произвођач из БиХ сертифициковао), прозор произведен у Босни и Херцеговини има цијену нижу за 130%, односно за више од душло нижу цијену, од прозора из ЕУ.

Алуминијумски профили за двослојне и трослојне термоизолационе јединице застакљења са термо прекидима унутар профила, који се производе у Босни и Херцеговини, имају лошије топлотне карактеристике од производа из Европске уније исте намјене (Графикон 85.).



Графикон 85. Упоредни приказ вриједности коефицијената пролаза топлоте алуминијумских профила, прилагођених за двослојна (лијево) и трослојна (десно) стакла доступних на тржишту Босне и Херцеговине

Профили ширина од 45-85mm за двослојна стакла произвођача FEAL из Босне и Херцеговине крећу се од 1,9-3,4  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , с тим да је најнижи коефицијент од 1,9 остварен код најширег профила 85mm са испуном од изолације (до 40mm) и потпуним термичким прекидом у средишњем дијелу профила (РА - полиамидне траке), док је за трослојно стакло обезбјеђен, такође код најширег профила од 85mm, коефицијент од 1,5  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , с тим што је испуна од изолације има већу ширину (до 64mm) - Слика 90.



FEAL TERMO 85SK-F - 1,9 W/m<sup>2</sup>K

FEAL TERMO 85HF – 1,5 W/m<sup>2</sup>K

Слика 90. Приказ алуминијумских профила произведених у Босни и Херцеговини и њихових коефицијената пролаза топлоте

Код произвођача из Европске уније чији су профили присутни на тржишту Босне и Херцеговине (AWS 65 - 2,2 W/m<sup>2</sup>K, AWS 60 - 2,6 W/m<sup>2</sup>K), али не и они који су тренутно у употреби на тржишту Европске уније (од 2009.године) достижу коефицијент пролаза топлоте од 1,4-1,6 W/m<sup>2</sup>K код профила ширине 70-75mm, па и до 1,0 W/m<sup>2</sup>K (Слика 91.) код профила од 90mm за трослојно стакло. Различитости у профилима могу се тражити у квалитету и структури термичких прекида односно више комора у EPDM-у (заптивна гума – еластомер настао вулканизацијом етилен-пропилен-диен-а) и полиамидној траци.



AWS70.HI-1,6 w/m<sup>2</sup>k

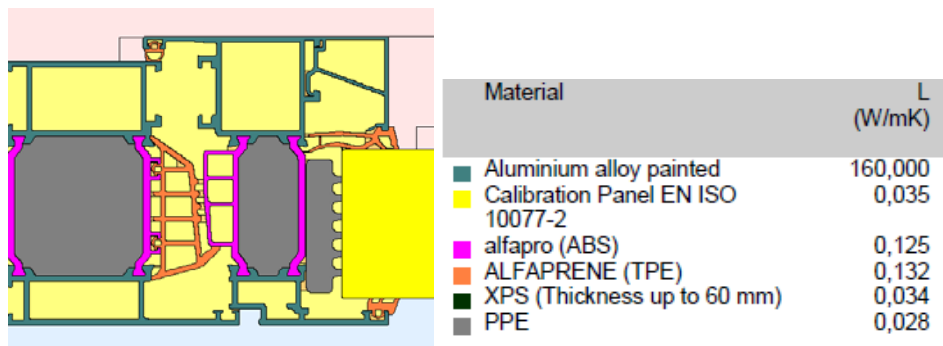
AWS75.SI-1,4 w/m<sup>2</sup>k

AWS 90.SI+-1,0 w/m<sup>2</sup>k

Слика 91. Приказ алуминијумских профила произведених у Европској унији који још нису на лагерима дистрибутера, али исти указују да за веће количине могу бити на тржишту Босне и Херцеговине и њихови коефицијенти пролаза топлоте

Према ријечима произвођача из Босне и Херцеговине, који указује да тренутно раде на новом профилу, односно на цијени израде (март 2013.) који ће ускоро бити на тржишту достигаће сертификовани коефицијент пролаза топлоте од Uf=0,92 W/m<sup>2</sup>K (полиамидни штапићи замијењени ABS-ом – термопластични материјал настао кополимеризацијом акрилонитрил-бутадиен-стирен, заптивна

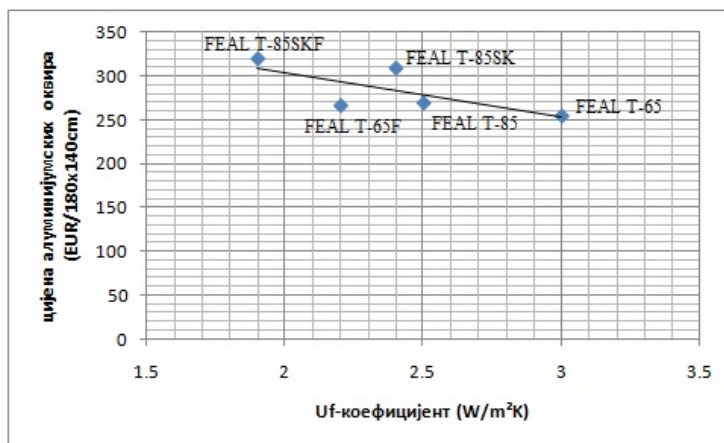
гума од EPDM замијењена гумом од термопластичног еластомера насталог кополимеризацијом полиетилена (TPE) - Слика 92.



TERMO 85 S+ - 0,92 W/m<sup>2</sup>K

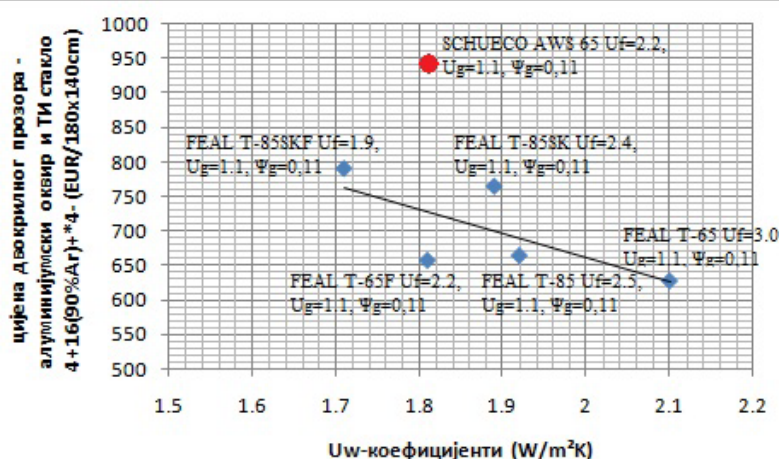
Слика 92. Приказ алуминијумског профила произведеног у Босни и Херцеговини и његовог коефицијената пролаза топлоте који ће ускоро бити на тржишту

Код алуминијумских профила произвођача из Босне и Херцеговине анализа цијена, изведена за оквир димензија карактеристичног прозора, указује да је најповољнији профил T-65F са  $U_f = W/m^2K$  (Графикон 86.).



Графикон 86. Приказ односа U-коефицијента оквира и цијене само оквира без ПДВ-а директно од произвођача алуминијумских профила из Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

Ако упоредимо цијену профила истих карактеристика, код произвођача из Босне и Херцеговине цијена је нижа за 30% од профила из Европске уније доступног на тржишту Босне и Херцеговине (Графикон 87.).

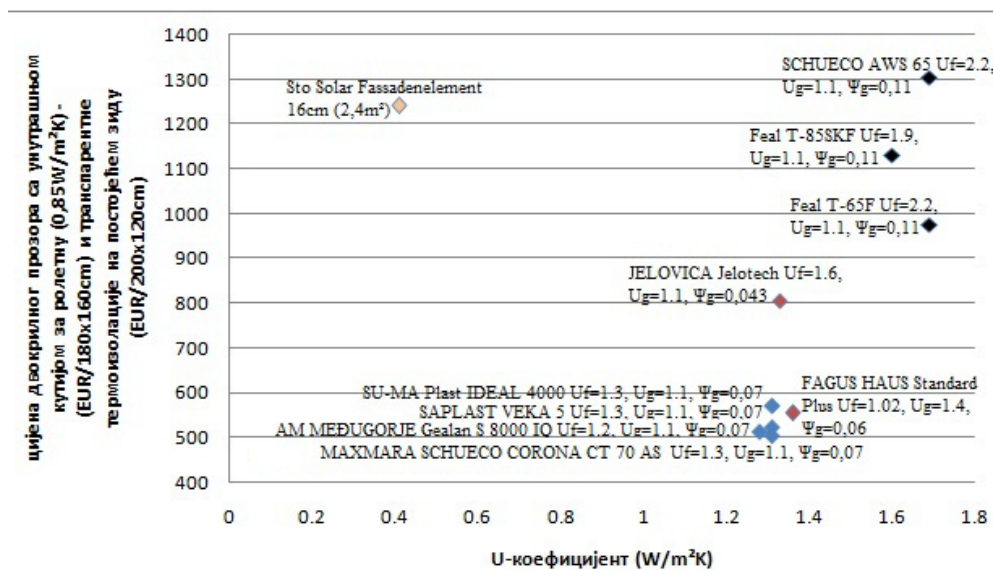


Графикон 87. Приказ односа U-коэффициента и цијене без ПДВ-а произвођача прозора са свим алуминијумским оквирима из Босне и Херцеговине и прозора према произвођача из Немачке (ЕУ) који је на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013. године)

Анализа је указала да је у Босни и Херцеговини у оптицају профил из Европске уније са најнижим коефицијентом пролаза топлоте  $U_f=2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , иако су у понуди и профили нижих вриједности, још увијек их нема на тржишту. Чињеница је и да произвођач из Босне и Херцеговине иако има у понуди профил ниже вриједности коефицијента пролаза топлоте, најповољнији је профил са  $U_f=2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , вјероватно из разлога конкурентности на тржишту.

Према односу U- коефицијента и цијене за производ, када сагледамо понуду свих произвођача за двокрилни прозор 180x140cm са термоизолационим стаклом (4+16+\*4) –  $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  и унутрашњом кутијом за ролетну од 20cm са коефицијентом пролаза топлоте од  $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$  и најчешћом вриједности коефицијента пролаза топлоте за оквир, на који су сами произвођачи указивали, најповољнији су прозори са PVC профилима, затим дрвени, па алуминијумски профили (Графикон 88.).





Графикон 88. Приказ односа U-кофицијента и цијене са ПДВ-ом произвођача прозора са PVC оквирима (плава боја), дрвеним (смеђа) и алуминијумским (црна) оквирима и транспарентне термоизолације (беж боја) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године)

Најмањи линијски топлотни губици на споју између стакла и пластичног оквира, у већини случајева код прозора са трослојним стаклом који су декларисани од стране Passivhaus Institut-a из Дармштата, крећу се око 0,03 W/mK (GEALAN S 7000 IQ pasive house-0,029, SCHUECO Corona SI 82+-0,034, REHAU GENEО PHZ-0,03). Према произвођачима у Босни и Херцеговини код прозора са пластичним оквирима линијски топлотни губици између стакла и оквира чине 0,07 W/mK, код дрвених прозора указују да ако је дистанцер између два стакла од PVC-a – 0,04 W/mK, а од алуминијума 0,06 W/mK, док је код алуминијумских прозора дистанцер од PVC-a – 0,05 W/mK, а од алуминијума 0,11 W/mK. Према произвођачима термоизолационих застакљења највише је присутан алуминијумски дистанцер због цијене. Према њиховим ријечима пет пута је јефтинеји алуминијумски од пластичног због процеса производње, јер код пластичног дистанцера спој између стакла и дистанцера остварује се преко металних дијелова од инокса, што поскупљује дистанцер.

У недостатку информација о декларацијама о утицају на животну средину наведених производа – оквира за прозоре, SAINT-GOBAIN је навео у својој

брошури<sup>199</sup> из 2012. године, када је рангирао свој производ са другим производима, да је америчко министарство за енергију објавило 2011. године потенцијал глобалног загријавања према 1m<sup>2</sup> нискоемисионих прозора са оквирима различитих материјала непознатих произвођача, гдје су навели да прозор са алуминијумским оквиром има потенцијал глобалног загријавања од 928 kgCO<sub>2</sub>, пластични (PVC) 545 kgCO<sub>2</sub> и дрвени 444 kgCO<sub>2</sub>.

---

<sup>199</sup> Доступно 01.03.2013. на сајту [http://www.seri-deco.fi/images/ladattavat%20esitteet/EPD\\_FAQ\\_INT%200612.pdf](http://www.seri-deco.fi/images/ladattavat%20esitteet/EPD_FAQ_INT%200612.pdf)

## 6.2 Анализа енергетских уштеда примјеном одабраних мјера обнове у циљу енергетске оптимизације омотача релевантне за репрезентативне узорке

На одабир адекватних мјера енергетске оптимизације омотача релевантних за репрезентативне узорке су утицале енергетске и економске анализе материјала и производа који су доступни на тржишту Босне и Херцеговине и који су са аспекта заштите од пожара у класи која се захтијева за зграде <22m (оба репрезентативна узорка висине око 18m).

У оквиру енергетске анализе, у циљу енергетских уштеда, истраживање ће се водити преко двије анализе, уз помоћ лиценцираног програма ENSI EAB.

Прва анализа базираће се на параметрима, односно највећим дозвољеним вриједностима коефицијената пролаза топлоте за постојеће зграде, узимајући у обзир остале захтјеве при обнови стамбених зграда и достизање енергетских разреда који се захтијевају у правилницима или техничким прописима земаља у окружењу (Србија и Хрватска) и у самој Босни и Херцеговини (Федерација БиХ).

Друга анализа водиће се параметрима до које је мјере могуће смањити потрошњу енергије за гријање у згради, а да су примјењени материјали за реализацију одређене мјера доступни на тржишту Босне и Херцеговине, узимајући у обзир однос цијене и U- коефицијента приказаних у поглављу 6.1.

У „Правилнику о енергетској ефикасности зграда“<sup>200</sup>, важећем у Србији, захтјеви који се морају испунити при обнови постојећих стамбених вишеспратних зграда свде се на то да се обезбједи минималан комфор и да се испуне вриједности које не прелазе дозвољене граничне (максималне) вриједности коефицијената пролаза топлоте за постојеће зграде и трансмисионих губитака топлоте у зависности од фактора облика зграде (параметар који није разврстан на нове и постојеће зграде), затим да дозвољена годишња максимална потрошња енергије за гријање постојеће стамбене зграде не прелази 70 kWh/m<sup>2</sup> и да енергетски разред постојеће зграде након обнове мора бити побољшан за најмање један разред.

---

<sup>200</sup> Правилник о енергетској ефикасности зграда и Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, доступно 10.06.2013. године на страници <http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>

У „Техничком пропису о рационалној упораби енергије и топлинској заштити у зградама“<sup>201</sup>, важећим у Хрватској, захтјеви који се морају испунити при обнови зграда у случају карактеристичних узорака могу се одредити кроз два случаја:

- ако се обнавља најмање 75% омотача гријаног дијела зграде или ако се најмање 25% површине сваког дијела омотача обнавља, примјењују се захтјеви као за нове зграде: да је годишња потребна топлотна енергија за гријање по  $m^2$  у зависности од фактора облика зграде, трансмисиони губици топлоте у зависности од фактора облика зграде и морају се испунити захтјеви за дозвољене граничне (максималне) вриједности коефицијената пролаза топлоте гријаног омотача зграде,

- ако се обнавља један (појединачан) дио омотача површине веће од 25% примјењују се захтјеви за дозвољене граничне (максималне) вриједности коефицијената пролаза топлоте тог дијела омотача.

Коријене горе наведних правилника и прописа можемо сагледати у њемачком пропису о уштеди енергије (EnEV) из 2002. године, осим што према овом пропису зграда морају испунити полазне захтјеве, што код стамбених зграда значи да морају испунити захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде, док за друге врсте зграда је у зависности од удјела површине прозора (за  $\leq 30\%$  захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде, а за  $> 30\%$  захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде и за годишњу примарну потребну енергију за зграду)<sup>202</sup>.

---

<sup>201</sup> Технички пропис о рационалној упораби енергије и топлинској заштити у зградама, доступно 10.06.2013. на страници [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_07\\_81\\_1906.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html)

<sup>202</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 2.80-2.84

- Узорак 1- Стамбена зграда градње послије Другог свјетског рата — насеље Кочићев вијенац

Према „Правилнику о енергетској ефикасности зграда“, важећим у Србији, ако се поштују највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте,  $U_{max}$  [ $W/(m^2K)$ ] за елементе омотача за постојеће зграде, за Узорак 1 ће се свести пројектна специфична потрошња енергије за гријање узорка од  $164,4 kWh/m^2$  на  $35,8 kWh/m^2$ , односно имао би за 78% нижу потрошњу енергије за гријање. Односно мјере енергетске ефикасности сведене само на параметре највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте према овом Правилнику за спољашњи зид, за коси кров изнад негријаног простора (кров) и за међуспратну конструкцију изнад негријаног простора (под) од  $0,40 W/m^2K$  (нпр. достизање ове мјере за спољашњи зид код репрезентативног узорка узимајући у обзир и повећање коефицијента за  $0,05 W/m^2K$  је додавање  $9cm$  топлотне изолације са коефицијентом топлотне проводљивости од  $\lambda=0,040 W/mK$ ) и за прозоре од  $1,50 W/m^2K$  (нпр. достизање ове мјере, код репрезентативног узорка су елементи двокрилног прозора  $180x140cm$  са  $U_f=1,3 W/m^2K$ ,  $U_g=1,1 W/m^2K$ ,  $\Psi_g=0,07 W/mK$ ) што ће под претпоставком побољшати и инфилтрацију са  $0,6$ , на  $0,5 l/h$ , Узорак 1 ће из енергетског разреда  $F$ , прећи у енергетски разред  $C$ , за три разреда више (Слика 93.).

Зграде са више станова		нове	постојеће
Енергетски разред	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [ $kWh/(m^2a)$ ]	$Q_{H,nd}$ [ $kWh/(m^2a)$ ]
A+	$\leq 15$	$\leq 9$	$\leq 10$
A	$\leq 25$	$\leq 15$	$\leq 18$
B	$\leq 50$	$\leq 30$	$\leq 35$
C	$\leq 100$	$\leq 60$	$\leq 70$
D	$\leq 150$	$\leq 90$	$\leq 105$
E	$\leq 200$	$\leq 120$	$\leq 140$
F	$\leq 250$	$\leq 150$	$\leq 175$
G	$> 250$	$>150$	$> 175$

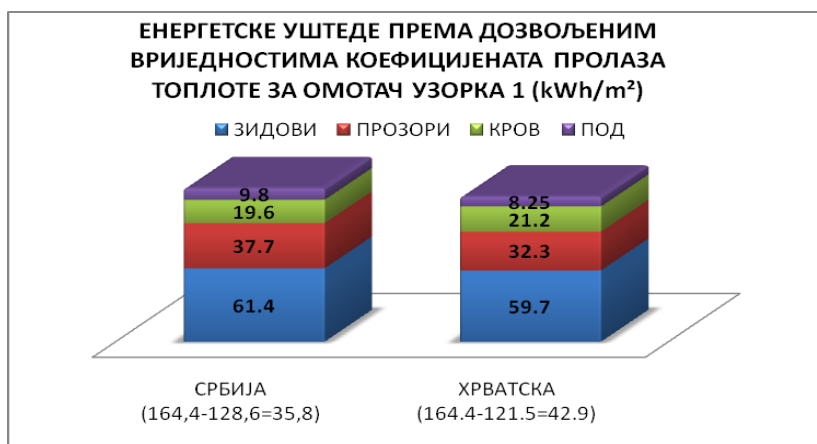
Слика 93. Приказ енергетских разреда за стамбене зграде са више станова према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Србије (доступно 10.06.2013. године на сајту <http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>)

Према члану 7. Правилника о условима, садржини и начину издавању сертификата о енергетским својствима зграда да при обнови постојеће зграде енергетски разред мора бити побољшан за најмање један разред, може се

сматрати да ће само достизање највеће дозвољене вриједности наведених коефицијената пролаза топлоте,  $U_{max}$  [ $W/(m^2K)$ ] за елементе топлотног омотача за постојеће зграде према Правилнику о енергетској ефикасности, учинити да Узорак 1 то постигне.

Ако посматрамо наведене параметре трансмисионих губитака топлоте у зависности од фактора облика зграде (достизање  $N'_T=0,68 W/m^2K$  за  $A/V=0,40$  Узорка 1), наведене дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте за постојеће зграде не могу испунити захтјеви за трансмисионе губитке топлоте наведене у овом Правилнику (износе  $0,70 W/m^2K$ ), иако би  $U_{max}$  [ $W/(m^2K)$ ] код Узорка 1 свео потрошњу енергије за гријање и на дупло нижу од дозвољене ( $35,8 kWh/m^2$ , у односу на  $70 kWh/m^2$ ), указује да би у Правилнику Србије требало бити јасно наведено који се захтјеви требају испунити при обнови постојећих (стамбених) зграда.

Мјерама, којима се поштују највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте, за спољашњи зид би се оствариле енергетске уштеде од  $61,4 kWh/m^2$ , што умањује пројектну специфичну потрошњу енергије за гријање за  $37,3\%$ , за кров  $19,6 kWh/m^2$  ( $12\%$ ), за под  $9,8 kWh/m^2$  ( $6\%$ ), за прозоре  $30,2 kWh/m^2$  ( $18,4\%$ ) и инфилтрација за  $7,5 kWh/m^2$  ( $4,6\%$ ). Анализа је указала да се највеће енергетске уштеде остваре на спољашњем зиду и прозорима (однос површина и уштеда ових мјера је  $2,03$ ), што је приказано на Графикону 89. затим на крову (однос површина спољашњег зида и крова је  $2,41$ , а уштеда  $3,13$  у корист спољашњег зида), па на поду (однос површина крова и пода је  $1$ , а уштеда  $2$ ).



Графикон 89. Упоредни приказ енергетских уштеда водећи се граничним/дозвољеним вриједностима коефицијената пролаза топлоте карактеристичним за Узорак 1 према Правилнику о енергетској ефикасности Србије и Техничком пропису о рационалној упораби енергије Хрватске

Ако погледамо мјере према којима се поштују највеће допуштене вриједности коефицијената пролаза топлоте  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] грађевинских дијелова након захвата на постојећим објектима на подручју Хрватске према Техничком пропису о рационалној упораби енергије и топлинској заштити у зградама (идентичан са Правилником о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије Федерације Босне и Херцеговине<sup>203</sup>), за Узорак 1 ће се свести пројектна специфична потрошња енергије за гријање узорка од  $164,4 \text{ kWh/m}^2$  на  $42,9 \text{ kWh/m}^2$  (за око 74% нижа потрошња енергије за гријање).

Односно мјере енергетске ефикасности сведене само на параметре највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте према овим Правилницима за спољашњи зид  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ , таваница изнад негријаног простора (кров)  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , међуспратна конструкција изнад негријаног простора (под) од  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  и за прозоре од  $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ , што директно смањује и инфилтрацију са  $0,6$ , на  $0,5 \text{ l/h}$ , Узорак 1 ће из енергетског разреда  $E$ , прећи у високи енергетски разред  $B$ , за три разреда више. У Правилнику о енергетским прегледима и енергетском сертификарању зграда Хрватске није наведено при обнови који се разред мора достићи, него да примјењене енергетски ефикасне мјере требају бити економски оправдане и оне су наведене у истоименом Правилнику. Према Правилнику о енергетском сертификарању објеката Федерације Босне и Херцеговине Узорак 1 ће из енергетског разреда  $D$ , прећи у енергетски разред  $A$  (Слика 94.).

Energetski razred	$Q'_{H,nd,ref}$ – специфична годишња потребна топлинска енергија за гријање за referentne klimatske podatke u kWh/(m <sup>2</sup> a)	Energetski razred	Specifična годишња потребна toplotna energija za grijanje u kWh/(m <sup>2</sup> a)
A+	≤ 15	A+	≤ 15
A	≤ 25	A	≤ 45
B	≤ 50	B	≤ 95
C	≤ 100	C	≤ 135
D	≤ 150	D	≤ 180
E	≤ 200	E	≤ 225
F	≤ 250	F	≤ 270
G	> 250	G	> 270

Слика 94. Приказ енергетских разреда за стамбене зграде, слика лијево према Правилнику о енергетским прегледима и енергетском сертификарању зграда Хрватске (доступно 10.06.2013. на сајту [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_07\\_81\\_1906.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html)), слика десно Правилник о енергетском сертификарању објеката Федерације Босне и Херцеговине (доступно 10.06.2013. године на сајту [http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_energetsko\\_certificiranje\\_objekata.PDF](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_energetsko_certificiranje_objekata.PDF))

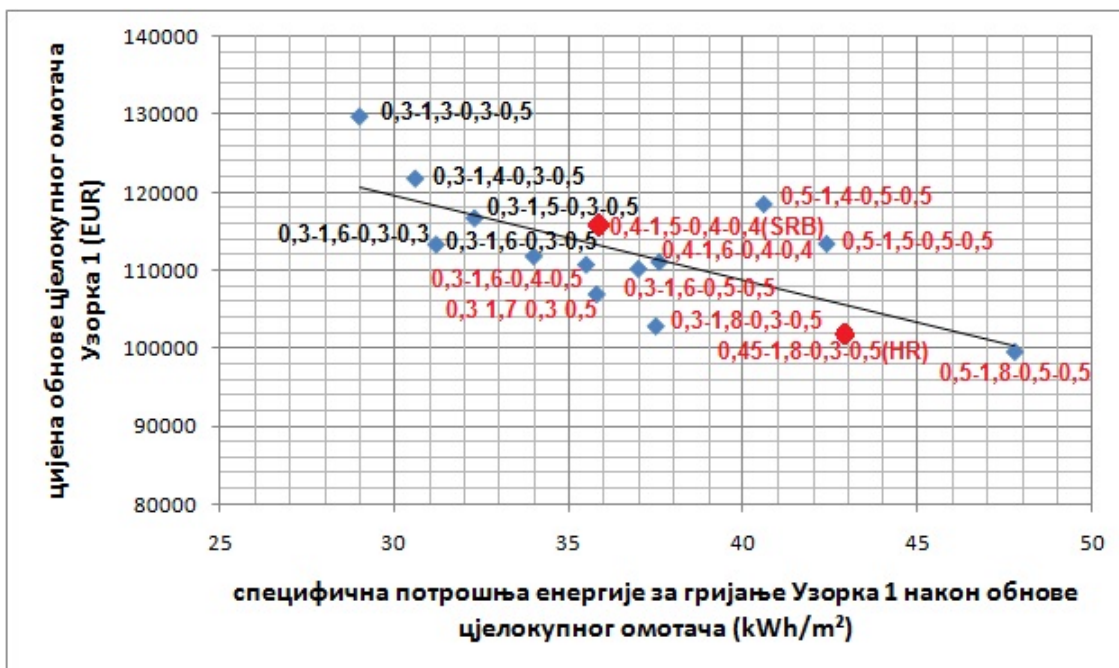
<sup>203</sup> Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту и рационалну употребу енергије, доступно 10.06.2013. године на страници [http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_energetsko\\_certificiranje\\_objekata.PDF](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_energetsko_certificiranje_objekata.PDF)

Мјерама, којима се поштују највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте, за спољашњи зид би се оствариле енергетске уштеде од 59,7 kWh/m<sup>2</sup>, видно на Графикону 89., што умањује пројектну специфичну потрошњу енергије за гријање за 36,3%, за кров 21,2 kWh/m<sup>2</sup> (12,9%), за под 8,25 kWh/m<sup>2</sup> (5%), за прозоре 24,74 kWh/m<sup>2</sup> (15%) и инфилтрација за 7,55 kWh/m<sup>2</sup> (4,6%).

Мјере енергетске ефикасности према дозвољеним коефицијентима пролаза топлоте за омотач зграде у односу на површине истих указују да се највећа енергетска уштеда само у једном случају оствари на спољашњем зиду (код хрватских прописа, ако се уштеде на смањењу инфилтрације расподијеле једнако на спољашње зидове и прозоре), ако би инфилтрацију додали само прозорима, највећа енергетска уштеда била би на прозорима. Дозвољени коефицијенти пролаза топлоте за омотач зграде у односу на површине истих према Правилнику Србије указују да се највеће енергетске уштеде остваре на прозорима.

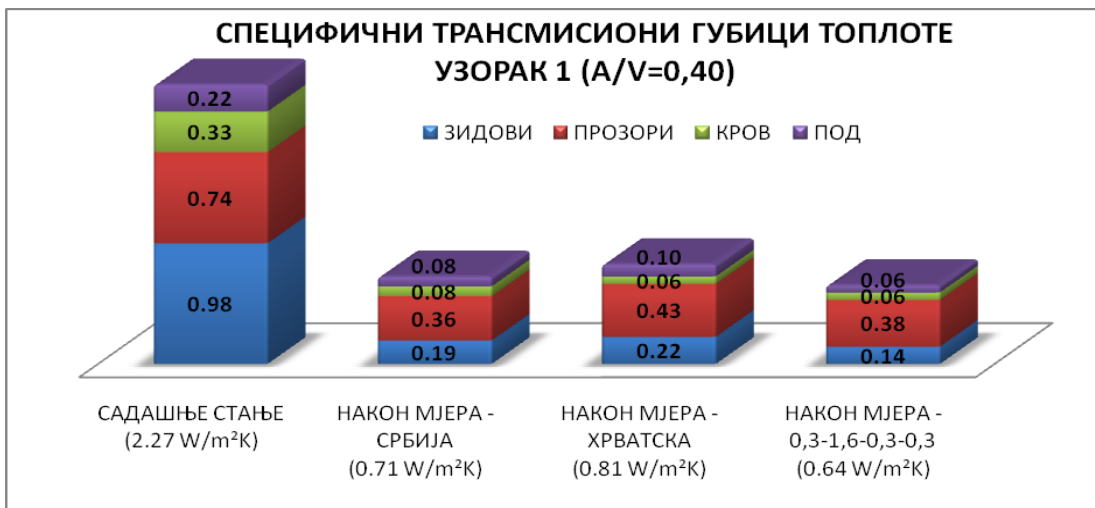
Ако код Узорка 1 примјенимо анализу према доступним, најадекватнијим материјалима и мјерама (цијенама мјера са ПДВ-ом при достизању одређених коефицијента пролаза топлоте дефинисаним у претходном поглављу 6.1), према захтјевима дозвољених вриједности коефицијената пролаза топлоте у Хрватској би при обнови Узорка 1 у односу на Србију уштедили за 13,8% уложених инвестиционих средстава (14.050 EUR), иако би примјењујући наведене захтјеве у Србији уштеда специфичне потрошње енергије за гријање била за 7,1 kWh/m<sup>2</sup> већа него у Хрватској, односно већа за ~20%. (Графикон 90.).





Графикон 90. Приказ односа специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 1 и цијене радова и материјала при обнови (са ПДВ-ом) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године). Редослијед бројева нпр. 0,4-1,5-0,4-0,4 означава допуштене вриједности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача, у  $W/m^2K$ , и то с лијева на десно редом, за: спољашњи зид-прозоре-кров (међуспратна таваница испод негријаног таванског простора)-под (међуспратна таваница изнад негријаног подрумског простора). Црвена боја бројева означава да поставка допуштених вриједности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача не може достићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде, док црна боја бројева означава да наведена поставка може постићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде.

Према хрватском пропису увођењем захтјева код већих обнова (више од 75% омотача) да се мора достићи и да је годишња потребна топлотна енергија за гријање по  $m^2$  у зависности од фактора облика зграде (за Узорак 1  $Q'_{H,nd}=61,6$   $kWh/m^2$ ) и трансмисиони губици топлоте у зависности од фактора облика зграде ( $H'_T=0,675$   $W/m^2K$ ). На Графикону 91. приказано је да Узорак 1 не може само са граничним (дозвољеним/максималним) вриједностима коефицијената пролаза топлоте достићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте (са  $U_{max}$  [ $W/(m^2K)$ ] достиже  $H'_T=0,81$   $W/m^2K$ , док према ригорознијим  $U_{max}$  [ $W/(m^2K)$ ] у Правилнику Србије достиже  $H'_T=0,71$   $W/m^2K$ ).

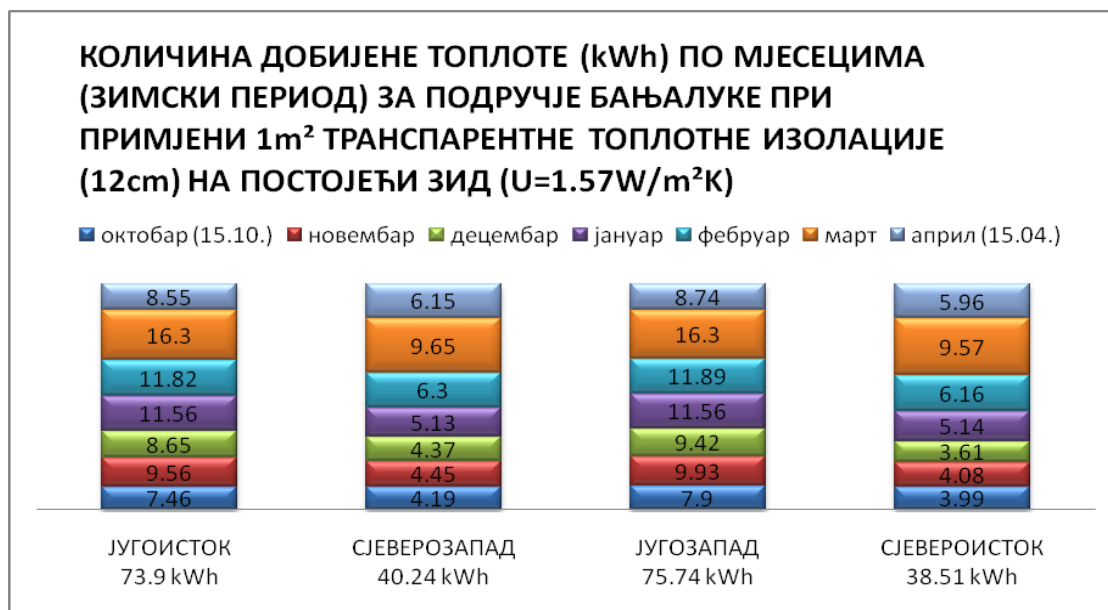


Графикон 91. Упоредни приказ садашњег стања специфичних трансмисионих губитака и стања какво би било након примјењених мјера обнове на омотачу Узорка 1

Енергетска и економска анализа према најдоступнијим мјерама (додавање топлотне изолације и замјена прозора према производима и материјалима доступним на тржишту БиХ), издефинисала је да је најповољнија поставка дозвољених вриједности коефицијената пролаза топлоте, који би задовољили и захтјев за трансмисионим губитком топлоте у односу на фактор облика зграде Узорка 1, требала бити  $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  за спољашњи зид,  $U=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  за отворе на омотачу (прозоре и балконска врата),  $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (за међуспратну конструкцију испод негријаног простора),  $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (за међуспратну конструкцију изнад негријаног простора)..

Анализа је указала да ако примјенимо све мјере на енергетској оптимизацији омотача (према достизању  $U_{max} [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$ ) Узорка 1, иако ригорозније мјере у Србији и свођење финалне специфичне потрошње енергије за гријање на  $35,8 \text{ kWh/m}^2$ , за разлику од Хрватске и Федерације БиХ гдје износи  $42,9 \text{ kWh/m}^2$ , у Србији енергетски оптимизована зграда, преко мјера достизања највећих дозвољених вриједности коефицијената пролаза топлоте за омотач зграде, припадала би енергетском разреду *C*, да би у Хрватској достигла енергетски разред *B*, а да би у Федерацији БиХ припадала енергетском разреду *A*.

При енергетској анализи Узорка 1 са примјеном транспарентне термоизолације<sup>204</sup> (дебљине 12cm) на парпетној зони према југоисточној оријентацији количина добијене топлоте у зимском периоду за 1 m<sup>2</sup> транспарентне изолације постављене на постојећи фасадни зид износи 73,9 kWh, према југозападу 75,74 kWh, према сјеверозападу 40,24 kWh и према сјевероистоку 38,51 kWh (Графикон 92.)



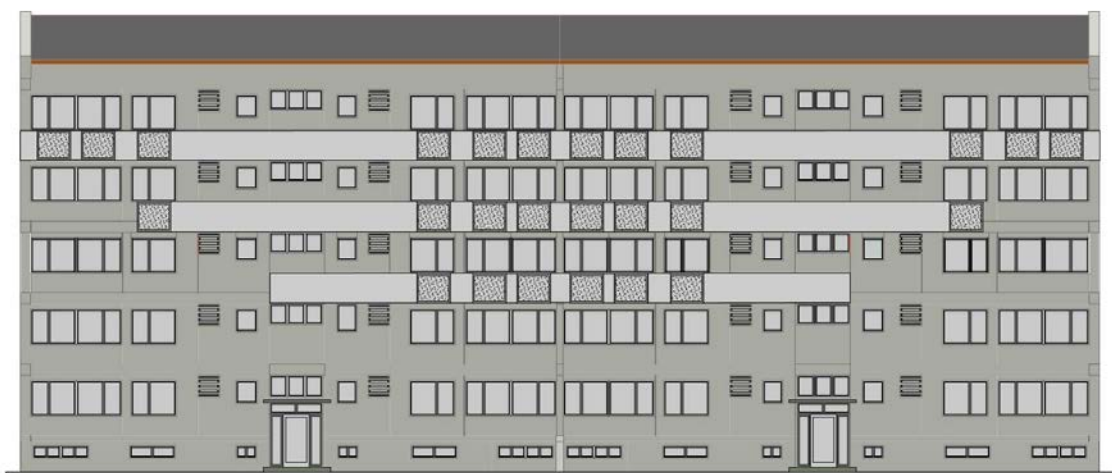
Графикон 92. Упоредни приказ количине добијене топлоте у kWh по мјесецима за зимски (гријни) период према оријентацији вертикалних дијелова омотача (фасадних зидова) репрезентативног узорка 1 при постављању 1m<sup>2</sup> транспарентне топлотне изолације дебљине 12cm на постојећи зид од опеке дебљине 25cm

На улазну фасаду оријентисану према југоистоку, према параметрима осунчаности, односно заклоњености од сусједних зграда, Слика 95а., могло би да се постави 26 панела транспарентне топлотне изолације димензија 100/120 cm који би били осунчани без сјене, Слика 95б., и с тим направили топлотне добитке (уштеду енергије) од 2306 kWh.

<sup>204</sup> Прорачун средњег мјесечног протока соларне топлоте преко нетранспарентних дијелова омотача зграде са транспарентном топлотном изолацијом контактне система StoSolar према табели 2.7.7-11 у Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 2.101



Слика 95а. Приказ осунчаности модела постојећег стања Узорка 1 (југоисточна фасада), слика лијево 22. децембар у 9 часова, слика десно 22. децембар у 13 часова



Слика 95б. Графички приказ могуће поставке панела транспарентне топлотне изолације на југоисточну фасаду репрезентативног узорка 1, према закљоњености узорка од сусједних зграда

Транспарентна топлотна изолација дебљине 12cm требала би да буде у истој равни са нетраспарентном топлотном изолацијом (12cm EPS-а чини  $U$ -кофицијент спољашњег зида  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) која се изводи на осталом дијелу постојећег омотача. При примјени најповољније поставке мјера (0,3-1,6-0,3-0,3) на унапређењу постојећег омотача специфична потрошња енергије за гријање износи  $31,2 \text{ kWh/m}^2$ . Ако се при истој поставци мјера за унапређење омотача додају и панели транспарентне термоизолације у парпетним зонама омотача ( $31,2 \text{ m}^2$ ), са  $U$ -кофицијентом од  $0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ , специфична потрошња енергије за гријање<sup>205</sup> би износила  $30,4 \text{ kWh/m}^2$ , што је за 2,6% нижа потрошња. Економска

<sup>205</sup> Програм ENSI EAB не може израчунати специфичну потрошњу енергије за гријање зграде примјеном транспарентне топлотне изолације, али програм ће указати колика је потрошња наведене енергије након примјене конвенционалних мјера. Површина зидова под транспарентном изолацијом третираће се, у програму, као зид са  $U$ -кофицијентом  $0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ , те са примјеном

анализа (цијена радова и материјала при обнови са ПДВ-ом на тржишту Босне и Херцеговине) указује да овакав вид енергетског унапређења омотача (31,2m<sup>2</sup> транспарентне термоизолације дебљине 12cm са осталим унапређењем омотача 0,3-1,6-0,3-0,3) кошта 128.454 EUR, док без транспарентне термоизолације са идентичним коефицијентима пролаза топлоте при унапређењу омотача износи 113.346 EUR, односно за 13,3% је скупље енергетско унапређење омотача са транспарентном термоизолацијом.

Упоредивањем овакавог вида унапређења омотача са транспарентном термоизолацијом са линијом тренда, односа специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 1 и цијене радова и материјала при обнови (са ПДВ-ом) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године), приказаном на Графикону 90., указаће да је неповољно унапређење, јер се налази у зони изнад линије тренда, односно за око 8% виши у односу на линију тренда на позицији гдје је специфична потрошња енергије за гријање износи 30,4 kWh/m<sup>2</sup>.

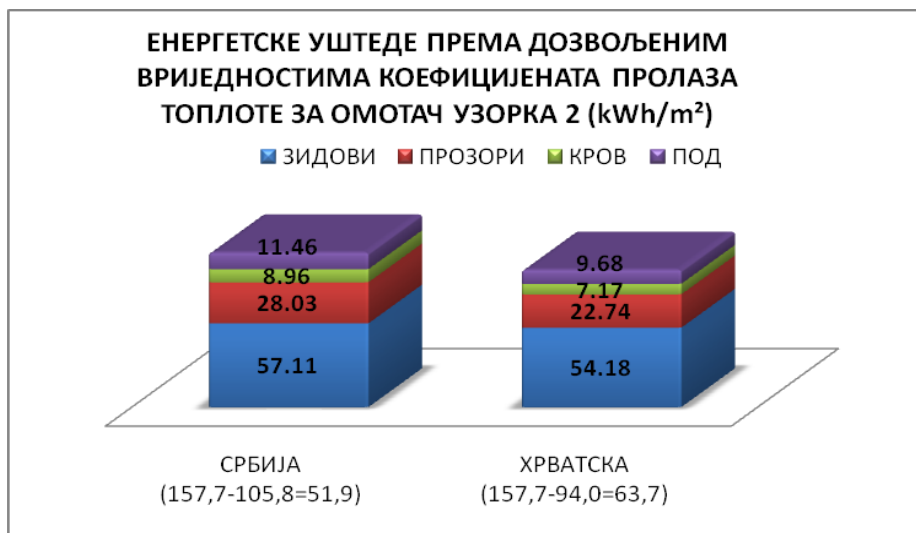
- Узорак 2 - Стамбена зграда просперитетне градње — насеље Борик

Код Узорка 2 према мјерама којима се поштују највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача, из Правилника о енергетској ефикасности зграда, важећим у Србији, пројектна специфична потрошња енергије за гријање узорка од 157,7 kWh/m<sup>2</sup>, била би сведена на 51,9 kWh/m<sup>2</sup>, односно зграда би трошила за око 67% мање енергије за гријање од садашње потрошње енергије. Према Правилнику о условима, садржини и начину издавању сертификата о енергетским својствима зграда, важећим у Србији, Узорак 2 ће из енергетског разреда *F*, прећи у енергетски разред *C*, за три разреда више, ако при обнови примјени све мјере на унапређењу омотача. Мјерама, којима се поштују

---

осталих површина омотача са коефицијентима пролаза топлоте 0,3-1,6-0,3-0,3, резултоваће потрошњу енергије за гријање зграде од 63797 kWh/год., што ће умањење, израчунато уз помоћ литературе и средњег мјесечног интензитета сунчевог зрачења према METEONORM-у за Бањалуку, од 2306 kWh/год. дати потрошњу од 61491 kWh/год., односно, на површину од 2025m<sup>2</sup>, специфичну потрошњу енергије за гријање од 30,36 kWh/m<sup>2</sup>. Наведена специфична потрошња енергије за гријање указује да динамички (ефективни) U-коефицијент за транспарентну топлотну изолацију према југоистоку има негативни предзнак, који такође није могуће унијети у програм ENSI EAB.

највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача, за спољашњи зид би се оствариле енергетске уштеде од 57,11 kWh/m<sup>2</sup>, видно на Графикону 93., што умањује пројектну специфичну потрошњу енергије за гријање за 36,2%, за кров 8,96 kWh/m<sup>2</sup> (5,68 %), за под 11,46 kWh/m<sup>2</sup> (7,26%) и за прозоре 28,03 kWh/m<sup>2</sup> (17,77%).



Графикон 93. Упоредни приказ енергетских уштеда водећи се граничним/дозвољеним вриједностима коефицијената пролаза топлоте карактеристичним за Узорак 2 према Правилнику о енергетској ефикасности Србије и Техничком пропису о рационалној упораби енергије Хрватске

Анализа је указала да се највеће енергетске уштеде, код Узорка 2, остваре на прозорима (однос површине спољашњег зида и прозора је 3,41, а однос уштеда ових мјера је 2,03), затим спољашњи зид, под и на крају кров (однос површина крова и пода је 1, а уштеда 1,28 у корист пода).

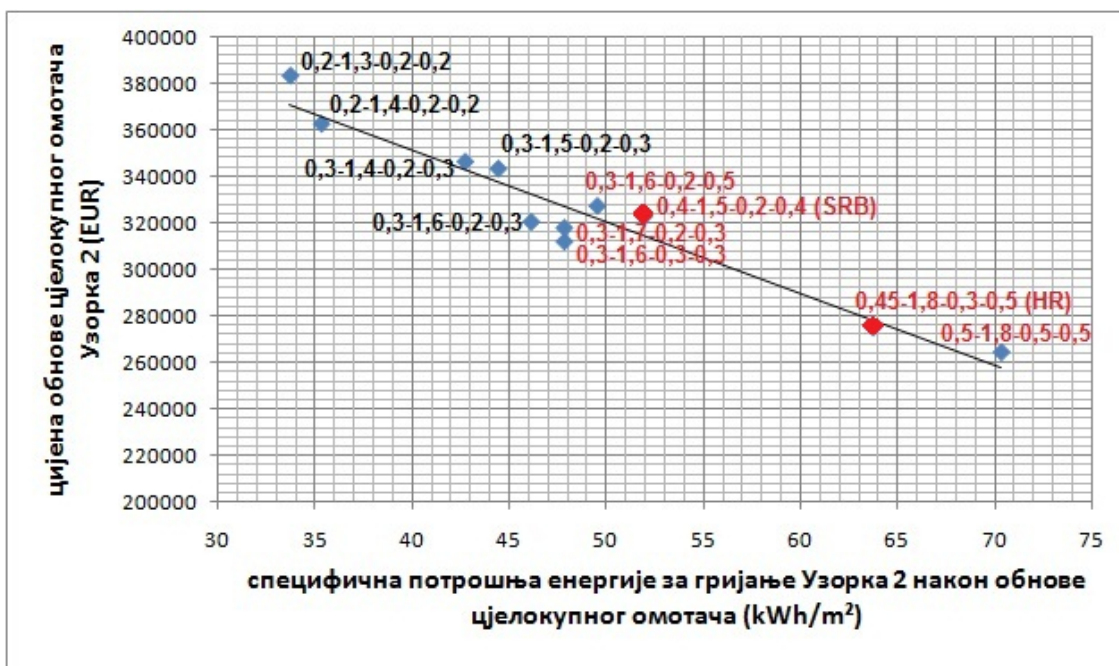
Према Правилнику Хрватске и Федерације БиХ, код Узорка 2 пројектна специфична потрошња енергије за гријање узорка од 157,7 kWh/m<sup>2</sup>, према мјерама енергетске ефикасности сведене само на параметре највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача, била би сведена на 63,7 kWh/m<sup>2</sup>. У Хрватској са енергетског разреда *E*, све мјере на унапређењу омотача Узорка 2 достигле би енергетски разред *C*, а у Федерацији Босне и Херцеговине са енергетског разреда *D* у енергетски разред *B*.

Мјере, којима се поштују највеће дозвољене вриједности коефицијента пролаза топлоте, за спољашњи зид би се оствариле енергетске уштеде од 54,18 kWh/m<sup>2</sup>, видно на Графикону 93., што умањује пројектну специфичну потрошњу енергије за

гријање за 35,35%, за кров 7,17 kWh/m<sup>2</sup> (4,5%), за под 9,68 kWh/m<sup>2</sup> (6,10%) и за прозоре 22,74 kWh/m<sup>2</sup> (14,42%).

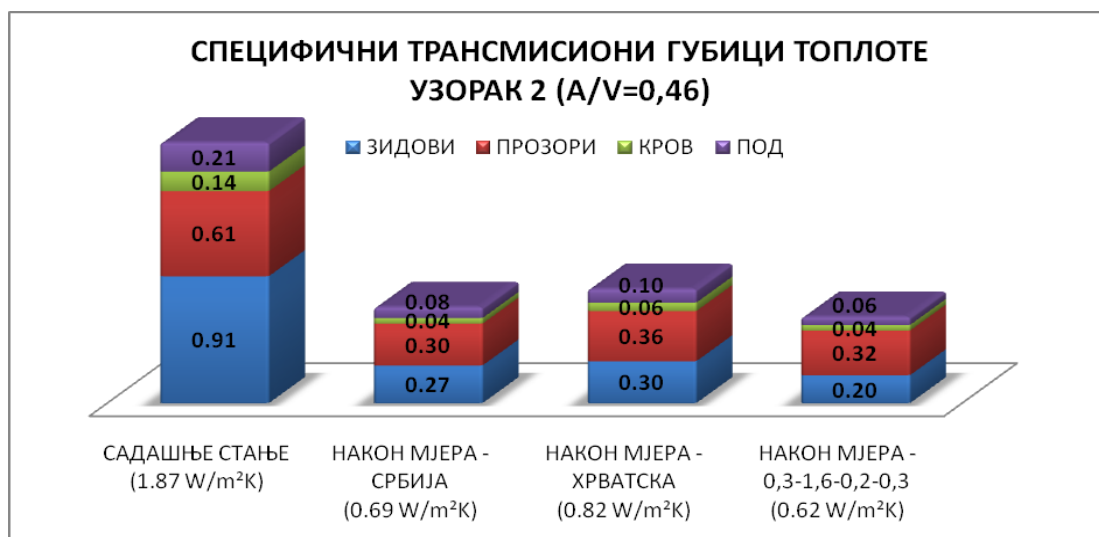
Мјере енергетске ефикасности према дозвољеним коефицијентима пролаза топлоте за омотач зграде у односу на површине истих указују да се највећа енергетска уштеда код Узорка 2 оствари на прозорима.

Ако код Узорка 2 примјенимо анализу према доступним, најадекватнијим материјалима и мјерама (цијенама мјера са ПДВ-ом при достизању одређених коефицијента пролаза топлоте дефинисаним у претходном поглављу 6.1), према захтјевима дозвољених вриједности коефицијената пролаза топлоте у Хрватској би при обнови Узорка 2 у односу на Србију уштедили за 17,4% уложених инвестиционих средстава (47.963 EUR), иако би примјењујући наведене захтјеве у Србији уштеда специфичне потрошње енергије за гријање била за 11,8 kWh/m<sup>2</sup> већа него у Хрватској, односно већа за ~23%. (Графикон 94.).



Графикон 94. Приказ односа специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 2 и цијене радова и материјала при обнови (са ПДВ-ом) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године). Редослијед бројева нпр. 0,4-1,5-0,2-0,4 означава допуштене вриједности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача, у W/m<sup>2</sup>K, и то с лијева на десно редом, за: спољашњи зид - прозоре - кров (раван кров изнад гријаног простора) - под (међуспратна таваница изнад негријаног подрумског простора). Црвена боја бројева означава да поставка допуштених вриједности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача не може достићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде, док црна боја бројева означава да наведена поставка може постићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте у зависности од фактора облика зграде.

Према хрватском пропису увођењем захтјева код већих обнова (више од 75% омотача) да се мора достићи и да је годишња потребна топлотна енергија за гријање по  $m^2$  у зависности од фактора облика зграде (за овај постојећи узорак  $Q'_{H,nd}=64,68 \text{ kWh/m}^2$ ) и трансмисиони губици топлоте у зависности од фактора облика зграде ( $H'_T=0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). На Графикону 95. приказано је да Узорак 2 не може само са граничним (дозвољеним/максималним) вриједностима коефицијената пролаза топлоте достићи захтјев за трансмисионим губитком топлоте (са  $U_{max} [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$  достиже према Србији  $H'_T=0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ , према Хрватској  $H'_T=0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).



Графикон 95. Упоредни приказ садашњег стања специфичних трансмисионих губитака и стања какво би било након примјењених мјера обнове на омотачу Узорка 2

Друга анализа према најдоступнијим мјерама (додавање топлотне изолације и замјена прозора према производима и материјалима доступним на тржишту БиХ), издефинисала је да је најповољнија поставка дозвољених вриједности коефицијената пролаза топлоте, који би задовољили и захтјев за трансмисионим губицима топлоте у односу на фактор облика зграде Узорка 2, према енергетској и економској уштеди, требала бити  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  за спољашњи зид,  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  за отворе на омотачу (прозоре и балконска врата),  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  (за раван кров изнад гријаног простора),  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (за међуспратну конструкцију изнад негријаног простора).



Енергетска оптимизација омотача према наведеним правилницима/прописима о енергетској ефикасности/рационалној употреби енергије указују да би Узорку 2 било неопходно промјенити/унаприједити фактор облика зграде (са 0,46 на 0,41), који би се у случају овог узорка могао ријешити помјерањем границе вертикалног омотача на спољашње стране лођа (застакљивање лођа и унапређење парапета лође до нивоа  $U_{max}$  [ $W/(m^2K)$ ] спољашњег зида, као и крова и пода око ових лођа).

Специфични трансмисиони губици топлоте у зависности од фактора облика зграде (0,41) не би смјели прећи  $0,66 W/m^2K$ .

Према Правилнику Србије енергетско унапређење цијелог омотача са застакљењем лођа (0,4-1,5-0,2-0,4) свело би специфичну потрошњу енергије за гријање до  $44,5 kWh/m^2$  са специфичним трансмисионим губицима топлоте од  $0,62 W/m^2K$ , док би према Пропису Хрватске (0,45-1,8-0,3-0,5) износило  $54,9 kWh/m^2$ , при томе да специфични трансмисиони губици топлоте не би задовољили граничну вриједност од  $0,66 W/m^2K$  ( $0,75 W/m^2K$ ).

При примјени најповољније поставке из друге анализе са коефицијентима пролаза топлоте (0,3-1,6-0,2-0,3) специфични трансмисиони губици топлоте износили би  $H'_{T=0,56 W/m^2K}$ .

Енергетска анализа указује да би Узорак 2 са застакљењем лођа са прозорима ( $1,6 W/m^2K$ ), унапређењем парапета са топлотном изолацијом ( $0,3 W/m^2K$ ), са задржавањем постојећих зидова ( $1,22 W/m^2K$ ) који окружују лође и прозора и балконских врата који су између унутрашње просторије и лође ( $3,10 W/m^2K$ ), као и унапређењем свих осталих спољашњих зидова ( $0,3 W/m^2K$ ), прозора ( $1,6 W/m^2K$ ), равног крова ( $0,2 W/m^2K$ ) и пода ( $0,3 W/m^2K$ ), свео потрошњу специфичне потрошње енергије за гријање<sup>206</sup> зграде на  $39,3 kWh/m^2$  са промјеном

---

<sup>206</sup> Програм ENSI EAB не може израчунати специфичну потрошњу енергије за гријање зграде примјеном мјере застакљења лођа. Неопходно је зграду третирати као нову са промјењеним фактором облика зграде, односно израчунати све површине омотача са примјеном коефицијената пролаза топлоте 0,3-1,6-0,2-0,3, док би се преко топлотног биланса (израчунавање површина и коефицијента пролаза топлоте који окружују лође и одређивања топлотних добитака кроз застаклене површине на лођи уз помоћ средњег мјесечног интензитета сунчевог зрачења према METEONORM-у и средњих мјесечних температура за Бањалуку) израчунала унутрашња температуру у лођама (ПРИЛОГ 3), те на основу тога одредити колика је просјечна температура у цијелој згради која се уноси програм и резултује специфичну потрошњу енергије за гријање зграде од  $39,3 kWh/m^2$ . У односу на постојећу зграду и потрошњу енергије за гријање зграде у основи

површине зграде на  $6800\text{m}^2$  (уштеда 73,1% у односу на  $157,7\text{ kWh/m}^2$ ), што је за 3,2% већа уштеда у kWh на годишњем нивоу ( $-726998\text{ kWh}$  – уштеда са застакљењем лођа,  $-703735\text{ kWh}$  - уштеда без застакљења лођа) него примјеном истих мјера (0,3-1,6-0,2-0,3) на унапређењу идентичне границе постојећег омотача ( $46,1\text{ kWh/m}^2$  са површином зграде  $6315\text{m}^2$ , уштеда од 70,76% у односу на  $157,7\text{ kWh/m}^2$ ). Економска анализа (цијена радова и материјала при обнови са ПДВ-ом на тржишту Босне и Херцеговине) указује да је овакав вид енергетског унапређења омотача (застакљење лођа према доступним, најадекватнијим материјалима – карактеристични типски прозори са унутрашњом кутијом за ролетну, пластичних оквира и ТИ стакла и изоловањем постојећег АБ парапета, као и унапређење осталог дијела омотача, као што је горе наведено, износи 314.454 EUR, што је за 2% нижа цијена од енергетског унапређења истих коефицијената пролаза топлоте идентичне границе постојећег омотача (320.800 EUR).

Упорјеђивањем овакавог вида унапређења омотача са застакљењем лођа са линијом тренда, односа специфичне потрошње енергије за гријање Узорка 2 и цијене радова и материјала при обнови (са ПДВ-ом) на тржишту Босне и Херцеговине (цијене из марта 2013.године), приказаном на Графикону 94., указаће да је унапређење повољно, јер се налази у зони испод линије тренда, односно за око 12% је ниже у односу на линију тренда на позицији гдје специфична потрошња енергије за гријање износи  $39,3\text{ kWh/m}^2$ .

Анализа енергетских уштеда створила је увид како би могла да изгледа поставка граничних/дозвољених коефицијената пролаза топлоте за омотач стамбених постојећих зграда, да би се испоштовао захтјев за специфичним трансмисионим губицима топлоте у односу на фактор облика зграде везано за стамбене зграде, који је идентичан у Њемачкој, Србији и Хрватској (у Хрватској

---

( $20^\circ\text{C}$ ) од  $994.556\text{ kWh/год.}$  ( $157,7\text{ kWh/m}^2$ ) застакљење лођа са прозорима са ролетном ( $1,6\text{ W/m}^2\text{K}$ ) и унапређењем парапета са топлотном изолацијом ( $0,3\text{ W/m}^2\text{K}$ ), а при томе да је остали омотач зграде задржао првобитно стање уз помоћ прорачуна указује да је разлика у потрошњи енергије за гријање  $132.825\text{ kWh/год.}$ , односно зграда би свела потрошњу енергије на  $861.731\text{ kWh/год.}$  ( $136,45\text{ kWh/m}^2$ ), односно умањила би се потрошња за око 13,3%. Овако велики постотак уштеде може се очекивати због достизања енергетски ниских коефицијента пролаза топлоте, примјењених мјера.

је наведено још и да је то ако је температура спољашњег ваздуха најхладнијег мјесеца на локацији зграде  $\leq 3^{\circ}\text{C}$ ), што указује да би се у зависности од климатских зона Босне и Херцеговине требао разврстати и захтјев за трансмисионим губицима, поготово ако знамо да су некад биле три климатске зоне.

Економска анализа укључена у овом поглављу обухватала је само цијену материјала и радова на извођењу понуђених мјера на подручју града Бањалука, да би се створио увид односа уштеде енергије и цијене примјењених мјера. Цијена мјере не представља цјеловиту економску анализу мјере, јер није сагледана преко укупних инвестиционих трошкова тих мјера, што ће бити представљено у наредном поглављу, као и анализа економске исплативости тих мјера.

### 6.3 Анализа економске исплативости одабраних мјера за дефинисање референтних модела обнове

У овом истраживању, енергетске оптимизације омотача репрезентативних узорака, при одабиру енергетски ефикасних мјера, анализа трошкова животног циклуса је погодна како у процјени профитабилности мјере/више мјера, тако и у упоређивању двије алтернативне мјере/више мјера. У оквиру овог поглавља економском анализом створиће се представа о најадекватнијој мјери/мјерама са енергетског и економског аспекта за репрезентативне узорке.

У претходном поглављу одабир адекватних материјала, као компоненти мјера, за енергетску оптимизацију омотача, водио се материјалима који чине основ топлотног комфора и енергетске ефикасности, као што су топлотна изолација од нетранспарентних/непровидних материјала (избор материјала за термоизолацију који имају и декларацију о утицају на животно окружење и који су доступни на тржишту Босне и Херцеговине), као и топлотна изолација од транспарентних/провидних материјала (врсте застакљења и квалитет стакла). Одабир мјера енергетске оптимизације омотача водио се енергетском анализом (нивоима смањења специфичне топлотне енергије за гријање зграде и цијене коштања примјењених мјера), која ће се у овом поглављу рангирати мјере економском анализом преко трошкова животног циклуса (LCC) мјере уз помоћ ENSI Economy Software.

Анализа ће указати на најисплативију мјеру (економска исплативост мјере) или пакет мјера које ће издефинисати коначне референтне моделе репрезентативних узорака.

Након тога одабране мјере енергетске оптимизације омотача репрезентативних узорака приказаће се у виду техничких рјешења карактеристичних детаља.

Анализа трошкова животног циклуса је економска метода оцјене пројекта зграде у којој се узимају у обзир сви трошкови који се јављају од фазе настанка/пројектовања, преко изградње, одржавања, употребе, посједовања зграде

до њеног уклањања.<sup>207</sup> У овој анализи трошкови настали у различито вријеме дисконтују се на њихову садашњу вриједност. LCC метода обезбјеђује бољу процјену дугорочне исплативости мјере/мјера него друге економске методе које су фокусиране само на почетне инвестиционе трошкове и оперативне трошкове у првој години.

Према EN SI-ју LCC за сваку врсту зграде (стамбену и јавну) се израчунава у складу са формулом:

$$LCC = I_0 + \sum_{j=1}^n I_j \cdot (1+r)^{-j} + \sum_{i=1}^n (A_i + O_i + M_i + C_i + Cl_i + S_i) \cdot (1+r)^{-i} \pm Res \cdot (1+r)^{-n}$$

гдје је:

$I_0$  - почетно улагање, у 0 години

$I_j$  – накнадно улагање (трошкови замјене елемената) у одређеној години  $j$  од завршетка пројекта (нпр. енергетске оптимизације омотача)

$A_i$  – трошкови администрације (управљање изградњом, администрација, осигурање, порези и остале накнаде)

$O_i$  – оперативни трошкови (функционисање, употреба зграде)

$M_i$  – трошкови одржавања

$C_i$  – потрошачки трошкови (енергије, воде, одлагање отпада)

$Cl_i$  – трошкови чишћења

$S_i$  – трошкови сервисирања (активности на подржавању основне дјелатности)

$Res$  – заостала вриједност (трошкови уклањања (+) или буџетски приход-порез (-) ако се зграда или опрема продаје, у години  $n$  од почетка пројекта )

$r$  – есконтна/дисконтна стопа

$n$  – анализирани период и/или прогнозирани животни вијек

Ако су оперативни трошкови једнаки из године у годину, онда формула гласи:

$$LCC = I_0 + \sum_{j=1}^n I_j \cdot (1+r)^{-j} + \sum_{i=1}^n M_i \cdot (1+r)^{-i} + (A + O + C + Cl + S) \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \pm Res \cdot (1+r)^{-n}$$

---

<sup>207</sup> ISO 15686-5:2008 - Buildings and constructed assets -- Service-life planning -- Part 5: Life-cycle costing

Најнижи трошкови животног циклуса указују на најпрофитабилнију мјеру или рјешење. Ако анализа има дужи период од економског вијека трајања система или мјере<sup>208</sup>, накнадне инвестиције морају бити урачунате у заданој формули. Технички/физички вијек трајања мјере је два до три пута виши од економског вијека трајања мјере (нпр. нови рачунар има технички вијек трајања 7-10 година док економски вијек трајања износи 3 године, јер након 3 године доступни софтвери захтјевају за боље рачунаре у смислу ефикаснијег кориштења). Економски вијек трајања појединих елемената који су везани за енергетску оптимизацију омотача сагледан је из енергетски ефикасних пројеката Норвешке<sup>209</sup> и Њемачке<sup>210</sup> (Табела 30.).

Табела 30. Економски вијек трајања појединих мјера и/или елемената омотача зграда према Интерном документу ENSI-ја из 2008. године под називом Profitability Calculations и Giebelер, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009., стр. 23.

КОМПОНЕНТЕ ОМОТАЧА ЗГРАДЕ	НОРВЕШКА		ЊЕМАЧКА	
	ЖИВОТНИ ВИЈЕК ( у годинама)			
		мин.	макс.	
омотач зграде у цјелини	30	20	60	
изолација	30			
прозори	30	25	40	
термоизолационо стакло		20	35	
заптивна маса	5			
равни кровови		20	40	
коси кровови		40	60	
завршни слој на фасади		30	60	

У Руској Федерацији процјењена дуговјечност уграђених материјала који су најчешћи елементи омотача су 15 година за минералну вуну и 12 година за експандирани полистирен.<sup>211</sup> Према њемачкој федералној агенцији за околину, међу главним параметрима за процјену животног циклуса материјала (LCA) је и трајност материјала<sup>212</sup> (Табела 31.), параметар који се појављује у литератури, али који је такође виши у поређењу са економским вијеком трајања.

<sup>208</sup> EN 15459:2007, Energy performance of buildings. Economic evaluation procedure for energy systems in buildings. Annex A economic lifetime for selected components in energy systems.

<sup>209</sup> Интерни документ ENSI-ја из 2008. године под називом Profitability Calculations

<sup>210</sup> Giebelер, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009., стр. 23.

<sup>211</sup> Тодоровић М., Богнер М., Денић М., *О изолацији*, Београд: ЕТА, 2012. стр.44-49.

<sup>212</sup> Подаци добијени уз помоћ рачунарског програма, а кориштењем инвентарних анализа израчунатих на бази теоретских средстава производње између 1990. и 1999.године на Универзитету Баухаус у Ваимару и Универзитету у Карлсруеу и базирани су на изворима као што

Табела 31. Трајност појединих материјала и/или елемената омотача зграда према Hegger M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel: Birkhäuser, 2008. стр.262-267.

КОМПОНЕНТЕ ОМОТАЧА ЗГРАДЕ	ТРАЈНОСТ (година)	КОМПОНЕНТЕ ОМОТАЧА ЗГРАДЕ	ТРАЈНОСТ (година)
термоизолационо стакло	50	керамички цријеп	50
кречно-цементни малтер	80	цементно-влакнасте плоче	40
гипсани малтер	80	ливени бетон	≥80
земљани малтер - глина	80	битуменско платно са шљунком	25-30
кречно-цем. малтер са експандираним перлитом	60	EPDM платно са шљунком	25-35
фасадни систем ETICS - EPS и креч.-цем. малтер	30	армирани-бетон	70-100
		калцијум-силикатна опека	90-100
		гипскартонска плоча	90
EPS - експандирани полистирен	30	вертикално ошупљена	
XPS - екструдирани полистирен	30	керамичка опека	90-100
PUR - полиуретан	30	глинена сушена опека	70-90
ICB - плуто	40-60	лаки бетонски блокови	70-90
WW-C - дрвено-вунена плоча	30-50	лаки преградни зид - дрво и вуна	40-60
WF - плоча од дрвених влакана	20-50	епоксидни малтер - водонепропусни	80
CG - ћелијасто стакло	100	суво синтетичко платно са битуменом	80
CS - калцијум-силикатна плоча	40		
MW - минерална вуна	30-50		
целулоза као испуна	35-50		

Трајност представља временски период у којем грађевински материјал може одржати своју употребну функцију у примјени за коју је намијењен независно од различитих утицаја, те можемо рачунати да је то технички/физички вијек трајања материјала. Сумирајући све ово горе наведено нпр. термоизолационо стакло када чини застакљење прозора има трајност која је процјењена на 25 до 40 година, док термоизолационо стакло као засебна јединица има вијек трајања од 20 до 35 година. Према литератури термоизолационо стакло има трајност од 50 година, док европске норме EN 1279<sup>213</sup> наводе да мора обезбједити трајање од 25 година, при обновама зграда у Њемачкој је утврђено да таква врста застакљења има вијек трајања од 20-35 година.

При анализи двије алтернативне мјере у обзир се мора узети исти период. Наравно при таквој анализи параметри мјера за које се поједини трошкови могу искључити су трошкови администрације, чишћења и одржавања. Процјена

је база података Ecoinvent (Швицарског федералног института за технологију) објављени прво у: Hegger, M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T., *Construction Materials Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006., а затим у: Hegger M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel: Birkhäuser, 2008. стр.262-267.

<sup>213</sup> EN 1279-5:2005 - Glass in buildings – insulating glass units

економског вијека трајања мјера на омотачу је 30 година и са тим временским периодом биће изанализиране све мјере.

Укупни инвестициони трошкови мјере нису само материјали или компоненте него сви трошкови који укључују: планирање и пројектовање, надзор, монтирање/инсталирање компоненти (уградња материјала), контрола и тестирање, састављање документације, други трошкови и порез - ПДВ.

Укупна инвестиција без ПДВ-а има расподјелу да се на материјал (компоненте) и уградњу (инсталирање) односи 81,5%, на пројектовање/планирање 9%, на надзор 4%, на контролу и тестирање 2%, на пројектну документацију изведеног стања 2% и на остале трошкове 1,5%.<sup>214</sup> Ако изузмемо материјал и уградњу, сви остали трошкови чине 18,5% од укупне цијене инвестиције без ПДВ-а. Придржавајући се понуђених постотака за све наведене трошкове код укупне инвестиције, узимајући у обзир цијену материјала и уградње без ПДВ-а и израчунавајући остале трошкове сходно тој цијени, укупна инвестиција је за 22,7% више цијене него што је сам материјал и уградња. Нпр. код Узорка 1 за достизање коефицијента пролаза топлоте од 0,30 W/m<sup>2</sup>K за спољашњи зид цијена материјала са уградњом износи 26 379 EUR, ако изузмемо ПДВ од 17%, цијена износи 22546 EUR, што чини 81,5% укупне инвестиције. Укупна инвестиција без ПДВ-а износи 27664 EUR (18,5% је 5118 EUR), док је са ПДВ-ом 32366 EUR (Табела 32.).

Табела 32. Приказ укупних инвестиционих трошкова мјере према ENSI-ју  
ИЗОЛОВАЊЕ СПОЉАШЊЕГ ЗИДА УЗОРКА 1 (мјера U=0,30 W/m<sup>2</sup>K)

пројектовање/планирање	9,00%	2490	€
надзор	4,00%	1107	€
материјал и уградња	81,50%	22546	€
контрола и тестирање	2,00%	553	€
пројекат изведеног стања	2,00%	553	€
други трошкови	1,50%	415	€
ИНВЕСТИЦИЈА БЕЗ ПДВ-а		27664	€
ПДВ	17,00%	4702	€
УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА		32366	€

Укупна цијена инвестиције мјере порасла је за 22,7% у односу на сам материјал и уградњу мјере. Расподјела постотака у укупним инвестиционим трошковима,

<sup>214</sup> Расподјела инвестиционих трошкова према ENSI-ју за изоловање спољашњег зида.



може да зависи од политике пословања грађевинских предузећа<sup>215</sup>, као и чињеница да на тржишту Босне и Херцеговине нити једној грађевини није вршен тест, нити контрола омотача, тако да би успостављање правилних постотака требао бити један од праваца будућих истраживања.

У случају предметног истраживања, на тржишту Босне и Херцеговине није изведена нити цијена енергетског аудита/прегледа по  $m^2$ . Цијене варирају у Европској унији, поједине земље су наводиле цијене у оквиру извјештаја планираних/договорених акција на имплементацији EPBD-а у земљама чланицима Европске уније и неким будићим чланицама подржани од Европске комисије кроз акцију Intelligent Energy Europe<sup>216</sup>, док ENSI указује да цијена зависи од детаљности и сложености аудита, те да се креће од 0,5-1,0 EUR/ $m^2$ .

Енергетски аудит као еквивалент енергетском сертификату подразумјева израчунавање потрошње енергије за гријање, израчунавање примарне потрошње укупне енергије зграде и израчунавање емисије угљендиоксида у атмосферу, као и приједлог економски исплативих мјера на унапређењу енергетске ефикасности зграде. Енергетски сертификат не подразумјева постојећу и планирану техничку документацију.

Нпр. ако узмемо у обзир да су предметни узорци стамбене зграде и да се над оба узорка могу извести типске цјелине, са цијеном од 0,5 EUR/ $m^2$ , у случају Узорка 1 процјена је да би енергетски сертификат требао коштати око 500 EUR за цијелу зграду, а у случају Узорка 2 око 1260 EUR за цијелу зграду.

У овом истраживању анализа економске исплативости мјера водиће се кроз двије анализе, анализом инвестиционих трошкова везаним само за материјал и уградњу мјера на обнови цијелог омотача, као и анализом укупних инвестиционих трошкова мјера на обнови цијелог омотача, уз помоћ ENSI Economy Software. Осим упоредног приказа пакета мјера на обнови цијелог омотача према различитим достизањима коефицијента пролаза топлоте, приказаће се и рангирање у исплативости појединачних мјера на омотачу према законским регулативама везаним за енергетску ефикасност Србије, Хрватске и предложених

---

<sup>215</sup> Према грађевинском предузећу „Крајина“ Бањалука у стамбеној изградњи за планирање/пројектовање предвиђено је око 7%, за надзор од 1-3% у зависности од сложености пројекта, итд.

<sup>216</sup> <http://www.epbd-ca.eu/country-information>

мјера према коефицијентима пролаза топлоте везаним за омотач узорак наведеним у претходном поглављу.

ENSI Economy Software у свом економском прорачуну укључује три главна елемента: нето уштеду у новцу на годишњем нивоу, инвестиционе трошкове (улагање) и профитабилност - Payback и NPVQ.

Према ENSI Economy Software израчунавање профитабилности прецизније је ако се рачуна и методама: Pay-off, нето садашњом вриједности - Net Present Value (NPV) и интерном стопом приноса - Internal Rate of Return (IRR). При срачунавању уштеде новца за сваку мјеру, при самом прорачуну, важно је користити тачну цијену енергије/енергента (одговара припадајућем енергенту). На примјер, ако мјера прави уштеду енергије добијене преко градског централног гријања, садашња цијена централног гријања треба бити узета у прорачун уштеде у новцу.

У односу на укупне инвестиционе трошкове (улагања) за сваку мјеру и у односу на уштеду у новцу коју та мјера доноси, прорачунава се профитабилност мјера - Payback и NPVQ.

Када се мјере рангирају најчешће се користи квоцијент нето садашње вриједности - Net Present Value Quotient (NPVQ).

Додатни економски прорачун може процјенити исход у односу на могуће промјене каматне стопе, релативно увећање цијене енергије.

Оцјена инвестиција (енергетски ефикасних мјера) према Интернационалној агенцији за енергију ENSI Norway врши се прорачуном<sup>217</sup>:

- Payback (PB),
- нето садашње вриједности - Net Present Value (NPV),
- квоцијента нето садашње вриједности - Net Present Value Quotient (NPVQ),
- Pay-Off (PO) и
- интерне стопе приноса (рентабилности)- Internal Rate of Return (IRR).

Ове методе су засноване на дисконтној (садашњој) цијени и параметри који се користе за њихов прорачун су:

- инвестициони трошкови (улагање) – investment –  $I_0$ ,
- годишња нето уштеда – annual net savings –  $B$ ,

---

<sup>217</sup> MATERIALS ON ENERGY AUDITING OF BUILDINGS: PROFITABILITY CALCULATION, ENSI® 2008 – Copyright, page 8-13

- економски животни вијек (трајање) – economic lifetime – n,
- стварна дисконтна стопа – real discount rate –  $r \cdot 100$

**Метода Payback (PB)** је вријеме враћања (отплате) почетног улагања заснован на једнаким годишњим нето уштедама ( $B_1=B_2=\dots=B_n$ ):

$$\text{Payback (PB)} = \frac{\text{Investment}}{\text{Annual net saving}} = \frac{I_0}{B} \text{ [year]}$$

Ако је Payback више година него економски животни вијек мјере, мјера није профитабилна.

Метода Payback је корисна код брзих прорачуна, али има и ограничења:

- треба бити кориштена када је ниска стварна дисконтна стопа,
- треба бити кориштена за Payback нижи од 4-5 година,
- метода не познаје вриједност годишњих уштеда након Payback периода.

**Метода Net Present Value (NPV)**, односно метода нето садашње вриједности је дисконтовање будућих годишњих уштеда, прилива и одлива новца на одређени временски тренутак.

NPV мјере (пројекта) је када се од садашње вриједности свих будућих годишњих уштеда у току економског животног вијека одузме иницијално (почетно) улагање:

***Net Present Value (NPV) = Discounted value of net savings – Investment***

Критеријум профитабилност је да је  $NPV > 0$ .

Ако су годишње уштеде различите сваке године ( $B_1 \neq B_2 \neq \dots \neq B_n$ ), NPV ће се бити:

$$NPV = \left( \frac{B_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+r)^n} \right) - I_0$$

У многим пројектима уштеде су симулиране да буду једнаке сваке године ( $B_1=B_2=\dots=B_n$ ) при чему ће NPV бити једнако:

$$NPV = B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} - I_0$$

Дисконтовање будућих уштеда (зарада) садашњом вриједношћу није исто као подешавање њихових будућих вриједности на основу опште инфлације. Чак и

када су уштеде изражајне у константној вриједности, морају бити дисконтване са стварном дисконтном стопом да би дале снижену временску вриједност новца.

Квоцијент нето садашње вриједности - **Net Present Value Quotient** (NPVQ) је однос између нето садашње вриједности и укупног улагања:

$$\text{Net Present Value Quotient} = \text{NPVQ} = \frac{\text{NPV}}{I_0}$$

Највиши NPVQ наговјештава најпрофитабилнију мјеру. NPVQ се користити за рангирање енергетски ефикасних мјера.

**Метода Pay-Off** (PO) је вријеме потребно за отплату улагања с обзиром на стварну дисконтну стопу. То подразумијева колико је година потребно да би NPV било једнако нули:

$$\text{NPV} = B \cdot \frac{1 - (1+r)^n}{r} - I_0 = 0$$

Метода интерне стопе приноса - **Internal Rate of Return** (IRR) је када каматна стопа изједначи нето садашњу вриједност прилива и одлива новца (cashflow) за вријеме трајања економског животног вијека пројекта (мјера). IRR је дисконтна стопа која изједначава нето садашњу вриједност са нулом.

$$\text{NPV} = \sum_{i=1}^p \frac{(B_i - I_i)}{(1+r)^i} - I_0 = 0$$

Economy Software функционише на принципу горе наведених метода за израчунавање профитабилности мјера. Програм рангира енергетски ефикасне мјере према квоцијенту нето садашње вриједности – NPVQ.

Наведени рачунарски програм израчунава стварну каматну стопу приликом уношења номиналне каматне стопе и стопе инфлације. Према подацима Свјетске банке процјењена номинална каматна стопа за Босну и Херцеговину је 7,6% (просјек од 2008. до 2011. године), да би за Србију износио 15,6%, за Хрватску 10,5%, а нпр. за Швајцарску исти тај период око 2,9%.<sup>218</sup> За исти просјек од 2008. до 2011. године подаци свјетске банке показују да је стопа инфлације за Босну и Херцеговину 3,2%<sup>219</sup>, за Србију 9,4%, за Хрватску 3%, док је за Швајцарску 0,7%.

<sup>218</sup> <http://data.worldbank.org/indicator/FR.INR.LEND>

<sup>219</sup> <http://search.worldbank.org/data?qterm=inflation+rate+Bosnia+and+Herzegovina&language=EN&format=>

Стварна каматна стопа за Босну и Херцеговину је 4,3%, за Србију 5,7%, за Хрватску 7,3%, док је у Швајцарској 2,2%.

Цијена топлотне енергије за финалне стамбене потрошаче, на подручју Бањалуке, од новембра 2005. године до јануара 2011. године износила је 0,056 EUR/kWh, да би од јануара 2011. године закључно са јуном 2013. године износила 0,068 EUR/kWh, што је за око 21% виша цијена. Цијена електричне енергије на подручју Бањалуке за стамбене потрошаче са ПДВ-ом у зимском (гријном) периоду износи око 0,077 EUR/kWh, што је за 13% виша цијена од топлотне енергије.<sup>220</sup> У Европској унији цијена електричне енергије, нпр. у Финској је 0,1313 EUR/kWh, у Њемачкој 0,2511 EUR/kWh, у Словенији 0,1422 EUR/kWh<sup>221</sup>, је скоро дупло виша него у Републици Српској (0,077 EUR/kWh).

Интересантан је и податак да ће у Француској, имплементацијом енергетских пројеката цијена соларног градског гријања у предграђу Тулуза износити око 0,06 EUR/kWh<sup>222</sup>, што ако упоредимо са цијеном топлотне енергије градског гријања за крајње потрошаче у стамбеним зградама у Бањалуци представља цијену која је између цијене топлотног гријања прије и након јануара 2011. године. Чињеница да је цијена топлотне енергије у Европској унији преко обновљивог извора енергије (соларног зрачење) за 13% нижа од цијене топлотне енергије у Бањалуци након јануара 2011. године, те под претпоставком да би у будућности могла и да се одржи преласком на исти обновљиви извор енергије што чини допринос на глобалном нивоу (директно смањење штетних утицаја емисије CO<sub>2</sub>), указује да економска анализа исплативости мјера на обнови омотача са тренутном цијеном (цијене инвестиције и будуће енергетске уштеде) може се и будућности очекивати и да је треба као такву узети у економску анализу.

Иако се топлотна енергија за постојеће стамбене зграде у Бањалуци, које немају мјерач протока, наплаћује по m<sup>2</sup>, анализа и процјена потрошње топлотне енергије узорака указала је и потврдила да према пројектној унутрашњој температури станова која није забиљежена нити у једном узорку, садашња цијена

---

<sup>220</sup> Цијена изведена на основу просјечне цијене електричне енергије у зимском периоду од 0,105 KM/kWh (AVT 0,1410KM/kWh и AMT 0,0705KM/kWh), затим обрачунате снаге од 5,20kWh по цијени од 2,0352KM за сваког потрошача, накнада за обновљиве изворе електричне енергије од 0,0018KM и ПДВ од 17%.

<sup>221</sup> <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/energy-efficiency-status-report-2012.pdf>

<sup>222</sup> <http://solarthermalworld.org/content/france-solar-district-heating-energy-costs-around-006-eurkwh>

kWh је просјечно и нижа него што би требала бити, ако посматрамо наплату према  $m^2$ . Предметни узорци су показали да ако би се наставила наплата по  $m^2$  (при цијени према мјерењу од 0,068 EUR/kWh) морала би цијена бити дефинисана према удаљености насеља од централног постројења „Топлане“. Корисници Узорка 1 су за 3,6% плаћали вишу цијену него што би била преко мјерача протока – калориметра, док су корисници Узорка 2 за 21,6% требали имати увећану цијену него што им је наплаћена, јер им је и температура била за 2,3°C виша од пројектне.

Предметно истраживање економске исплативости мјере/мјера водиће се сценаријем цијене топлотне енергије за стамбене потрошаче, која у задње три године (2011-2013) на подручју града Бањалука износи 0,068 EUR/kWh.

Осим тога као што је горе наведено истраживање ће се водити и кроз двије анализе цијена везаним за инвестиционе трошкове мјере/мјера на обнови цијелог омотача, из разлога што цијена на укупним инвестиционим трошковима је виша за 22,7% и могла би се као таква очекивати да је у Европској унији при обнови постојећих зграда, а да се може очекивати код нас након доношења Правилника о енергетској ефикасности. Неопходно је и посматрати инвестиционе трошкове само кроз цијену материјала и уградње са ПДВ-ом, какву би сами корисници зграде могли добити као заједница етажних власника на подручју Бањалуке, јер сами унапређују омотач без документације и доказа о потрошњи енергије прије и након извођења мјера (као што је био случај са појединачним измјенама прозора или застакљивањем лођа) и што би за економске услове у Републици Српској, па и Босни и Херцеговини, представљао приближнији приказ економске исплативости мјера на унапређењу омотача постојеће стамбене изградње.

Енергетска оптимизација цијелог омотача Узорка 1, ако посматрамо само материјал и уградњу са ПДВ-ом, према мјерама у Србији имала би период отплате уложених средстава за 6,6 година (Pay-off 7,9 година), у Хрватској 6,1 година (Pay-off 7,2 година), а према предложеним мјерама 6,2 године (Pay-off 7,3 година). Док би енергетска оптимизација цијелог омотача, ако посматрамо улагање и нето

уштеде, према укупној инвестицији у Србији би имало период отплате од 8,0 година (Pay-off 10,1 година), у Хрватској 7,5 (Pay-off 9,5 година), а према предложеним мјерама 7,4 године (Pay-off 9,1 година) - Табела 33.

Табела 33. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 1, кроз табеларни приказ исплативости појединачних мјера и свих мјера заједно

УЗОРАК 1											
0,4-1,5-0,4-0,4 (према мјерама у Србији)											
МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
улагање	нето уштеда		Payback	NPVQ	улагање	нето уштеда		Payback	NPVQ		
€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,56	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,08		
ЗИД	25973	124315	8450	3,1	4,45	ЗИД	31869	124315	8450	3,8	3,44
ПРОЗОР	74490	76495	5200	14,3	0,17	ПРОЗОР	91399	76495	5200	17,6	-0,05
КРОВ	11902	39644	2700	4,4	2,8	КРОВ	14604	39644	2700	5,4	2,1
ПОД	3622	19859	1350	2,7	5,24	ПОД	4444	19859	1350	3,3	4,09
УКУПНО*	115987	260313	17700	6,6	Pay-off 7,9	УКУПНО*	142316	260313	17700	8,0	Pay-off 10,1
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						
0,45-1,8-0,3-0,5 (према мјерама у Хрватској)											
МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
улагање	нето уштеда		Payback	NPVQ	улагање	нето уштеда		Payback	NPVQ		
€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,75	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,24		
ЗИД	25255	120900	8220	3,1	4,45	ЗИД	30988	120900	8220	3,8	3,44
ПРОЗОР	60645	65390	4450	13,6	0,23	ПРОЗОР	74411	65390	4450	16,7	0
КРОВ	12982	42941	2920	4,5	2,77	КРОВ	15929	42941	2920	5,5	2,07
ПОД	2875	16705	1140	2,5	5,64	ПОД	3528	16705	1140	3,1	4,41
УКУПНО*	101757	245936	16730	6,1	Pay-off 7,2	УКУПНО*	124856	245936	16730	7,5	Pay-off 9,5
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						
0,3-1,6-0,3-0,3 (према предложеним мјерама)											
МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
улагање	нето уштеда		Payback	NPVQ	улагање	нето уштеда		Payback	NPVQ		
€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,71	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,26		
ЗИД	26379	131473	8940	3	4,68	ЗИД	32367	131473	8940	3,6	3,63
ПРОЗОР	69615	72577	4940	14,1	0,19	ПРОЗОР	85418	72577	4940	17,3	-0,03
КРОВ	12982	42732	2910	4,5	2,76	КРОВ	12980	42732	2910	4,5	2,76
ПОД	4370	23004	1560	2,8	4,98	ПОД	5362	23004	1560	3,4	3,87
УКУПНО*	113346	269786	18350	6,2	Pay-off 7,3	УКУПНО*	136127	269786	18350	7,4	Pay-off 9,1
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						

Однос цијена самог материјала и уградње са ПДВ-ом и цијене укупне инвестиције предложених мјера указује, да при истој цијени топлотне енергије од 0,068 €/kWh, виша цијена ће боље рангирати захтјевне коефицијенте пролаза

топлоте (нижи предложени коефицијенти него у Србији и Хрватској). Све три анализе енергетске и економске исплативости појединачних мјера показују да је најисплативија мјера на омотачу зграде Узорка 1 унапређење пода (2,5 - 2,8 година), односно топлотно изоловање међуспратне конструкције изнад негријаног подрумског простора, затим топлотно изоловање спољашњих зидова (3,0 - 3,1 године), топлотно изоловање крова, односно међуспратне конструкције испод таванског негријаног простора (4,4 - 4,5 година) и на крају замјена прозора (13,6 - 14,3 године).

Анализа енергетских уштеда и економске исплативости при оптимизацији омотача према предложеним мјерама (0,3-1,6-0,3-0,3) и постављањем транспарентне топлотне изолације у парапетним зонама, које нису у сјени, за Узорак 1 период отплате уложених средстава за материјал и уградњу са ПДВ-ом износио би 7,0 година (Pay-off 8,4 година), док би код укупне инвестиције са ПДВ-ом, при истим мјерама износио 8,5 година (Pay-off 10,9 година) - Табела 34.

Табела 34. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 1, кроз приказ исплативости пакета предложених мјера са транспарентном топлотном изолацијом

0,3-1,6-0,3-0,3 (према предложеним мјерама са транспарентном топлотном изолацијом)									
МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ				
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh				
улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ*		улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ*	
€	kWh/год.	€/год.	год.	1,41	€	kWh/год.	€/год.	год.	0,96
УКУПНО	128454	271393	18450	7	УКУПНО	157613	271393	18450	8,5
				Pay-off					Pay-off
				8,4					10,9
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%				

Примјена транспарентне топлотне изолације умјесто конвенционалне непровидне топлотне изолације при примјени предложених мјера (0,3-1,6-0,3-0,3) створиће уштеду на годишњем нивоу од занемаривих 0,5%, а да ће иницијално (почетно) улагање, које је за 13,3% више код транспарентне топлотне изолације, дати период отплате већи за 0,8 година и вријеме потребно за отплату улагања с обзиром на стварну дисконтну стопу, Pay-off период, веће за 1,1 годину.

Квоцијент нето садашње вриједности (NPVQ) код истог пакета предложених мјера (достизање коефицијената пролаза топлоте за омотач 0,3-1,6-0,3-0,3) са



транспарентном топлотном изолацијом је 0,96, док је без њене примјене 1,26, што указује да постављање транспарентне топлотне изолације на Узорак 1 није економски исплативо у односу на непровидну топлотну изолацију.

Енергетска оптимизација омотача Узорка 1 према цијени укупне инвестиције са ПДВ-ом указује да су предложене мјере (0,3-1,6-0,3-0,3) без примјене транспарентне топлотне изолације најбоље рангиране мјере, односно да ће се највише енергетски уштедети и економски исплатити обнова омотача примјеном пакета наведених мјера. У коначници референтни модел обнове Узорка 1 треба да има коефицијенте пролаза топлоте за омотач ниже или једнаке горе наведеним.

Енергетска оптимизација цијелог омотача Узорка 2, ако посматрамо само материјал и уградњу са ПДВ-ом, према мјерама у Србији имала би период отплате уложених средстава за 7,1 година (Pay-off 8,1 година), у Хрватској 6,8 година (Pay-off 8,3 година), а према предложеним мјерама 6,7 године (Pay-off 8,1 година). Док би енергетска оптимизација цијелог омотача, ако посматрамо улагање и нето уштеде, према укупној инвестицији у Србији би имало период отплате од 8,8 година (Pay-off 11,2 година), у Хрватској 8,4 (Pay-off 10,6 година), а према предложеним мјерама 8,2 године (Pay-off 10,3 година) - Табела 35.

Табела 35. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 2, кроз табеларни приказ исплативости појединачних мјера и свих мјера заједно

**УЗОРАК 2**

0,4-1,5-0,2-0,4 (према мјерама у Србији)

МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
	улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		
	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,35	€	kWh/год.	€/год.	год.	*0,91	
ЗИД	77463	360639	24520	3,2	4,3	ЗИД	95047	360639	24520	3,9	3,32
ПРОЗОР	194605	177016	12040	16,2	0,04	ПРОЗОР	238780	177016	12040	19,8	-0,16
КРОВ	43148	56580	3850	11,2	0,49	КРОВ	52942	56580	3850	13,8	0,22
ПОД	8040	72399	4920	1,6	9,25	ПОД	9865	72399	4920	2	7,35
УКУПНО	323256	666634	45330	7,1	Pay-off 8,1	УКУПНО	396634	666634	45330	8,8	Pay-off 11,2
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						

0,45-1,8-0,3-0,5 (према мјерама у Хрватској)

МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
	улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		
	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,45	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,00	
ЗИД	75328	342158	23270	3,2	4,17	ЗИД	92427	342158	23270	4	3,22
ПРОЗОР	158435	143631	9770	16,2	0,03	ПРОЗОР	194399	143631	9770	19,9	-0,16
КРОВ	34690	45307	3080	11,3	0,49	КРОВ	42564	45307	3080	13,8	0,21
ПОД	6840	61144	4160	1,6	9,19	ПОД	8393	61144	4160	2	7,3
УКУПНО	275293	592240	40280	6,8	Pay-off 8,3	УКУПНО	337783	592240	40280	8,4	Pay-off 10,6
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						

0,3-1,6-0,2-0,3 (према предложеним мјерама)

МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
	улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		
	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,50	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,04	
ЗИД	85344	397758	27050	3,2	8,13	ЗИД	104717	397758	27050	3,9	3,33
ПРОЗОР	181869	165777	11270	16,1	0,04	ПРОЗОР	223153	165777	11270	19,8	-0,15
КРОВ	43148	56552	3850	11,2	0,49	КРОВ	52942	56552	3850	13,8	0,22
ПОД	10440	83648	5690	1,8	9,25	ПОД	12810	83648	5690	2,3	6,44
УКУПНО	320801	703735	47860	6,7	Pay-off 8,1	УКУПНО	393622	703735	47860	8,2	Pay-off 10,3
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						

Све три анализе енергетске и економске исплативости појединачних мјера показују да је најисплативија мјера на омотачу зграде Узорка 2 унапређење пода (1,6 - 1,8 година), односно топлотно изоловање међуспратне конструкције изнад негријаног подрумског простора, затим топлотно изоловање спољашњих зидова (3,2 године), топлотно изоловање равног крова (11,2 - 11,3 година) и на крају замјена прозора и балконских врата (16,1 - 16,2 године).

Анализа енергетских уштеда и економске исплативости при оптимизацији омотача према предложеним мјерама (0,3-1,6-0,2-0,3) и застакљењем лођа, а да се при томе не мијењају прозори и балконска врата, нити енергетски унапређује зид између унутрашње просторије и лође, код Узорка 2 период отплате уложених средстава за материјал и уградњу са ПДВ-ом износио би 6,5 година (Pay-off 7,7 година), док би код укупне инвестиције са ПДВ-ом, при истим мјерама износио 8,0 година (Pay-off 9,9 година) - Табела 36.

Табела 36. Приказ економске исплативости енергетски ефикасне оптимизације омотача Узорка 2, кроз приказ исплативости пакета предложених мјера са застакљењем лођа

0,3-1,6-0,2-0,3 (према предложеним мјерама са застакљењем лођа)											
МАТЕРИЈАЛ И УГРАДЊА СА ПДВ-ОМ					УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА СА ПДВ-ОМ						
цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh					цијена топлотне енергије 0,068 €/kWh						
улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ		улагање	нето уштеда	Payback	NPVQ			
€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,59	€	kWh/год.	€/год.	год.	*1,11		
				Pay-off					Pay-off		
УКУПНО	320255	726998	49440	6,5	7,7	УКУПНО	392953	726998	49440	8,0	9,9
*на основу стварне каматне стопе од 4,3%					*на основу стварне каматне стопе од 4,3%						

Примјена застакљења лођа и помјерање границе спољашњег омотача на позицију лођа, умјесто конвенционалног унапређења постојеће границе омотача при примјени предложених мјера (0,3-1,6-0,2-0,3) створиће уштеду на годишњем нивоу од 3,3%, а да ће иницијално (почетно) улагање бити занемариво ниже при застакљењу лођа, период отплате нижи за 0,2 године и вријеме потребно за отплату улагања с обзиром на стварну дисконтну стопу, Pay-off период, ниже за 0,4 година.

Квоцијент нето садашње вриједности (NPVQ) код истог пакета предложених мјера (достизање коефицијената пролаза топлоте за омотач 0,3-1,6-0,2-0,3) са обновом омотача изузимајући омотач око лођа (задржавањем постојећег омотача око лођа) и застакљењем лођа је 1,59, док је без застакљења, али са обновом цијелог омотача 1,50, што указује да је застакљење лођа и обнова омотача на наведени начин код Узорка 2 економски исплативо рјешење у односу на конвенционално топлотно изоловање омотача.

Енергетска оптимизација омотача Узорка 2 према цијени укупне инвестиције са ПДВ-ом указује да су предложене мјере (0,3-1,6-0,2-0,3) са примјеном застакљења лођа најбоље рангиране мјере, односно да ће се највише енергетски уштедети и економски исплатити обнова омотача примјеном пакета наведених мјера. У коначници референтни модел обнове Узорка 2 треба да има коефицијенте пролаза топлоте за омотач ниже или једнаке горе наведеним, при томе да задржи постојећи омотач око лођа, а да лођа буде застакљена прозорима до горе наведеног коефицијента ( $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) и као и позиција парапета да је унапређена до горе наведеног коефицијента за спољашњи зид ( $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

### 6.3.1 Референтни модел обнове стамбене зграде послеријератне градње – Модел 1 – насеље Кочићев вијенац

Након наведених енергетских и економских анализа, енергетска оптимизација омотача референтног модела обнове Узорка 1 у насељу Кочићев вијенац, мора да достигне предложене мјере (укључујући и губитке преко топлотних мостова) у  $W/m^2K$ , а то су:

- за спољашњи зид – 0,30
- за прозоре са ролетном – 1,60
- за међуспратну конструкцију испод негријаног таванског простора – 0,30
- за међуспратну конструкцију изнад негријаног подрумског простора – 0,30.

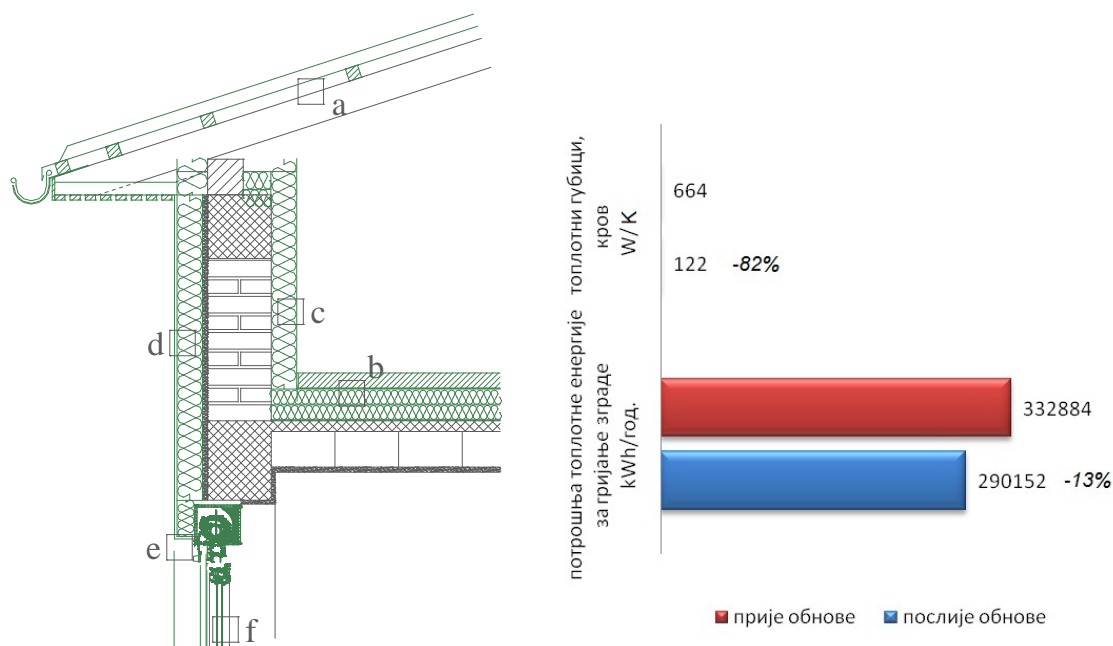
Кроз техничке карактеристике модела, биће описано и приказано на појединачним мјерама, смањење топлотних губитака и уштеда у kWh на годишњем нивоу, да би на крају при примјени свих предложених мјера била приказана коначна потрошња енергије и емисије CO<sub>2</sub> референтног модела обнове Узорка 1.

#### 6.3.1.1 Техничке карактеристике референтног модела обнове Узорка 1

Резултати истраживања, рачунских (енергетских и економских) анализа, уз помоћ лиценцираног програма ENSI EAB, указали су да је топлотно изоловање међуспратне конструкције испод таванског простора, у случајевима када се неће користити тавански простор, енергетски и економски прихватљиво рјешење (Табела 37. и Слика 96.).

Табела 37. Доказ вриједности U-коэффициента енергетски оптимизованог крова Узорка 1

МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИСПОД НЕГРИЈАНОГ ТАВАНСКОГ ПРОСТОРА			
материјал	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
цементни естрих	0,060	0,850	0,07059
камена вуна - DP 3	0,08	0,039	2,05128
армирано-бетонска плоча	0,040	1,510	0,02649
шупља опека – испуна од монта елемената	0,140	0,520	0,26923
цементни малтер (2100 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,850	0,01765
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,100
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,100
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,38
Фактор корекције температуре		Fxi	0,60
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,23
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,30</b>



Слика 96. Приказ енергетске оптимизације крова Узорка 1 (на слици лијево детаљ пресека – сива боја означава постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замјена прозора или додавање топлотне изолације на постојећи омотач) и његов утицај на топлотне губитке и потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) крова).

#### Детаљ а

Карактеристике Узорка 1, који има покривач од азбест-цемента, указује да га је неопходно уклонити и поставити нови покривач (трапезасти лим са летвама и PVC фолијом), при задржавању постојеће дрвене кровне конструкције.

#### Детаљ b

На постојећу међуспратну таваницу поставља се парна брана, затим 8cm камене вуне (2 наизмјенична слоја од 4cm), затим PVC фолија и цементни естрих од 6cm.

#### Детаљ c

Због геометријског утицаја топлотних мостова и њиховог редуковања (минимизирања), да би просјечни топлотни губици због утицаја топлотних мостова били  $\Psi \leq 0,07 \text{ W/mK}$  неопходно је топлотно изоловати зид у таванском простору и са унутрашње стране, што је у случају Узорка 1 изоловање цијелог назитка дебљине 8cm од експандираног полистирена (EPS), а на забатним зидовима постављање изолације до висине назитка.

#### Детаљ d

На постојећи фасадни зид без уклањања малтера љепљењем се поставља модификовани графитни полистирен дебљине 10cm, затим малтер за нивелисање са мрежицом за армирање – два слоја органски везивне готове масе за армирање и завршни слој малтера – органски везивна, бесцементна, обложена конзервираним филмом (дебљина свих слојева после изолације од 0,5 до 1 cm).

При постављању обичног експандираног полистирена за спољашње зидове са  $\lambda=0,041 \text{ W/mK}$  неопходно је 12cm наведене изолације или модификованог графитног експандираног полистирена ( $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$ ) од 10cm (Табела 38.). Просјечни коефицијент пролаза топлоте на спољашњим зидовима, примјеном ове мјере, износи  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ , очекивани просјечни губици преко топлотних мостова морају бити  $\Psi \leq 0,03 \text{ W/mK}$ .

Табела 38. Доказ вриједности U-коефицијента енергетски оптимизованог спољашњег зида Узорка 1

СПОЉАШЊИ ЗИД			
материјал	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
органски, бесцементни малтер	0,005	0,700	0,00714
модификовани графитни EPS	0,100	0,032	3,12500
продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,85	0,01765
пуна опека (1400 kg/m <sup>3</sup> )	0,25	0,58	0,43103
продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,85	0,02353
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		R <sub>si</sub>	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		R <sub>se</sub>	0,040
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,26
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,30</b>

#### Детаљ е

Уклањање старих прозора и постављање нових захтјева и нову позицију прозора и то  $\leq 2,5\text{cm}$  од краја постојећег спољашњег зида, указује да ће, у нивоу кутије за ролетну, дебљина топлотне изолације на спољашњем зиду бити мања за око 3cm. Кутија за ролетну (висине 20cm) мора имати коефицијент пролаза топлоте  $0,877\text{ W/m}^2\text{K}$ , што износи најмање 4cm обичног експандираног полистерена. Модификовани графитни експандирани полистирен са својих 7cm преко наведене ролетне имаће заједно коефицијент пролаза топлоте од  $0,30\text{ W/m}^2\text{K}$ , што би се могло очекивати када је ролетна у подигнутом положају односно када се очекује нема кретања ваздуха унутар ролетне (Слика 97.).

#### Детаљ f

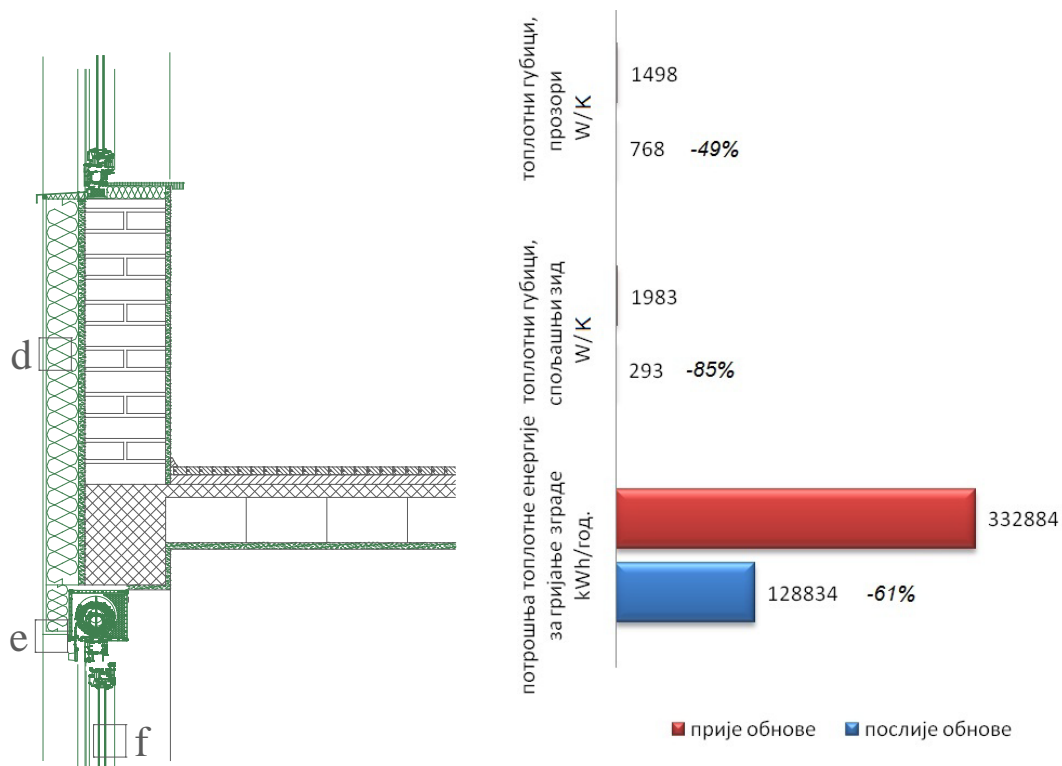
Одабрани адекватни нови прозори, преко горе наведених енергетски и економски анализа, су прозори са PVC профилима  $U_f=1,3\text{ W/m}^2\text{K}$ , са двоструким термоизолационим стаклом од 4mm са размаком (шупљини) од 16mm, при томе да унутрашње стакло са унутрашње стране према шупљини има нискоемисиону превлаку и да је шупљина испуњена ваздухом  $U_g=1,4\text{ W/m}^2$  са фактором дотока од сунца кроз засталење од  $g=0,63$  ( $4+16+*4$ ). Алуминијумски дистанцер између стакала који заједно са стаклом када је уграђено у наведени профил има линијске топлотне губитке од  $\Psi_g=0,07\text{ W/mK}$ , те сви остали наведени коефицијенти указаће да је за карактеристични прозор (двокрилни прозор  $180\times 140\text{cm}$ ) коефицијент пролаза топлоте за цијели прозор  $U_w=1,57\text{ W/m}^2\text{K}$ .

Код предметног Узорка 1, због прорачуна специфичне потрошње енергије за гријање, површине карактеристичних отвора су  $180\times 160\text{cm}$ , што указује да се прозор мора посматрати заједно са ролетном те ако посматрамо ролетну са  $U=0,877\text{ W/m}^2\text{K}$  (због уласка ваздуха у ролетну) и у односу на површине које заузимају ролетна и прозор просјечни коефицијент пролаза топлоте износи  $U=1,48\text{ W/m}^2\text{K}$ . Очекивани просјечни губици преко топлотних мостова, линијских губитака између прозора и зида морају бити  $\Psi\leq 0,12\text{ W/mK}$ , да се не прекорачи дозвољена вриједност за прозоре од  $U=1,60\text{ W/m}^2\text{K}$  (Табела 39.).



Табела 39. Доказ вриједности U-коэффицијента и g-коэффицијента за карактеристични нови прозор са кутијом за ролетну

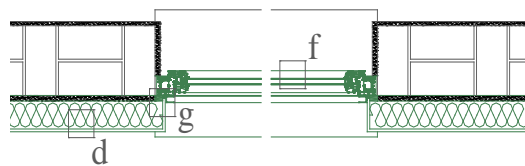
Прорачун еквивалентног U коэффициента	Прорачун еквивалентног g коэффициента	
$U_w = (A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g) / (A_g + A_f)$	$g_{ekv.} = g_w \times f_s$	$g_w = A_g / (A_g + A_f) \times g_g$
$A_g$ (површина стакла) = 1,647m <sup>2</sup>	$A_g / (A_g + A_f)$ - удио стакла у односу на прозор	
$U_g$ (U коэффициент стакла) = 1,40 W/m <sup>2</sup> K	$g_g$ (g коэффициент стакла)	0,65
$A_f$ (површина оквира) = 0,873m <sup>2</sup>	$g_w$ (g коэффициент прозора)	0,41
$U_f$ (U коэффициент оквира) = 1,30 W/m <sup>2</sup> K	$f_s$ (фактор засјенчења)	0
$I_g$ (дужина спојница стакла и оквира) = 7,4m		
$\Psi_g$ (коэффицијент корекције између оквира и стакла) = 0,07		
Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,41</b>
Коефицијент пролаза топлоте прозора	U [W/m <sup>2</sup> K]	1,57
$A_s$ (површина ролетне) = 0,36m <sup>2</sup>		
$U_s$ (U коэффициент ролетне) = 0,877 W/m <sup>2</sup> K		
Коефицијент пролаза топлоте прозора и ролетне	U [W/m <sup>2</sup> K]	1,48
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,60</b>



Слика 97. Приказ енергетске оптимизације спољашњег зида и прозора Узорка 1 (на слици лијево детаљ пресјека - сива боја означава постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замјена прозора или додавање топлотне изолације на постојећи омотач) и њихови појединачни утицаји на топлотне губитке и заједнички утицај на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) спољашњег зида и прозора)

### Детаљ g

С обзиром да се постојећи фасадни малтер не уклања, прозор је за дебљину малтера увучен, односно ако је прозор постављен  $\leq 2,5\text{cm}$  од краја постојећег спољашњег зида, потребно је да се топлотна изолација на спољашњем зиду продужи и на допрозорник и то у дебљини  $\geq 3\text{cm}$ , да би се минимизирали линијски топлотни губици (уконили топлотни мостови). Очекивани линијски губици су  $\Psi = 0,05 - 0,08 \text{ W/mK}$  (Слика 98.).



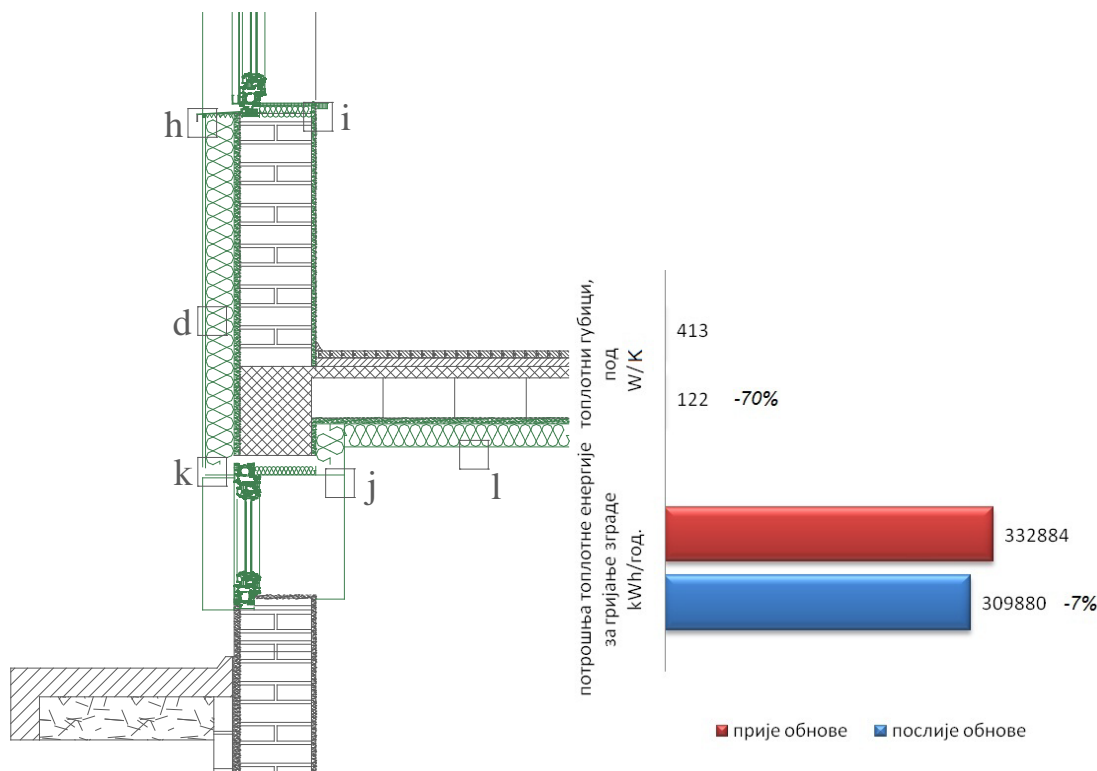
Слика 98. Приказ енергетске оптимизације (обнове) спољашњег зида и прозора Узорка 1 (детаљ у основи - сива боја постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замена прозора и додавање топлотне изолације на постојећи омотач)

### Детаљ h

Попуњавање простора испод вањске металне прозорске клупице са топлотном изолацијом у дебљини којој омогућава висина и жлијиб унутар допрозорника (у овом случају до  $1\text{cm}$ ), ствара у овој зони очекиване линијске губитке од  $\Psi \leq 0,14 \text{ W/mK}$ . Метална клупица мора бити одвојена и од завршног слоја, фасадног малтера, односно ријешена као окапница.

### Детаљ i

Пластична прозорска клупица која долази са унутрашње стране прозора при постављању на зид захтијева топлотну изолацију у дебљини од  $3\text{cm}$ , која такође слаби ефекте топлотних мостова (Слика 99.).



Слика 99. Приказ енергетске оптимизације пода Узорка 1 (на слици лијево детаљ пресека - сива боја постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замјена или додавање нових елемената на постојећи омотач) и његов утицај на топлотне губитке и на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) пода)

#### Детаљ j

Енергетска оптимизација омотача и минимизирање ефекта топлотних мостова у предјелу пода, односно међуспратне таванице изнад негријаног подрума и подрумског ободног зида захтијева око 55cm топлотне изолације са унутрашње и спољашње стране зида. Са таквим рјешењем очекивани просјечни линијски губици су  $\Psi \leq 0,04 \text{ W/mK}$ .

#### Детаљ k

Постављање топлотне изолације  $\geq 3\text{cm}$  преко допрозорника у горњој зони, када прозор нема ролетну (подрумски нови прозори) ствара очекиване линијске губитке у овој зони од  $\Psi \leq 0,05 \text{ W/mK}$ .

#### Детаљ l

На постојећу међуспратну таваницу са свим постојећим слојевима, са доње стране директно се на постојећи продужни малтер, лијепи обични експандирани полистирен у дебљини од 10cm без завршног слоја. Фактор корекције температуре износио би око 0,85 са свим измјенама које су се десиле и на

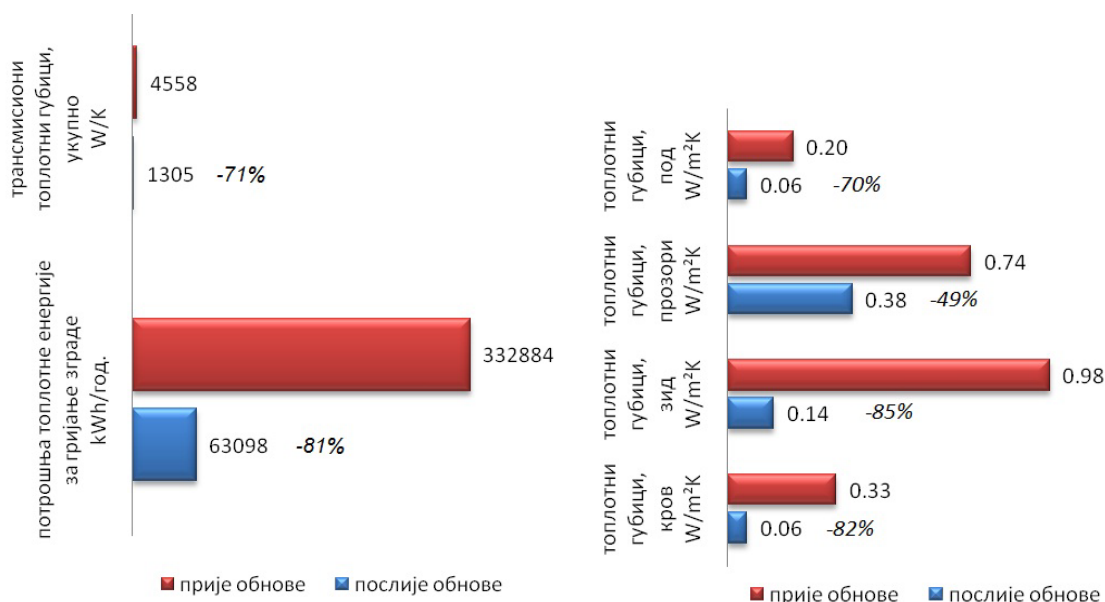
подрумском ободном зиду, јер су замјењени прозори и топлотна изолација на фасадном (спољашњем) зиду је продужена до краја подрумских прозора (Табела 40.).

Табела 40. Доказ вриједности U-коэффициента енергетски оптимизованог пода Узорка 1

МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРИЈАНОГ ПОДРУМСКОГ ПРОСТОРА			
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума		Rf (m <sup>2</sup> K/W)	2,92970
паркет	0,024	0,160	0,15000
цементни естрих (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,030	1,400	0,02143
АБ плоча	0,040	1,510	0,02649
монта	0,140	0,520	0,26923
продужни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,020	0,850	0,02353
EPS	0,100	0,041	2,43902
отпор пода подрума на тлу		Rg (m <sup>2</sup> K/W)	0,19689
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,040	1,400	0,02857
ХИ	0,010	0,190	0,05263
АБ плоча	0,100	2,040	0,04902
шљунак	0,100	1,500	0,06667
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uf [W/m <sup>2</sup> K]	0,319
dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)		m	1,154
Коефицијент пролаза топлоте		Ubf [W/m <sup>2</sup> K]	0,442
отпор зида подрума изнад тла са новим прозорима		Rw (m <sup>2</sup> K/W)	1,701
отпор зида подрума у тлу		Rbw (m <sup>2</sup> K/W)	0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uw [W/m <sup>2</sup> K]	0,536
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)		m	1,018
Коефицијент пролаза топлоте		Ubw [W/m <sup>2</sup> K]	0,955
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,260
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,30</b>

### 6.3.1.2 Доприноси енергетске оптимизације омотача референтног модела обнове Узорка 1

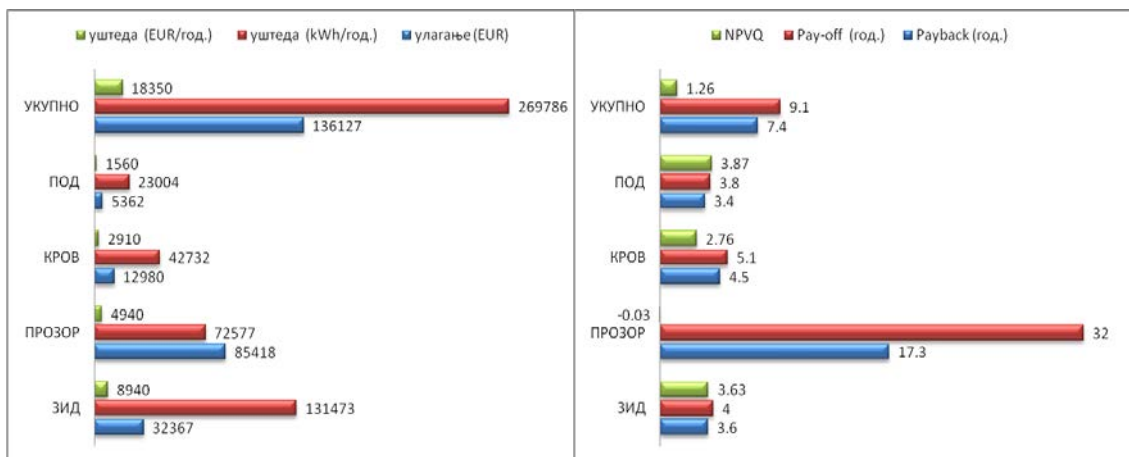
Доприноси енергетске оптимизације омотача Узорка 1 сагледани су кроз енергетске уштеде, смањење емисије CO<sub>2</sub> и економску исплативост примјењених мјера на моделу обнове Узорка 1. Након приказаних карактеристичних техничких детаља референтног модела обнове Узорка 1, те њихових појединачних утицаја на топлотне губитке и потрошњу топлотне енергије за гријање зграде на годишњем нивоу прије и после енергетске оптимизације омотача, неопходно је приказати њихов заједнички утицај, односно до које мјере ће се смањити потрошња топлотне енергије за гријање Узорка 1 (Графикон 96.).



Графикон 96. Упоредни приказ укупних трансмисионих топлотних губитака и потрошње топлотне енергије за гријање зграде на годишњем нивоу, прије и после енергетске оптимизације (обнове) омотача Узорка 1, графикон лијево и приказ специфичних трансмисионих топлотних губитака прије и после енергетске оптимизације појединачних дијелова омотача Узорка 1, графикон десно

Предложене мјере, кроз енергетске и економске анализе (и једним дијелом еколошке, али сагледане кроз материјале на европском тржишту), које су приказане у поглављу 6.1, су мјере које ће на адекватан начин енергетски оптимизовати омотач зграде, а то значи да осим што ће бити загарантовано

смањење потрошње топлотне енергије за гријање зграде, таква поставка ће бити и економски најисплативије рјешење (Графикон 97.).

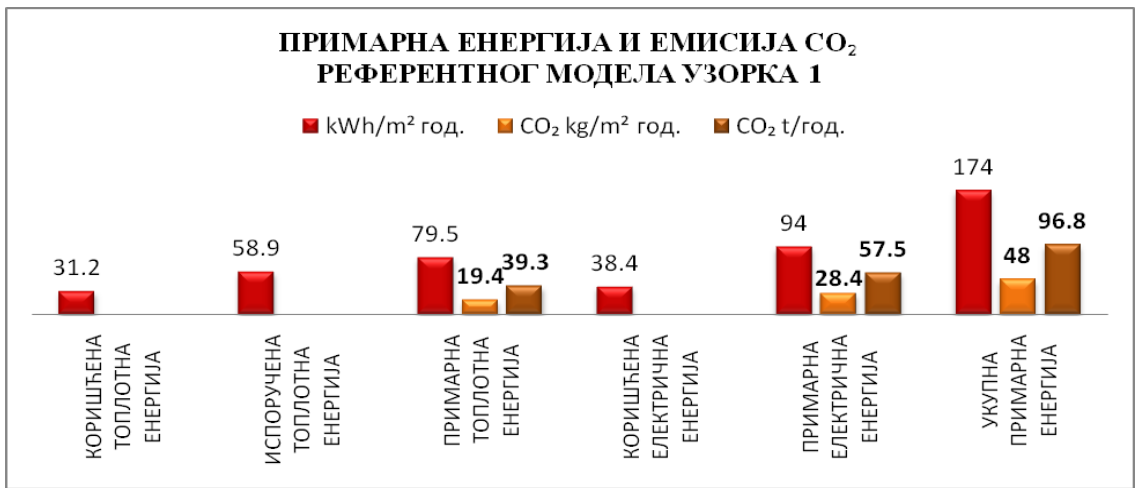


Графикон 97. Упоредни приказ економских показатеља на појединачним мјерама и укупној енергетској оптимизацији омотача Узорка 1: иницијалног финансијског улагања у EUR и уштеде на годишњем нивоу у EUR и kWh, графикон лијево и периода отплате Payback, Pay-off и квотијента NPVQ, као најбољег показатеља при рангирању мјера, графикон десно

Потрошња топлотне енергије за гријање зграде Узорка 1 (пројектна, у основи, потребна, топлотна енергија која би била искориштена при остваривању просјечне унутрашње температуре у становима од 20°C) од 164,4 kWh/m<sup>2</sup>, са енергетском оптимизацијом омотача до предложених мјера, а са свим осталим задржаним параметрима (интерним добицима од корисника, расвјете и уређаја) који утичу на ниво потрошње топлотне енергије, као и задржаног начина и ефикасности система гријања, биће сведена на 31,2 kWh/m<sup>2</sup>. Специфични трансмисиони губици топлоте са 2,25 W/m<sup>2</sup>K, биће смањени на 0,64 W/m<sup>2</sup>K, док ће вентилациони (инфилтрациони) губици топлоте са 0,57 W/m<sup>2</sup>K бити смањени на 0,48 W/m<sup>2</sup>K.

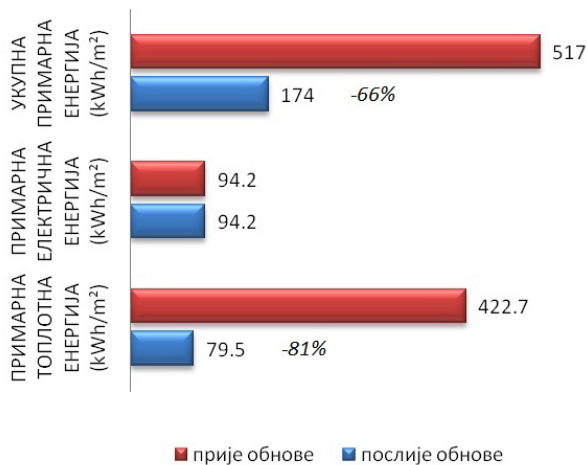
Потрошња топлотне енергије за гријање референтног модела обнове Узорка 1 према пројектној температури од 20°C у зони станова од 31,2 kWh/m<sup>2</sup>, свешће испоручену топлотну енергију из градске топлане на 58,9 kWh/m<sup>2</sup>. Потрошња примарне енергије за гријање референтног модела Узорка 1 на годишњем нивоу износи 79,5 kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 19,4 kg/m<sup>2</sup>, односно 39,3 тоне на годишњем нивоу.

У том случају укупна (топлотна и електрична) потрошња примарне енергије референтног модела Узорка 1 износи  $174 \text{ kWh/m}^2$ , са емисијом  $\text{CO}_2$  од  $48 \text{ kg/m}^2$  на годишњем нивоу, односно 96,8 тона на годишњем нивоу (Графикон 98.).



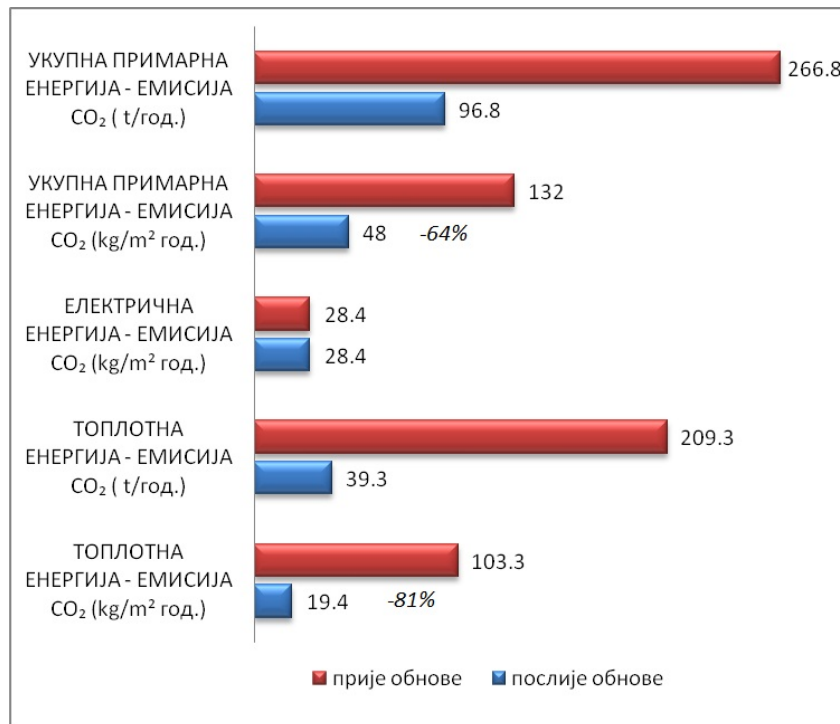
Графикон 98. Упоредни приказ коришћене, испоручене и примарне потрошње енергије за референтни модел Узорка 1 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова 20°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Упоредњујући специфичну потрошњу примарне топлотне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 1, референтни модел обнове за 81% је смањио потрошњу топлотне енергије, а због истовјетне потрошње електричне енергије (неоптимизоване расвјете и уређаја који учествују у потрошњи електричне енергије), референтни модел је у коначници умањио укупну примарну енергију за 66% (Графикон 99.).



Графикон 99. Упоредни приказ специфичне потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 1

Показатељи утицаја на животну средину, емисија CO<sub>2</sub> у атмосферу указују да би референтни модел обнове Узорка 1 са смањењем потрошње топлотне енергије за гријање могао умањити и емисију CO<sub>2</sub> за 81%, док би од укупне примарне енергије смањио емисију CO<sub>2</sub> за 64% (Графикон 100.).



Графикон 100. Упоредни приказ емисије CO<sub>2</sub> на годишњем нивоу у kg/m<sup>2</sup> и тонама, од потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и послје енергетске оптимизације омотача Узорка 1



### 6.3.2 Референтни модел обнове стамбене зграде просперитетне градње – Модел 2- насеље Борик

Након наведених енергетских и економских анализа, енергетска оптимизација омотача референтног модела обнове Узорка 2 у насељу Борик, мора да достигне предложене мјере (укључујући и губитке преко топлотних мостова) у  $W/m^2K$  са застакљењем лођа, а то су:

- за спољашњи зид – 0,30,
- зидови који раздвајају станове од унутрашњих хладних степенишних простора (галеријског<sup>223</sup> типа) – 0,30,
- за прозоре са ролетном – 1,60
- за раван кров – 0,20
- за међуспратну конструкцију изнад негријаног подрумског простора – 0,30,
- за препуштене дијелове омотача у позицији пода – 0,30.

Кроз техничке карактеристике модела, биће описано и приказано на појединачним мјерама, смањење топлотних губитака и уштеда у kWh на годишњем нивоу, да би на крају при примјени свих предложених мјера била приказана коначна потрошња енергије и емисије CO<sub>2</sub> референтног модела обнове Узорка 2.

#### 6.3.2.1 Техничке карактеристике референтног модела обнове Узорка 2

Енергетска оптимизација крова Узорка 2, код којег је доминантан проходан раван кров, задржаће идентично стање наизглед, јер ће се након додавања топлотне изолације, адекватних техничких и физичких карактеристика, вратити сви завршни слојеви крова. Нова топлотна изолација ће издигнути постојеће

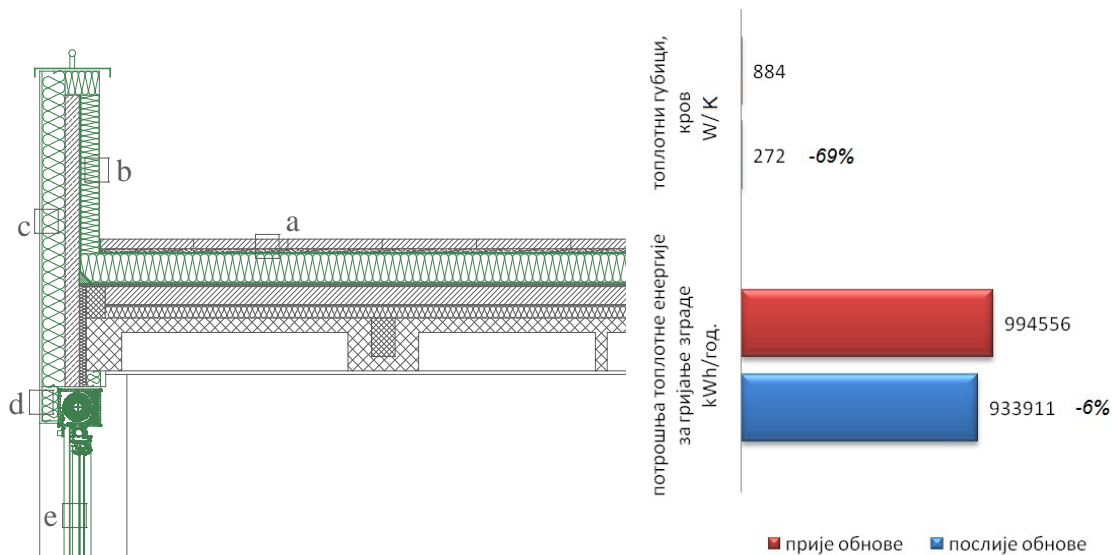
---

<sup>223</sup> Хладни степенишни простори, који на отворен начин повезују негријани подрумски простор са равним кровом преко кућишта, гдје се осјећа доминантност природне вентилације „ефекта димњака“. Познат и под називом шахтовски тип степенишног простора, гдје се биљеже температуре испод 0°C, када је спољашња температура -20°C (спољашња пројектна температура за подрује града Бањалука).

слојеве крова за онолико колико ће бити неопходно додати изолације и на наиздак, да би се осим енергетских карактеристика, задржала и иста висина ограде на равном крову (Табела 41. и Слика 100.).

Табела 41. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог крова Узорка 2

РАВАН КРОВ			
материјал	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
бетонске плоче	0,04	1,51	0,02649
пијесак	0,02	2	0,01000
XPS	0,120	0,035	3,42857
хидроизолација	0,04	0,19	0,21053
цементни малтер (2100 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	1,4	0,00714
ливени бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,075	1,51	0,04967
љепенка	0,005	0,19	0,02632
EPS	0,05	0,041	1,21951
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> ) (4+18)cm	0,06	2,33	0,02575
дрвене летве 0,024cm 10%	0,0024	0,14	0,01714
азбест-цементна плоча	0,015	0,41	0,03659
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,100
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,192
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,20</b>



Слика 100. Приказ енергетске оптимизације крова Узорка 2 (на слици лијево детаљ пресека - сива боја постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову – замјена прозора и додавање топлотне изолације на постојећи омотач) и његов утицај на топлотне губитке и потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) крова)

#### Детаљ а

Карактеристике Узорка 2 (старост зграде око 40 година), су да се подигну слојеви крова до постојеће хидроизолације (пијесак и бетонске плоче), али да се сачувају, јер ће се поново враћати као завршни слојеви равног крова. Затим да се постави поново хидроизолација, због могућности да се оштетила при подизању слојева, а и трајности хидроизолација које се процјењују на 30 година, па због топлотног унапређења да се постави 12cm екструдираниог полистирена са преклопом (XPS-a), те PVC фолија, која ће чинити заштиту изолацији при враћању пијеска и бетонских плоча.

#### Детаљ б

Због геометријског утицаја топлотних мостова и њиховог редуковања (минимизирања), да би просјечни топлотни губици због утицаја топлотних мостова били  $\Psi \leq 0,01 \text{ W/mK}$  неопходно је топлотно изоловати у цијелој висини наиздак на равном крову и то са унутрашње стране постављање  $\geq 6\text{cm}$  екструдираниог полистирена (XPS-a), као и испод окапнице.

#### Детаљ с

Постојећи фасадни зид, који се код Узорка 2 јавља у више варијанти, у зависности од позиције коју чине на вертикалном омотачу (спољашњем зиду) и у зависности у којем су типу ламеле (зграду чини цјелина од пет ламела наизмјенично постављених од два типа ламела), али највише површине заузимају зидови који су зидани од шљако-бетонских блокова (чине зидове у лођама и бочне зидове) и који се у референтном моделу енергетске оптимизације највећим дијелом и неће унапређивати (зидови у лођама). На спољашње зидове друге по заступљености, на вертикалном омотачу првог типа ламеле префабриковани неносиви сендвич панели са доданим зидом од гас бетона (Детаљ h), укупне дебљине 30cm без малтера, Табела 42. (структура зида изведена да би се у вријеме пројектовања зграде достигао захтијевани коефицијент пролаза топлоте као код зиданог зида од опеке дебљине 38cm), као и зид између прозора у другом типу ламеле који се јавља као зид од гас-бетона (Детаљ о) дебљине 7cm, Табела 43., поставља се модификовани графитни полистирен ( $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$ ) дебљине 10cm, затим малтер за нивелисање са мрежицом за армирање – два слоја органски везивне готове масе за армирање и завршни слој малтера – органски везивна,

бесцементна, обложена конзервираним филмом (дебљина свих слојева после изолације од 0,5 до 1 cm) - Слика 101.

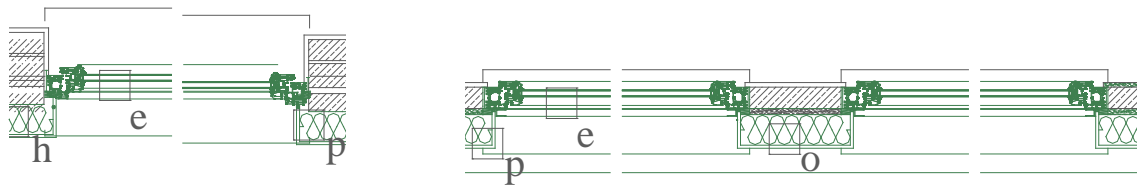
Табела 42. Доказ вриједности U-коэффициента енергетски оптимизованог спољашњег зида Узорка 2

СПОЉАШЊИ ЗИД - У <sub>2</sub> З <sub>5</sub>			
материјал	d (m)	λ(W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
органски, бесцементни малтер	0,005	0,700	0,00714
модификовани графитни EPS	0,100	0,032	3,12500
цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,7	0,01429
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,08	2,33	0,03433
термоизолација-прошивена трска	0,02	0,098	0,20408
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,12	2,33	0,05150
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,255
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,30</b>

Табела 43. Доказ вриједности U-коэффициента енергетски оптимизованог спољашњег зида Узорка 2

СПОЉАШЊИ ЗИД -У <sub>2</sub> З <sub>4</sub>			
материјал	d (m)	λ(W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
органски, бесцементни малтер	0,005	0,700	0,00714
модификовани графитни EPS	0,100	0,032	3,12500
цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,7	0,02857
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,273
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,30</b>

При постављању обичног експандираног полистирена за спољашње зидове са  $\lambda=0,041$  W/mK неопходно је 12cm наведене изолације. Просјечни коефицијент пролаза топлоте на спољашњим зидовима, примјеном ове мјере, износи 0,27 W/m<sup>2</sup>K, очекивани просјечни губици преко топлотних мостова морају бити  $\Psi \leq 0,03$  W/mK.



Слика 101. Приказ енергетске оптимизације спољашњих зидова Узорка 2, на слици лијево детаљ у основи (сива боја постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замјена прозора или додавање топлотне изолације на постојећи омотач) спољашњег зида као сендвич-панела од префабрикованог бетона са доданим зидом од гас-бетона, а на слици десно детаљ у основи спољашњег зида од гас-бетона

#### Детаљ d

Уклањање старих прозора и постављање нових захтјева и уклањање постојећег зуба изнад прозора, да би се могла поставити кутија за ролетну са новом позицијом прозора и то  $\leq 2,5\text{cm}$  од краја постојећег спољашњег зида. Таква поставка указује да ће рјешење бити као код Узорка 1, односно да ће у нивоу кутије за ролетну, дебелина топлотне изолације на спољашњем зиду бити мања за око 3cm. Кутија за ролетну (висине 20cm) мора имати коефицијент пролаза топлоте  $0,877 \text{ W/m}^2\text{K}$ , што износи најмање 4cm обичног експандираног полистерена. Модификовани графитни експандирани полистирен са својих 7cm преко наведене ролетне имаће заједно коефицијент пролаза топлоте од  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , што би се могло очекивати када је ролетна у подигнутом положају односно када се очекује да нема кретања ваздуха унутар ролетне (Слика 102.).

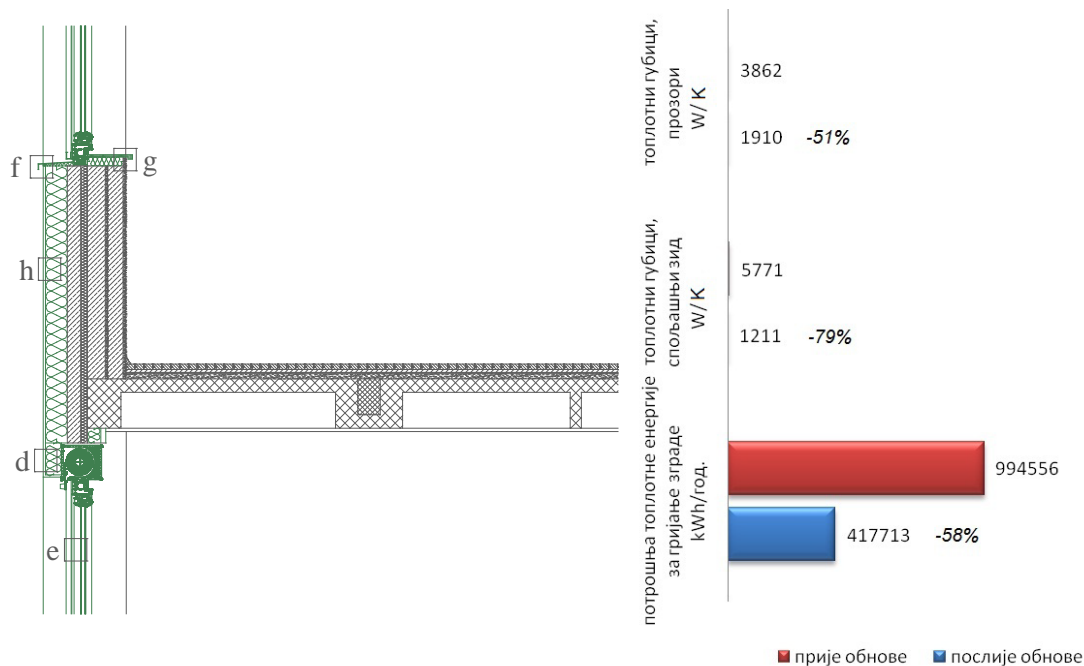
#### Детаљ e

Одабрани адекватни нови прозори, преко горе наведених енергетски и економски анализа, су прозори са PVC профилима  $U_f=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , са двоструким термоизолационим стаклом од 4mm са размаком (шупљини) од 16mm, при томе да унутрашње стакло са унутрашње стране према шупљини има нискоемисиону превлаку и да је шупљина испуњена ваздухом  $U_g=1,4 \text{ W/m}^2$  са фактором дотока од сунца кроз засталење од  $g=0,63 (4+16+*4)$ . Алуминијумски дистанцер између стакала који заједно са стаклом када је уграђено у наведени профил има линијске топлотне губитке од  $\Psi_g=0,07 \text{ W/mK}$ , те сви остали наведени коефицијенти указаће да је за карактеристични прозор (двокрилни прозор 180x140cm) коефицијент пролаза топлоте за цијели прозор  $U_w=1,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Код предметног Узорка 2, због прорачуна специфичне потрошње енергије за гријање, површине карактеристичних отвора су 180x160cm, што указује да се прозор мора посматрати заједно са ролетном те ако посматрамо ролетну са  $U=0,877 \text{ W/m}^2\text{K}$  (због уласка ваздуха у ролетну) и у односу на површине које заузимају ролетна и прозор просјечни коефицијент пролаза топлоте износи  $U=1,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Очекивани просјечни губици преко топлотних мостова, линијских губитака између прозора и зида морају бити  $\Psi \leq 0,12 \text{ W/mK}$ , да се не прекорачи дозвољена вриједност за прозоре од  $U=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Табела 44.).

Табела 44. Доказ вриједности U-коефицијента и g-коефицијента за карактеристични нови прозор са кутијом за ролетну

Прорачун еквивалентног U коефицијента $U_w = (A_g \times U_g + A_f \times U_f + l_g \times \Psi_g) / (A_g + A_f)$	Прорачун еквивалентног g коефицијента $g_{ekv.} = g_w \times f_s \quad g_w = A_g / (A_g + A_f) \times g_g$
$A_g$ (површина стакла) = 1,647m <sup>2</sup>	$A_g / (A_g + A_f)$ - удио стакла у односу на прозор
$U_g$ (U коефицијент стакла) = 1,40 W/m <sup>2</sup> K	g <sub>g</sub> (g коефицијент стакла)
$A_f$ (површина оквира) = 0,873m <sup>2</sup>	g <sub>w</sub> (g коефицијент прозора)
$U_f$ (U коефицијент оквира) = 1,30 W/m <sup>2</sup> K	f <sub>s</sub> (фактор засјенчења)
$l_g$ (дужина спојница стакла и оквира) = 7,4m	
$\Psi_g$ (коефицијент корекције између оквира и стакла) = 0,07	
Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-] <b>0,41</b>
Коефицијент пролаза топлоте прозора	U [W/m <sup>2</sup> K] 1,57
$A_s$ (површина ролетне) = 0,36m <sup>2</sup>	
$U_s$ (U коефицијент ролетне) = 0,877 W/m <sup>2</sup> K	
Коефицијент пролаза топлоте прозора и ролетне	U [W/m <sup>2</sup> K] 1,48
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K] <b>1,60</b>



Слика 102. Приказ енергетске оптимизације вертикалног омотача референтног модела Узорка 2, укључујући и застакљење лођа, као директног утицаја на дио омотача којег чине спољашњи зид и прозори (на слици лијево детаљ пресека - сива боја постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замјена прозора или додавање топлотне изолације на постојећи омотач и застакљење лођа) и њихови појединачни утицаји на топлотне губитке и заједнички утицај на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и послје енергетске оптимизације (обнове) вертикалног дијела омотача Узорка 2)

### Детаљ f

Попуњавање простора испод вањске металне прозорске клупице са топлотном изолацијом испод вањске металне прозорске клупице у дебљини којој омогућава висина и жилијиб унутар допрозорника (у овом случају до 1cm), ствара у овој зони очекиване линијске губитке од  $\Psi \leq 0,14 \text{ W/mK}$ . Метална клупица мора бити одвојена и од завршног слоја, фасадног малтера, односно ријешена као окапница.

### Детаљ g

Пластична прозорска клупица која долази са унутрашње стране прозора при постављању на зид захтијева топлотну изолацију у дебљини од 3cm, која такође слаби ефекте топлотних мостова.

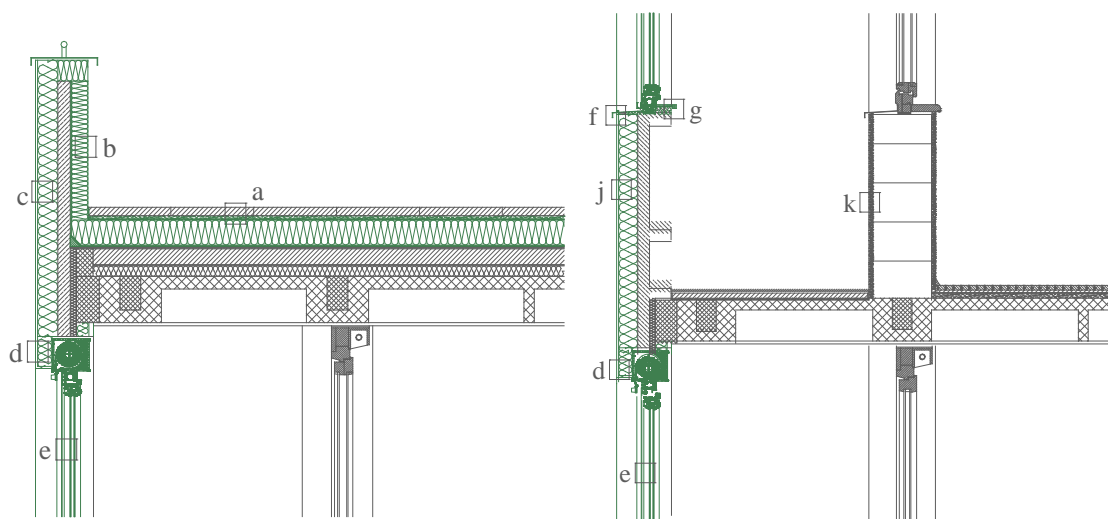
### Детаљи h,i,j

При енергетској оптимизацији спољашњих зидова, све врсте зидова код референтног модела Узорка 2 унаприједиће се постављањем модификованог експандираног полистерена дебљине 10cm или постављањем обичног

експандираног полистерена за спољашње фасадне зидове са коефицијентом топлотне проводљивости  $\lambda=0,041 \text{ W/mK}$ , када је неопходно 12cm наведене изолације. При застакљењу лођа, постојећи парапетни зид од префабрикованог бетона дебљине 10cm (Детаљ j), унаприједиће се постављањем, такође графитног експандираног полистерена дебљине 10cm до коефицијента пролаза топлоте од  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Слика 103.).

#### Детаљ к

Референтни модел обнове Узорка 2, према енергетској и економској анализи издефинисао је да се постојећи зидови и прозори у лођи задржавају, а да се лођа затвара карактеристичним прозорима са спољашњим ролетнама и постављањем топлотне изолације на постојећи парапет (ограду) лође. Овакво унапређење је помјерило границу спољашњег омотача и промјенило компактност узорка, односно унаприједило фактор облика зграде са 0,46 на 0,41 (Слика 103.).



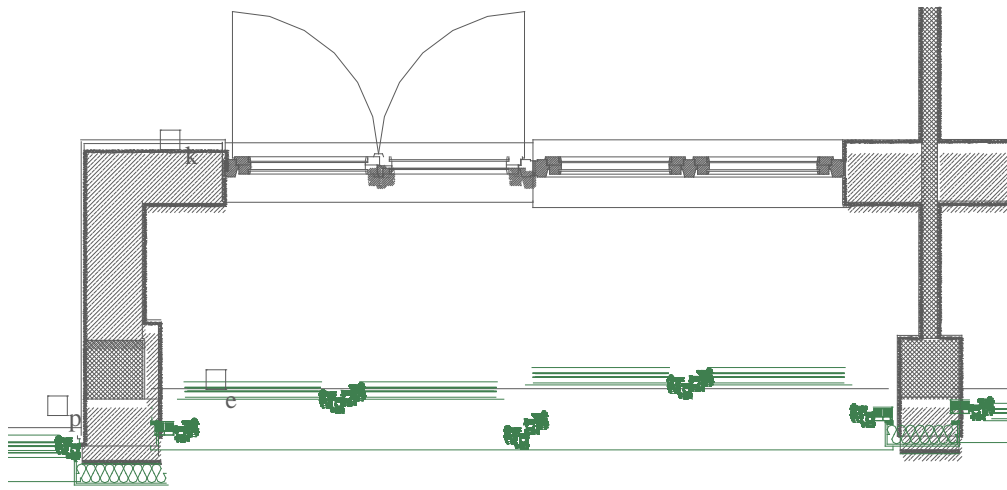
Слика 103. Приказ енергетске оптимизације дијела вертикалног омотача референтног модела Узорка 2, застакљење лођа, као директног утицаја на цијели вертикални омотач (спољашњи зидови и прозори), на слици лијево детаљ пресека лође на посљедњој етажи, а на слици десно детаљ пресека лође карактеристичне етаже. Сива боја постојеће стање омотача и постојећи елементи који се враћају након обнове, зелена боја приказује обнову - додавање топлотне изолације на постојећи омотач и застакљење лођа

#### Детаљ р

Као и код свих спојева прозора са спољашњим зидом у основи, па тако и код застакљења лођа са карактеристичним прозорима, ако је прозор постављен  $\leq 2,5\text{cm}$  од краја постојећег спољашњег зида, неопходно је да се топлотна



изолација на спољашњем зиду продужи и на допрозорник и то у дебљини  $\geq 3\text{cm}$ , да би се минимизирали линијски топлотни губици (уконили топлотни мостови). Очекивани линијски губици су  $\Psi = 0,05 - 0,08 \text{ W/mK}$  (Слика 104.).



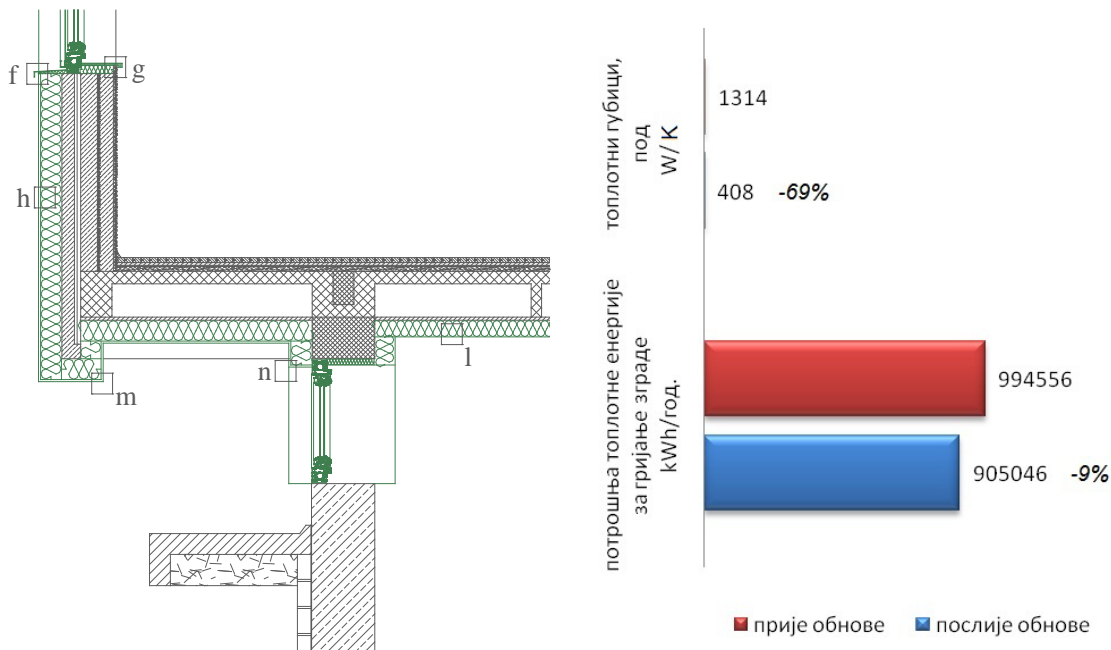
Слика 104. Приказ енергетске оптимизације дијела вертикалног омотача референтног модела Узорка 2, детаљ застакљења лође у основи, као директног утицаја на цијели вертикални омотач (спољашњи зидови и прозори). Сива боја означава постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - додавање топлотне изолације на постојећи омотач и застакљење лођа

#### Детаљ 1

На постојећу међуспратну таваницу са свим постојећим слојевима, са доње стране директно се на постојећи продужни малтер, лијепи обични експандирани полистирен у дебљини од 10cm без завршног слоја. Фактор корекције температуре износио би око 0,85 са свим измјенама које су се десиле и на подрумском ободном зиду, јер су замјењени прозори и топлотна изолација на фасадном (спољашњем) зиду је продужена до краја подрумских прозора (Табела 45. и Слика 105.).

Табела 45. Доказ вриједности U-коэффицијента енергетски оптимизованог пода Узорка 2

МЕЂУСПРАТНА КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРИЈАНОГ ПОДРУМСКОГ ПРОСТОРА			
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума		Rf (m <sup>2</sup> K/W)	2,7732
паркет	0,024	0,16	0,15000
азбест-цементна плоча	0,013	0,41	0,03171
натрон папир	0,005	0,15	0,03333
пијесак	0,023	0,58	0,03966
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> ) (4+18)cm	0,06	2,33	0,02575
дрвене летве 0,024cm 10%	0,0024	0,14	0,01714
азбест-цементна плоча	0,015	0,41	0,03659
<b>EPS</b>	<b>0,100</b>	<b>0,041</b>	<b>2,43902</b>
отпор пода подрума на тлу		Rg (m <sup>2</sup> K/W)	0,31394
терацо	0,02	1,51	0,01325
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,13	1,51	0,08609
ХИ	0,02	0,19	0,1052632
бетон	0,08	2,33	0,03433
шљунак	0,15	2	0,075
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uf [W/m <sup>2</sup> K]	0,335
dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)		m	1,154
Коефицијент пролаза топлоте		Ubf [W/m <sup>2</sup> K]	0,418
отпор зида подрума изнад тла са новим прозорима		Rw (m <sup>2</sup> K/W)	1,701
отпор зида подрума у тлу		Rbw (m <sup>2</sup> K/W)	0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uw [W/m <sup>2</sup> K]	0,536
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)		m	1,018
Коефицијент пролаза топлоте		Ubw [W/m <sup>2</sup> K]	0,911
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,271
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,30</b>



Слика 105. Приказ енергетске оптимизације пода Узорка 2 (на слици лијево детаљ пресека- сива боја постојеће стање омотача, зелена боја приказује обнову - замјена прозора или додавање топлотне изолације на постојећи омотач) и његов утицај на топлотне губитке и на потрошњу топлотне енергије за гријање на нивоу цијеле године (на слици десно графикон упоредног приказа прије и после енергетске оптимизације (обнове) пода)

#### Детаљ m

Специфичност Узорка 2 је да поседује препусте које је неопходно енергетски оптимизовати, односно доњи дио хоризонталног омотача – пода, топлотно ће се изоловати са спољашње стране (испод међуспратне конструкције која је ријешена као препуштена конструкција у односу на линију основног конструктивног растера). Енергетска оптимизација код овог дијела омотача захтијева 12cm обичног експандираног полистирена ( $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) да би достигао са увећањем за топлотне мостове ( $\Psi \leq 0,03 \text{ W/mK}$ ) коефицијент пролаза топлоте од  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

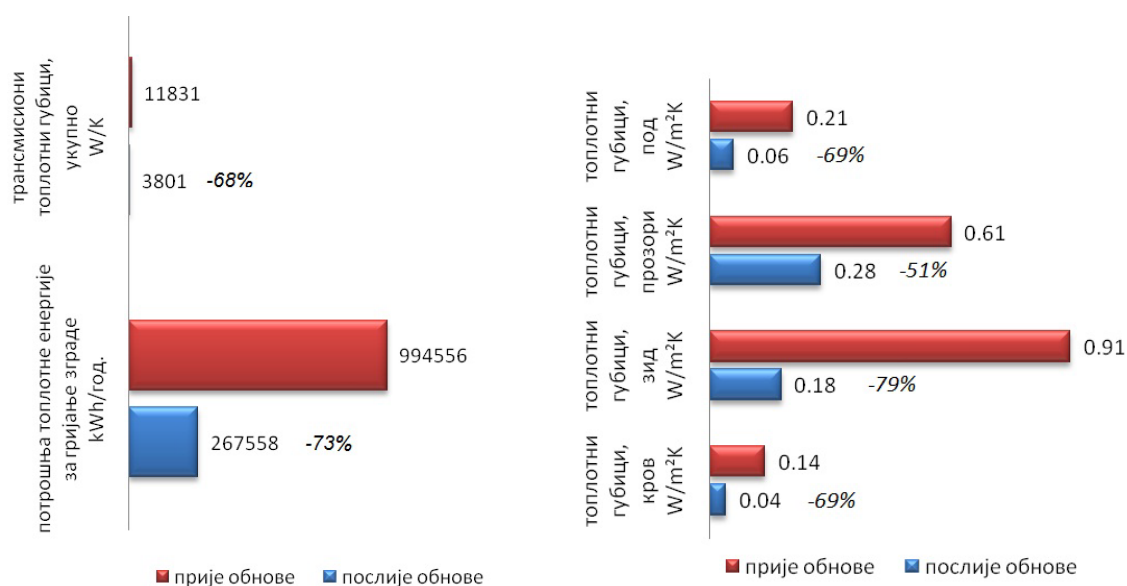
#### Детаљ n

Енергетска оптимизација омотача и минимизирање ефекта топлотних мостова у предјелу пода, односно међуспратне таванице изнад негријаног подрума и подрумског ободног зида захтијева око 55cm топлотне изолације са унутрашње и спољашње стране зида. Са таквим рјешењем очекивани просјечни линијски губици су  $\Psi \leq 0,04 \text{ W/mK}$ .

Постављање топлотне изолације  $\geq 3\text{cm}$  преко допрозорника у горњој зони, када прозор нема ролетну (подрумски нови прозори) ствара очекиване линијске губитке у овој зони од  $\Psi \leq 0,05 \text{ W/mK}$ .

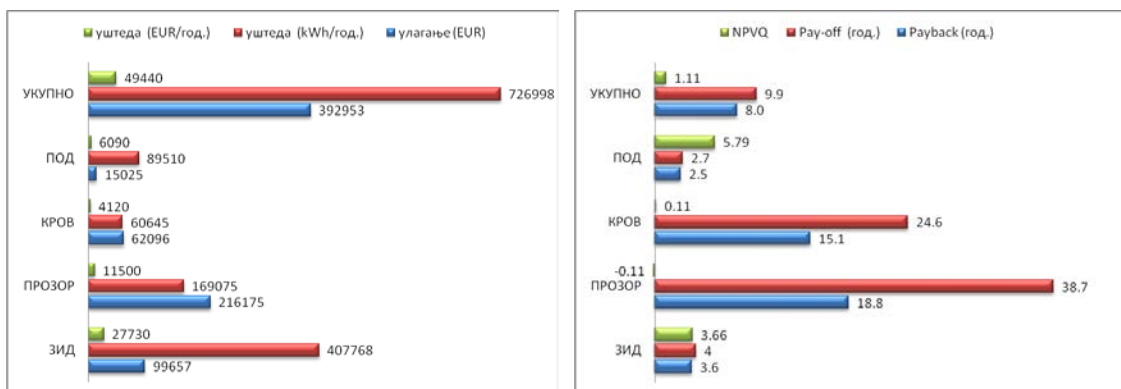
### 6.3.2.2 Доприноси енергетске оптимизације омотача референтног модела обнове Узорка 2

Након приказаних карактеристичних техничких детаља референтног модела обнове Узорка 2, те њихових појединачних утицаја на топлотне губитке и потрошњу топлотне енергије за гријање зграде на годишњем нивоу прије и после енергетске оптимизације омотача, неопходно је приказати њихов заједнички утицај, односно до које мјере ће се смањити потрошња топлотне енергије за гријање Узорка 2 (Графикон 101.).



Графикон 101. Упоредни приказ укупних трансмисионих топлотних губитака и потрошње топлотне енергије за гријање зграде на годишњем нивоу, прије и после енергетске оптимизације (обнове) омотача Узорка 2, графикон лијево и приказ специфичних трансмисионих топлотних губитака прије и после енергетске оптимизације појединачних дијелова омотача Узорка 2, графикон десно

Предложене мјере, кроз енергетске и економске анализе (и једним дијелом еколошке, али сагледане кроз материјале на европском тржишту), које су приказане у поглављу 6.1, су мјере које ће на адекватан начин енергетски оптимизовати омотач зграде, а то значи да осим што ће бити загарантовано смањење потрошње топлотне енергије за гријање зграде, таква поставка ће бити и економски најисплативије рјешење (Графикон 102.).

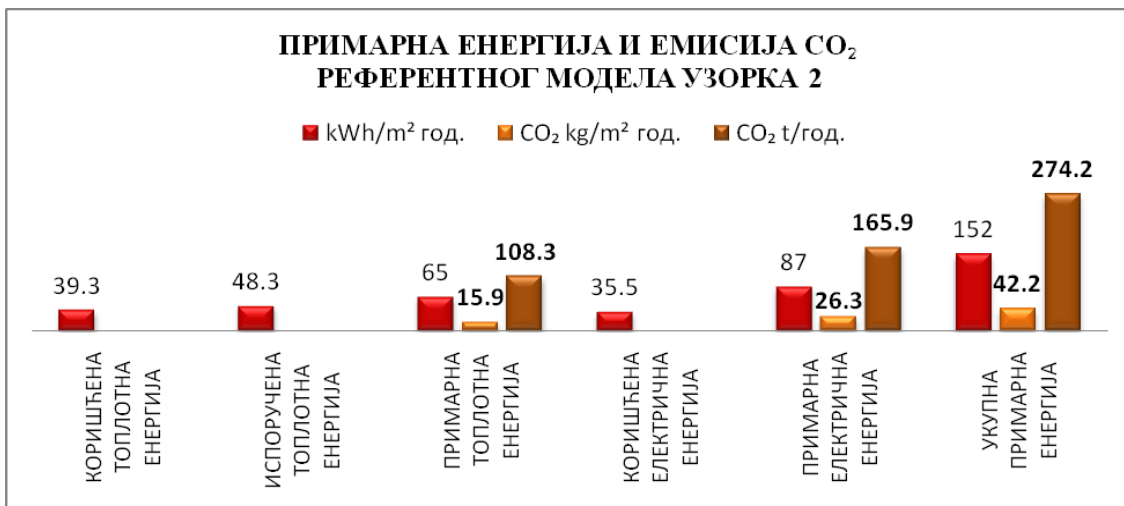


Графикон 102. Упоредни приказ економских показатеља на појединачним мјерама и укупној енергетској оптимизацији омотача Узорка 2: иницијалног финансијског улагања у EUR и уштеде на годишњем нивоу у EUR и kWh, графикон лијево и периода отплате Payback, Pay-off и квотијента NPVQ, као најбољег показатеља при рангирању мјера, графикон десно

Потрошња топлотне енергије за гријање зграде Узорка 2 (пројектна, у основи, потребна, топлотна енергија која би била искоришћена при остваривању просјечне унутрашње температуре у становима од 20°C) од 157,7 kWh/m<sup>2</sup>, са енергетском оптимизацијом омотача до предложених мјера и застакљењем лођа до истих предложених мјера, а са свим осталим задржаним параметрима (интерним добицима од корисника, расвјете и уређаја) који утичу на ниво потрошње топлотне енергије, као и задржаног начина и ефикасности система гријања, биће сведена на 39,3 kWh/m<sup>2</sup>. Специфични трансмисиони губици топлоте са 1,87 W/m<sup>2</sup>K, биће смањени на 0,56 W/m<sup>2</sup>K, док ће вентилациони (инфилтрациони) губици топлоте задржати своје стање од 0,48 W/m<sup>2</sup>K.

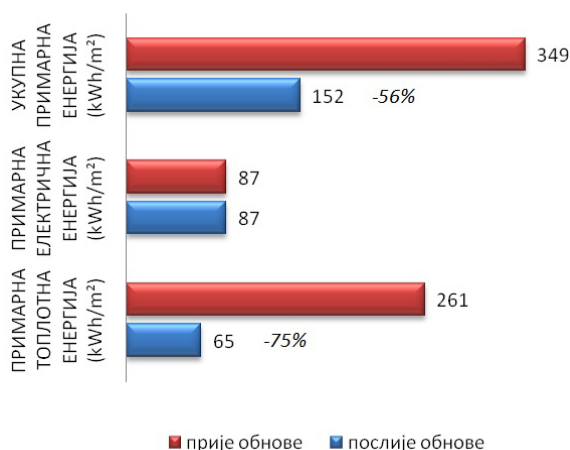
Потрошња топлотне енергије за гријање референтног модела обнове Узорка 2 према пројектној температури од 20°C у зони станова од 39,3 kWh/m<sup>2</sup>, свешће испоручену топлотну енергију из градске топлане на 48,3 kWh/m<sup>2</sup>. Потрошња примарне енергије за гријање референтног модела Узорка 2 на годишњем нивоу износи 65 kWh/m<sup>2</sup> и емисију CO<sub>2</sub> од 15,9 kg/m<sup>2</sup>, односно 108,3 тоне на годишњем нивоу.

У том случају укупна (топлотна и електрична) потрошња примарне енергије референтног модела Узорка 2 износи 165,9 kWh/m<sup>2</sup>, са емисијом CO<sub>2</sub> од 152 kg/m<sup>2</sup> на годишњем нивоу, односно 274,2 тона на годишњем нивоу (Графикон 103.).



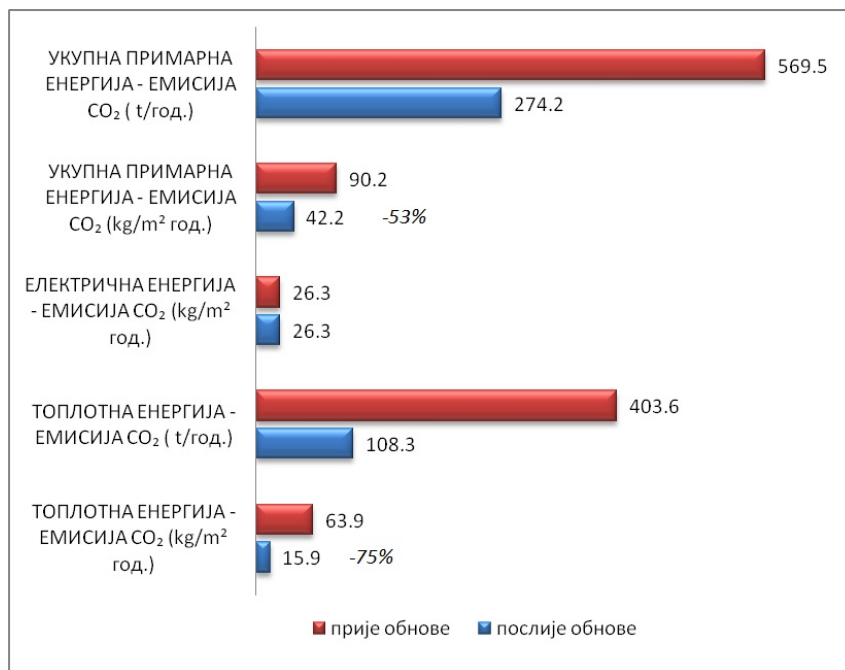
Графикон 103. Упоредни приказ коришћене, испоручене и примарне потрошње енергије за референтни модел Узорка 2 при неопходном минималном пројектном топлотном комфору (зона станова 20°C) и емисије CO<sub>2</sub>

Упоређујући специфичну потрошњу примарне топлотне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 2, референтни модел обнове за 75% је смањио потрошњу топлотне енергије, а због истовјетне потрошње електричне енергије (неоптимизоване расвјете и уређаја који учествују у потрошњи електричне енергије), референтни модел је у коначници умањио укупну примарну енергију за 56% (Графикон 104.).



Графикон 104. Упоредни приказ специфичне потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 2

Показатељи утицаја на животну средину, емисија CO<sub>2</sub> у атмосферу указују да би референтни модел обнове Узорка 2 са смањењем потрошње топлотне енергије за гријање могао умањити и емисију CO<sub>2</sub> за 75%, док би од укупне примарне енергије смањио емисију CO<sub>2</sub> за 53% (Графикон 105.).



Графикон 105. Упоредни приказ емисије CO<sub>2</sub> на годишњем нивоу у kg/m<sup>2</sup> и тонама, од потрошње примарне топлотне, електричне и укупне енергије, прије и после енергетске оптимизације омотача Узорка 2

#### 6.4 Упоредна анализа енергетских уштеда и смањења емисија CO<sub>2</sub> на референтним моделима обнове

На одабир референтних модела обнове репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда, утицао је превасходно енергетски аудит, који је указао на границе спољашњег омотача, а онда енергетске, економске и једним дијелом еколошке анализе, горе наведене, у оквиру овог поглавља. Параметри постојећег стања репрезентативних узорака који утичу на потрошњу енергије за гријање, у основи (пројектна унутрашња температура у просторијама станова 20°C) указали су да је потребна топлотна енергија Узорка 1 је за око 10% већа него код Узорка 2, док референтни модели обнове указују да је потребна топлотна енергија Узорка 1 за 18% нижа од Узорка 2.

Примјењујући при енергетској оптимизацији (обнови) омотача предложене мјере, односно гранични коефицијенти пролаза топлоте који су у зависности од врсте узорка скоро једнаки. Разлика у коефицијенту пролаза топлоте код крова, је у њиховој појавној различитости и граничним температурама око њихових површина, јер прорачуном топлотног биланса (фактор корекције температуре) указује се да је и код Узорка 1 коефицијент пролаз топлоте од гријаног простора, преко таванског негријаног простора, па до спољашњег ваздуха нижи од 0,20 W/m<sup>2</sup>K, односно тачно 0,18 W/m<sup>2</sup>K. Референтни модели обнове оба узорка довели су до изједначавања фактора облика зграде, код Узорка 2 фактор облика сведен је на скоро исти облик Узорка 1 (0,40).

Фактор дотока од сунца (g-коефицијент) је такође изједначен око 0,40 код оба узорка. Код Узорка 1 нови прозори са новим нижим g-коефицијентом застакљења (утицај ниско-емисионе превлаке) и површина застакљења умањена постављањем кутије за ролетну смањили су постојећи доток од сунца за 22,5%, док Узорак 2 би такође имао процентуално исто умањење да му се граница омотача није помјерила за позицију лође, односно Узорак 2 је са својим моделом обнове изгубио засјенчење од лођа према транспарентним површинама, те с тим добио увећање дотока од сунца за 14,7% (Табела 46.).



Табела 46. Упоредни приказ параметра, репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука према пројектном стању и према референтном моделу обнове оба узорка, за прорачун специфичне потрошње топлотне енергије (коришћена енергија за гријање зграде) и еколошких параметара (емисије CO<sub>2</sub>) према EN ISO 15686

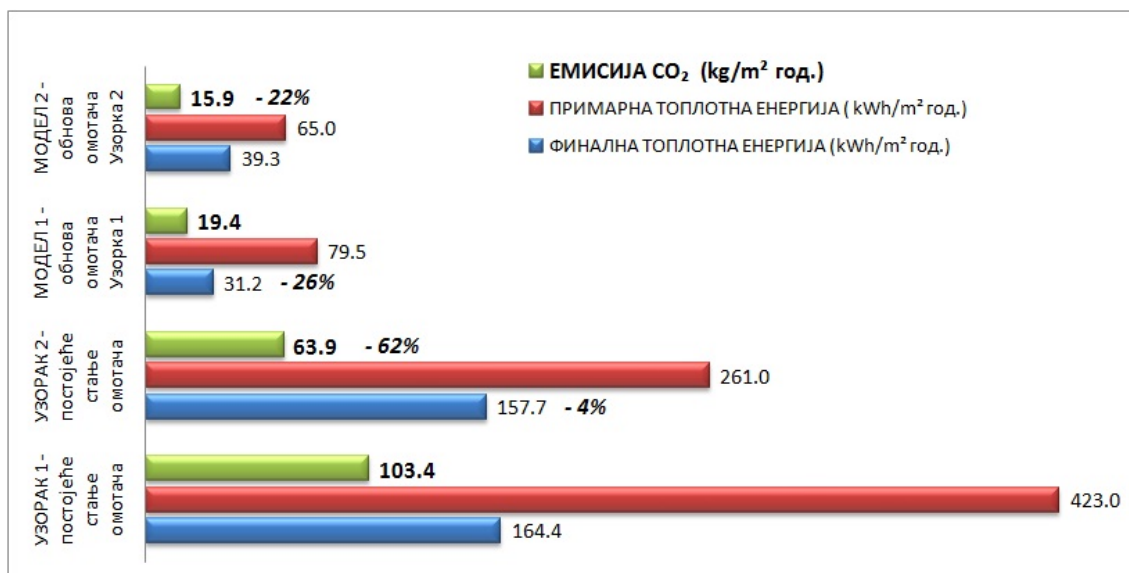
ПАРАМЕТРИ ЗГРАДЕ	м. јед.	УЗОРАК 1		УЗОРАК 2	
		1964		1974	
година изградње зграде		1964		1974	
гријана/хлађена површина зграде	m <sup>2</sup>	2025		6315	6800
гријани/хлађени волумен зграде	m <sup>3</sup>	5670		17682	19400
топлотни капацитет зграде	Wh/m <sup>2</sup> K	72		46	
метаболичка топлота оријентација (транспарентне површине)	W/m <sup>2</sup>	3,8		4,9	
		СЗ - ЈИ		И - З	
ТОПЛОТНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ ЗГРАДЕ		ОСНОВА	ОБНОВА	ОСНОВА	ОБНОВА
U-коэф. ЗИДОВИ	W/m <sup>2</sup> K	2,03	<b>0,30</b>	1,35	<b>0,30</b>
U-коэф. ПРОЗОРИ	W/m <sup>2</sup> K	3,12	<b>1,60</b>	3,08	<b>1,60</b>
U-коэф. КРОВ	W/m <sup>2</sup> K	1,64	<b>0,30</b>	0,70	<b>0,20</b>
U-коэф. ПОД	W/m <sup>2</sup> K	1,02	<b>0,30</b>	1,04	<b>0,30</b>
ФАКТОР ОБЛИКА	-	0,40	<b>0,40</b>	0,46	<b>0,41</b>
ФАКТОР ПРОЗОРА	%	23,70	<b>23,70</b>	19,90	<b>17,60</b>
g-коэф.	-	0,49	<b>0,40</b>	0,34	<b>0,39</b>
инфилтрација	1/h	0,60	<b>0,50</b>	0,50	<b>0,50</b>
унутрашња температура зграде	°C	19,2	<b>19,2</b>	20,0	<b>19,9</b>
доња температура	°C	16,7	<b>16,7</b>	16,6	<b>16,6</b>
ИНТЕРНИ ДОПРИНОСИ					
расвјета	kWh/m <sup>2</sup>	2,57	<b>2,24</b>	2,51	<b>2,22</b>
разни потрошачи	kWh/m <sup>2</sup>	13,48	<b>11,73</b>	11,9	<b>10,52</b>
ПОТРЕБНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	kWh/m <sup>2</sup>	104,7	<b>19,9</b>	94,5	<b>23,5</b>
ЕФИКАСНОСТ СИСТЕМА ГРИЈАЊА					
емисиона ефикасност	%	80,1	<b>80,1</b>	80	<b>80</b>
дистрибутивна ефикасност	%	98,2	<b>98,2</b>	90,5	<b>90,5</b>
аутоматска регулација	%	90	<b>90</b>	90	<b>90</b>
ТУЗ/ППЕ	%	90	<b>90</b>	92	<b>92</b>
ефикасност генератора топлоте	%	100	<b>100</b>	100	<b>100</b>
<b>КОРИШТЕНА/ФИНАЛНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА</b>	kWh/m <sup>2</sup>	164,4	<b>31,2</b>	157,7	<b>39,3</b>
ИСПОРУЧЕНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	kWh/m <sup>2</sup>	313,1	<b>58,9</b>	193,7	<b>48,3</b>
ПРИМАРНА ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	kWh/m <sup>2</sup>	423,0	<b>79,5</b>	261,0	<b>65</b>
<b>ЕМИСИЈА CO<sub>2</sub> (на годишњем нивоу)</b>	kg/m <sup>2</sup>	103,4	<b>19,4</b>	63,9	<b>15,9</b>
ЕМИСИЈА CO <sub>2</sub> (на годишњем нивоу)	t	209,3	<b>39,3</b>	403,6	<b>108,3</b>

Референтни модел обнове омотача Узорка 2 је смањено за 13% фактор прозора, јер постојећа граница омотача имала је осим прозора и балконска врата, а нова граница има само прозоре. Односно за 5% је мања површина прозора референтног модела обнове омотача Узорка 2 (1194m<sup>2</sup>) у односу на постојеће стање (1254m<sup>2</sup>), али се и укупна гријана/хлађена површина референтног модела Узорка 2 (6800m<sup>2</sup>) повећала за 7,7% у односу на постојеће стање (6315m<sup>2</sup>). Инфилтрација је код оба узорка процјењена на 0,5 1/h због хигијенских услова и очекује се да ће уз помоћ

понашања корисника бити обезбјеђена. При кориштењу лиценцираног програма ENSI EAB код оба узорка прорачун је вршен на основу пројектне унутрашње температуре у становима од 20°C. Код Узорка 1 је нижа због цјеловитог посматрања зграде (просјечна температура стамбеног простора и простора степеништа), док код Узорка 2 у основи је 20°C, јер је постојеће стање Узорка 2 изузимало степенишни простор и водило се само пројектном унутрашњом температуром у стамбеним просторијама, док је при обнови референтног модела Узорка 2 температура од 19,9°C због добијања нових просторија у лођама, те изведена је на основу израчунате просјечне температуре у лођама у зимском периоду (19,8°C) и температуре у унутрашњим стамбеним просторима (20°C).

Референтни модели обнове оба узорка, при истој количини расвјете, електричних уређаја и броја корисника, прорачунавају да су интерни (унутрашњи) доприноси топлоте од истих, код Узорка 1 око 15% нижи, док су код Узорка 2 за 13% нижи од постојећег (пројектног), стања у основи.

Ефикасност система гријања у предметним узорцима, видно на Графикону 106., створила је већу разлику између ова два узорка у односу на потребну топлотну енергију, тако да је специфична потрошња топлотне енергије код Узорка 2 за 26% виша него код Узорка 1.



Графикон 106. Упоредни приказ потрошње финалне топлотне енергије, примарне топлотне енергије и емисије CO<sub>2</sub> репрезентативних узорка прије обнове (постојеће пројектно стање, у основи) и након обнове (референтни модели обнове омотача репрезентативних узорка)

Удаљеност насеља у којима су смјештени репрезентативни узорци од централног постројења градске топлане утицала је да се упоредно стање између ова два референтна узорка обнове измјени, односно да се потрошња испоручене топлотне енергије, а с тим и примарне топлотне енергије и емисије CO<sub>2</sub> код Узорка 1 за око 22% буде већа од потрошње примарне топлотне енергије и емисије CO<sub>2</sub> Узорка 2.

Површина зграда репрезентативних узорака (Узорак 2 је и више од 3,3 пута већи у површини него Узорак 1) резултовала је да референтни модел обнове Узорка 2 производи емисију CO<sub>2</sub> од око 108 тона, док референтни модел обнове Узорка 1 производи емисију CO<sub>2</sub> од око 39 тона. Посматрајући моделе обнове према укупној површини и производњи емисије CO<sub>2</sub>, Узорак 1 производи више емисије CO<sub>2</sub> за око 22% од Узорка 2 или 1,2 пута је већа емисија Узорка 1.

Истраживање указује да референтни модели обнове кроз енергетску оптимизацију омотача до истих предложених мјера и са истим фактором облика неће бити идентични, када је ријеч о градском (централном, даљинском) гријању. Упоредна анализа референтних модела обнове и њихова потрошња енергије за гријање може представљати референтну вриједност специфичне потрошње енергије за гријање нових и постојећих зграда, из периода од 1945-1980 године, којима се обнавља цијели омотач и које су прикључене на градско, даљинско гријање. Ако посматрамо заједно оба референтна модела енергетска оптимизација цијелог омотача репрезентативних узорака смањила је специфичну потрошњу енергије за гријање на 30-40 kWh/m<sup>2</sup>, односно створила је енергетску уштеду топлотне енергије и смањење емисије CO<sub>2</sub> од 75-81% у односу на постојеће пројектно стање репрезентативних узорака.

## 7 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

### 7.1 Основни закључци

Одабрана тема енергетске оптимизације омотача постојећих стамбених зграда на подручју Бањалуке (у изграђеној структури, које су прикључене на систем даљинског/градског гријања), као дијела свеобухватне енергетске оптимизације зграда (оптимизација интерних доприноса – расвјете, уређаја или броја корисника и оптимизације гријног система зграде), када се постави пројектна граница гријног развода да је сам улаз у зграду, утиче на потрошњу енергије за гријање зграде у великој мјери у зависности како је пројектован сам омотач зграде. Пројектовање омотача зграде односи се на аспект конструкције и материјализације самог омотача у смислу какав је топлотни капацитет конструкције зграде (акумулативност/способност елемената конструкције да чувају топлоту у обухваћеном простору), квалитет топлотне изолације (вриједност коефицијента пролаза топлоте -  $U$ ), количина застакљених површина (фактор прозора) и могућност дотока од сунчеве енергије кроз исте у односу на оријентацију и дозраченост сунчеве енергије (укупни коефицијент трансмисије сунчеве енергије –  $g$ ) Такође, пројектовање се односи на укупну површину омотача у односу на волумен зграде (фактор облика), као и заптивеност самог омотача и његову изложеност вјетру (инфилтрација ваздуха).

Репрезентативни узорци за енергетску оптимизацију омотача дефинисани су на основу развоја стандарда из области топлотне заштите на предметном подручју, присутности карактеристичне врсте (структуре) стамбеног објекта и урбанистичко-архитектонских карактеристика (конструктивног система и начина материјализације, оријентације, позиције у односу на сусједне зграде). Истраживање је показало да због ефикасности система гријања и удаљености од централног постројења градске топлане, карактеристичне врсте стамбених зграда са аспекта потрошње енергије за гријање могле би се расчланити на још врста у зависности од насеља у којем су смјештене.

Просјечна дозраченост од укупног сунчевог зрачења на хоризонталну површину по мјесецима за Бањалуку која је на  $44,78^\circ$  ( $44^\circ 46'$ ) сјеверне географске ширине према Метеонорму у односу на могуће укупно сунчево зрачење на хоризонталну површину по мјесецима за  $45^\circ$  сјеверне географске ширине указује да Бањалука има око 20% у зимским мјесецима оствареног сунчевог зрачења и око 30% у љетним мјесецима од потенцијалног сунчевог зрачења за исту географску ширину. Бањалука са  $1282 \text{ kWh/m}^2$  има за око 16% већу дозрачену енергију од Фрајбурга ( $1102 \text{ kWh/m}^2$ ), који има један од најпознатијих института за соларне енергетске системе - Фраунхофер и који је водећи у Европској унији према изведеним пројектима на том подручју везаним за примјену пасивних соларних система на омотачу зграда (енергетској оптимизацији омотача зграда у сврху уштеде енергије за гријање зграда), потврђује и да најмање доприносе енергије од сунца треба искористити.

Досадашња пракса на подручју Босне и Херцеговине при прорачунима гријног оптерећења зграда није укључивала утицај дотока од сунца (g-коэффициент), те интерне доприносе од расвјете, уређаја и корисника, што је са сигурношћу доводило до предимензионисања система гријања. Ако сагледамо код репрезентативних узорака потрошњу енергије за гријање без свих наведених утицаја потрошња енергије за гријање износила би између  $230\text{-}250 \text{ kWh/m}^2$ , што је за 45-55% већа потрошња него што је прорачуната преко детаљног енергетског аудита, а уз помоћ лиценцираног софтверског програма ENSI EAB.

Уз помоћ програма ENSI EAB показано је и колика могу бити одступања, при рачунској анализи и процјени топлотних карактеристика спољног омотача, у прорачуну потрошње енергије за гријање зграда, односно да поједини параметри учествују од 5%-10% у деградацији резултата потрошње енергије за гријање зграда. Параметри линијских топлотних губитака, који су процјењени на  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  за сваку површину елемента, ако се не узимају у обзир при прорачуну потрошње енергије за гријање репрезентативних узорака, потрошња топлотне енергије биће мања за 6-8%.

Утицај засјенчења узорака од сусједних зграда створило је за 1,5-3% већу потрошњу енергије за гријање, односно да сусједне зграде не праве сјенку била би за толико нижа потрошња енергије за гријање због дотока сунчеве енергије кроз транспарентне (застакљене) површине омотача. Код Узорка 2 укупно засјенчење од лођа и од сусједних зграда чини за 8,4% већу потрошњу енергије за гријање.

Фактор корекције температуре, код елемената као што су таванице ка негријаним просторима, приликом прорачуна уз помоћ топлотног биланса и ENSI excel tools, указано је да није исти код постојећег стања и код новог унапређеног стања. Нпр. топлотним билансом, код међуспратне конструкције испод негријаног таванског простора код постојећег стања фактор корекције температуре је 0,8, а код новог/унапређеног 0,6, док је код пода, тачније међуспратне конструкције изнад негријаног подрума уз помоћ ENSI excel tools U-floor, фактор корекције температуре код постојећег стања је 0,75, а код унапређеног 0,85.

Пошто су сви правилници о енергетској ефикасности засновани на стандарду ISO 13790:2008, те и рачунски алгоритам лиценцираног програма ENSI EAB, за Узорак 1 (масивна зидана конструкција – зидови од опеке 25cm и ТМ таваница 18cm) усвојен је топлотни капацитет од 72 Wh/m<sup>2</sup>К, док је за Узорак 2 (скелетна префабрикована конструкција – испуна од армирано-бетонских сендвич панела 17cm и 23cm) усвојен топлотни капацитет од 46 Wh/m<sup>2</sup>К.

Параметар усвојене метаболичке топлоте или одавање топлоте по особи по једници површине за стамбене зграде код Узорка 1 износи 3,8 W/m<sup>2</sup>, док код Узорка 2 износи 4,88 W/m<sup>2</sup>, а у Правилнику енергетске ефикасности у зградама Србије износи 1,8 W/m<sup>2</sup>, што указује да је овај параметар неопходно израчунати, јер у случају Узорка 2 претпоставка према Правилнику Србије чини већу потрошњу коришћене (финалне) енергије за гријање у основи (пројектне) за 6,6%. Усвојена заузетост узорка од стране корисника је 16 часова дневно, односно 112 часова седмично, као и распоред гријања, који такође износи 16 часова дневно сваки дан (112 часова седмично), јер режим рада градске топлане је од 6 часова ујутро до 22 часа.

При спровођењу енергетског аудита/прегледа зграде, приликом анализе топлотних карактеристика спољног омотача, као и осталих система у згради који утичу на потрошњу енергије, након теоретских прорачуна, неопходно је спровести мјерења, односно приказати енергетске гаранције, које би потврдиле те претпоставке и да би се могла очекивати тачност прорачуна потрошње енергије за гријање зграде  $\pm 5\%$ - $10\%$ . Неопходно је анализирати омотач мјерењима и прегледом омотача на самом терену: методом мјерења пролаза топлоте на лицу мјеста (контактна метода одређивања нивоа топлотне изолованости омотача), инфрацрвеном термографијом (бесконтактна метода квалитативне детекције топлотних мостова на омотачу и упоређивање варијација температура посматраног омотача) и Blower door тестом (тест удувавања ваздуха у просторију и одређивање нивоа инфилтрације) и заједно са инфрацрвеном камером утврђивање зона инфилтрације ваздуха.

Нестручно спровођење мјерења, као и не придржавање стандарда којим су методе мјерења дефинисане, доводи до погрешних анализа, а с тим и до погрешних резултата.

Лиценцирани софтверски програм ENSI EAB уношењем унапријед израчунатих свих параметара, од стране стручног лица, који учествују у прорачуну потрошње енергије за гријање зграда срачунава специфичну потрошњу енергије за гријање. Програм може на једноставан начин подешавањем температуре приказати стварну и пројектну потрошњу топлотне енергије, те унапређењем мјера приказати колике су уштеде енергије. Програм не може уносити мјере везане за концепт пасивних соларних система, већ је неопходно, такве мјере, прорачунати, од стране стручног лица, преко просјечног мјесечног протока соларне топлоте преко постојећег омотача (метода мјесечног биланса). За добијену количину топлоте (енергије) умањиће се постојећа потрошња енергије добијена уз помоћ програма ENSI EAB.

Репрезентативни узорци постојећих стамбених зграда града Бањалука представљају референтне објекте за примјену конвенционалних мјера у циљу

енергетске оптимизације омотача. Изграђена градска структура, код примјене новијих коцепата пасивних соларних система, тачније примјени транспарентне топлотне изолације, чини да је у потпуности само посљедња етажа довољно осунчана за примјену исте. Уштеде енергије су евидентне, односно у случају Узорка 1 и климатских карактеристика Бањалуке, у зимском периоду за  $1 \text{ m}^2$  транспарентне изолације (дебљине 12cm), постављене на постојећи фасадни зид од опеке 25cm, према југоистоку и југозападу добици топлоте су око 75 kWh, док су према сјеверозападу и сјевероистоку дупло нижи. Транспарентна термоизолација захтијева да се угради заједно са конвенционалном топлотном изолацијом и могућа поставка од  $31,2 \text{ m}^2$  транспарентне топлотне изолације на репрезентативни Узорак 1 није се показала економски исплатива у односу на конвенционално непровидно изоловање зграде.

Застакљење лођа као мјера за енергетску оптимизацију омотача Узорка 2 у зависности од етаже и оријентације, такође биљежи доприносе топлоте који су у зависности од односа транспарентног и непровидног омотача лође и квалитета непровидног дијела омотача лође (U-коэффицијента зида) и застакљења (U-коэффицијента и g-коэффицијента прозора). Ако погледамо референтни модел обнове Узорка 2, који на конвенционалан начин има застакљене лође, показао се као економски исплативије рјешење од енергетског оптимизовања постојећег омотача такође конвенционалним начином унапређења, али без застакљења лођа, при достизању истог квалитета омотача. Истраживање је издефинисало да температура простора лође, при климатским карактеристикама Бањалуке, зависи од позиције на етажи зграде (у зависности од површине елемената омотача зграде окружују лођу), волумена и оријентације. Просјечна температура простора лође, код референтног модела обнове омотача Узорка 2, у зимском периоду је  $19^\circ\text{C}$  -  $20^\circ\text{C}$ . Топлотни добици се могу очекивати у октобру (просјек око 8 kWh по лођи), марту (просјек око 10 kWh/по лођи) и априлу (просјек око 17 kWh по лођи), јер тада се биљежи температура виша од  $20^\circ\text{C}$  у застакљеним лођама. Најкритичнији мјесец је децембар када је забиљежена просјечна температура у лођама од  $17^\circ\text{C}$  и јануар  $17,2^\circ\text{C}$ . Иако температура спољашњег ваздуха није најнижа у децембру ( $2,2^\circ\text{C}$ ) има најнижу дозрачену сунчеву енергију према вертикалној површини



источне оријентације ( $30\text{W}/\text{m}^2$ ). Посматрајући појединачне лође референтног модела обнове најнижа температура у лођи забиљежена је у децембру у приземљу на углу зграде према источној оријентацији од  $16,3^\circ\text{C}$ .

За Босну и Херцеговину, што се тиче адекватних материјала за енергетску оптимизацију омотача, значајна је само производња експандираног полистирена (EPS) и мањим дијелом производња дрвених и алуминијумских оквира, а биљежи се и извоз и увоз истих. Значајна је и производња термоизолационог стакла, односно увезено равно стакло на подручју Босне и Херцеговине накнадно се дорађује у термоизолационо стакло, док се све остале врсте материјала увозе. На тржишту Босне и Херцеговине, а нарочито Републике Српске, нису обавезујући сертификати о усклађености производа, па тако да поједини произвођачи горе наведених материјала не посједују исте. Сертификати о усклађености производа морају бити обавезујући, јер су једини доказ да ће уграђени материјал бар у фази планирања и пројектовања, при прорачунима имати наведене карактеристике. Материјали (производи) за енергетску оптимизацију омотача, морају посједовати сертификат о усклађености производа, на којем би требали бити наведени, осим физичких и техничких карактеристика и услови у којима је материјал испитан.

Истраживање је оповргло процјене енергетског института „Хрвоје Пожар“ објављене у Стратегији развоја енергетике Републике Српске до 2030. године која је са својим техничким рјешењима и приједлозима мјера везаних за енергетску оптимизацију омотача зграда за подручје Републике Српске, које су, са захтјеваним дебљинама топлотне изолације, ригорозније од предложених мјера, предвидио да би се могла очекивати потрошња енергије за гријање стамбених зграда од  $40\text{--}60\text{ kWh}/\text{m}^2$ . Референтни модели обнове, са предложеним мјерама/дозвољеним коефицијентима пролаза топлоте кроз елементе омотача укључујући и линијске губитке топлоте ( $0,3\text{--}1,6\text{--}0,3/0,2\text{--}0,3$ ) показују да се може очекивати да потрошња енергије за гријање стамбених зграда буде сведена на  $30\text{--}40\text{ kWh}/\text{m}^2$  при просјечној пројектној температури станова од  $20^\circ\text{C}$ .

Лиценцирани програм ENSI EAB прорачунава да би при обезбјеђивању топлотног комфора од 21°C (подизање за 1°C пројектне температуре) значило за референтне моделе обнове репрезентативних узорака потрошњу енергије за гријање већу за око 10% (Узорак 1 са 31,2 kWh/m<sup>2</sup> на 34,6 kWh/m<sup>2</sup> - ~ 11%, Узорак 2 са 39,3 kWh/m<sup>2</sup> на 42,8 kWh/m<sup>2</sup> - ~9%).

Истраживање је показало да већ при анализи односа U-коэффицијента и цијене мјере/мјера је сагледива најбоље рангирана мјера или пакет мјера.

Економски параметри профитабилности мјере/мјера уз помоћ софтверског пакета ENSI есопому, који између осталог рангирају мјере према квоцијенту нето садашње вриједности (NPVQ), указали су да је поставка предложених мјера (0,3-1,6-0,3/0,2-0,3) за стамбене зграде боље рангирана и од поставки мјера при обнови зграда за постојеће зграде према важећем правилнику у Србији и поставке мјера за стамбене зграде, којима ће се обновити цијели омотач, према техничком пропису важећем у Хрватској, односно потврдили су горе наведени однос U-коэффицијента и цијене мјере/мјера.

Најбоље рангирана мјера је топлотно изоловање међуспратне конструкције изнад негријаног подрумског простора (облагање плоче одоздо експандираним полистиреном са продужењем од 55cm на подрумске зидове) – период отплате према цијени материјала и уградње са ПДВ-ом од 1,8-2,8 година, а према цијени укупне инвестиције са ПДВ-ом 2,3-3,4 година (према цијени топлотне енергије од 0,068 EUR/kWh и стварне каматне стопе од 4,3%). Најнеисплативија мјера је замјена постојећих прозора са новим (прозори са кутијом за ролетну са U=1,6W/m<sup>2</sup>K) - период отплате према цијени материјала и уградње са ПДВ-ом од 14,1-16,1 година, а према цијени укупне инвестиције са ПДВ-ом 17,3-19,8 година (према цијени топлотне енергије од 0,068 EUR/kWh и стварне каматне стопе од 4,3%).

Према програму ENSI есопому при обнови цијелог омотача стамбених зграда, према предложеним коэффициентима пролаза топлоте за омотач (0,3-1,6-0,3/0,2-0,3), период отплате према цијени материјала и уградње са ПДВ-ом је од 6,2-6,5

година, а према цијени укупне инвестиције са ПДВ-ом 7,4-8,0 година (према цијени топлотне енергије од 0,068 EUR/kWh и стварне каматне стопе од 4,3%).

Повећање цијене топлотне енергије створио би веће уштеде новца на годишњем нивоу, а с тим би био мањи период отплате мјера.

Резултати истраживања своју основну примјену имају у процесима пројектовања и извођења обнове омотача стамбених зграда, односно унапређења енергетских перформанси омотача као услова за смањење потрошње енергије за гријање зграда и уопште формирање енергетски ефикасних зграда у домаћим условима.

Пројектовање, одабир и примјена мјера у циљу енергетске оптимизације омотача захтијева да архитекта, као и остале струке посједују адекватна знања о мјерама за остварење енергетске ефикасности зграда и могућностима њихове примјене, те резултати истраживања осим приказа архитектонских детаља, правила, препорука и методологије за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда на подручју Бањалуке и шире, представљају конкретна сазнања и реалне (везане за подручје Босне и Херцеговине) енергетске, еколошке и економске анализе материјала и мјера за енергетску оптимизацију омотача постојећих стамбених зграда града Бањалука.

Резултати истраживања показују да одабране мјере на побољшању енергетских перформанси омотача стамбених зграда града Бањалука утичу на смањење потрошње енергије за гријање у зградама, односно смањења потрошње конвенционалних енергената, а с тим и смањења загађења животне средине.

## 7.2 Правци даљег истраживања

Енергетска оптимизација омотача, као дијела свеобухватне енергетске оптимизације зграда, створила је представу о утицају свих параметара на потрошњу енергије у стамбеним зградама, као и однос омотача, интерних доприноса и гријног система у укупној потрошњи топлотне енергије. Правац будућег истраживања морао би да сагледа какав би требао бити адекватан однос

утицаја омотача, интерних доприноса и гријног система на укупну потрошњу енергије за гријање зграда, када је ријеч о даљинском/централном/градском гријању, односно у којој мјери, процентуално, би се требали односити, један према другоме, при пројектовању енергетски ефикасних зграда.

У раду су приказане најисплативије мјере на енергетској оптимизацији омотача, али цјеловит приступ би требао бити на оптимизацији цијеле зграде, што изискује укључење осталих струка и анализе са аспекта оптимизације од интерних доприноса (сагледавање и примјене мјере енергетски ефикасних уређаја и расвјетних тијела и евентуалне оптимизације броја корисника), те анализе са аспекта оптимизације система гријања, односно унапређења саме ефикасности система (евентуалне мјере на унапређењу дистрибутивног/разводног система гријања, изоловања цијеви у негријаном простору, цурење система и унапређењу емисионе ефикасности гријних тијела, позиције и димензије тијела, као и регулације на гријном тијелу, примјена термостатских вентила који би одржавали задану пројектну температуру).

Правци будућих истраживања требали би се водити и прорачунавањем специфичне потрошње енергије за гријање свих врста/намјена зграда, да би се створиле референтне вриједности потрошње топлотне енергије према намјени зграда.

Енергетска оптимизација омотача узорака и све израчунате ставке око потрошње и уштеде енергије требале би се, након извођења обнове омотача, потврдити или оповргнути праћењем (мониторингом) потрошње топлотне енергије и мјерењем температуре у становима.

Европска унија са декларацијама производа о утицају на животну средину (*EPD - Environmental product declaration*) указује да ће у будућности бити неопходно за адекватну еколошку анализу истражити колики је утрошак примарне енергије (необновљиве) и потенцијал глобалног загријавања за материјале који се производе у Босни и Херцеговини, а који учествују у обнови

постојећих и изградњи нових зграда. Материјали из Европске уније који посједују еколошке декларације, а на тржишту су Босне и Херцеговине, требало би их поновно анализирати на подручју Босне и Херцеговине, због удаљености производног погона и потенцијалног енормног утрешка енергије за транспорт истог.

У будућности би требало узети у обзир и производњу целулозних влакана и овчије вуне, као потенцијалних материјала за топлотну изолацију, а који би се могли производити на тржишту Босне и Херцеговине.

Економске анализе требале би се истражити и према пројекцији пораста цијене топлотне енергије, јер цијена нпр. електричне енергије у Републици Српској је три пута нижа од цијене исте у Хрватској и појединим земљама Европске уније.

Економска ситуација у Републици Српској, а с тим и у Босни и Херцеговини у односу на земље Европске уније (нпр. Њемачке), према статистичким показатељима Свјетске банке из 2009. године, указује да је БДП/становнику око 8 пута нижи. Документ о очувању енергије (*Energy Conservation Act*) Њемачке, из 2007. године, наводио је да је остваривање потрошње енергије за гријање за нове зграде од 30 kWh/m<sup>2</sup> и тиме достизање нивоа стандарда под називом „*EnEV minus 50%*“ гарантује ниску каматну стопу кредитног задужења, при доношењу регулативе на подручју Босне и Херцеговине треба истражити и све могуће олакшице при обнови зграда и грађењу нових.

## 8 ЛИТЕРАТУРА

- 1) Berge, B., *The Ecology of Building materials* (second edition), Oxford: Architectural Press, 2009.
- 2) Богнер, М. и Исаиловић М., *Технички прописи у грејању, хлађењу и климатизацији – са коментарима*, Београд: Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије (СМЕИТС), 1995.
- 3) Boonstra, C. and Thijssen I., *SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Energy in Building Renovation*, Gouda (The Netherlands): IEA and James & James, 1997.
- 4) Verbeeck, G. and Hens, H., „Life cycle optimization of extremely low energy dwellings (Report)”, *Journal of Building Physics*, Volume 31, No.2, Sage Publications, Inc., 2007., pp. 143-177. Коришћено 20. новембра 2008., са <http://jen.sagepub.com/content/vol31/issue2/>
- 5) Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., *Грађевинска физика – приручник*, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006.
- 6) Voss, K., *IEA SOLAR HEATING AND COOLING (SCH) PROGRAMME, TASK 20: SOLAR ENERGY IN BUILDING RENOVATION, Solar Renovation Demonstration Projects: Result and Experience*, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Solar Building Design Group, Freiburg (Germany): IEA and James & James, 2000.
- 7) Giebeler, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009.
- 8) Deplazes, A., *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, A Handbook*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2005.
- 9) Di Giulio, R., Krstic-Furundzic A. et al., *Improving the Quality of Suburban Building Stock – COST Action TU0701*, Malta: Faculty for the Built Environment, University of Malta, 2010.
- 10) „Directive 2002/91/EC of European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings“, *Official Journal of the European Communities*, 04.01.2003, L 1/65-71
- 11) „Directive 2006/32/EC of European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC“, *Official Journal of the European Union*, 27.04.2006., L 114/64-85
- 12) „Education of Architects in Solar Energy and Ecology“, коришћено 15. јуна 2008., са <http://www.cenerg.ensmp.fr/francais/themes/cycle/html/12a.html>
- 13) „Енергетски биланс Републике Српске - план за 2010. годину“, Бањалука: Влада Републике Српске, 2010., документ преузет 15.08.2011. године са [http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En\\_bilans\\_2010%20cir.pdf](http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/std/Documents/En_bilans_2010%20cir.pdf)

- 14) EURIMA, *U-values for Better Energy Performance of Buildings*, коришћено 20. новембра 2007, са [http://www.eurima.org/eurima-publications/EURIMA-ECOFYS\\_VII\\_report\\_p1-65](http://www.eurima.org/eurima-publications/EURIMA-ECOFYS_VII_report_p1-65)
- 15) Збашник-Сенегачник, М., *Пасивна кућа*. Загреб: SUN ARH d.o.o., 2009.
- 16) IEA, *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions*, 2007. коришћено 20. новембра 2009., са [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/tracking\\_emissions.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/tracking_emissions.pdf)
- 17) ISOVER, *Живите удобно - штедите природне ресурсе. Изграђена за будућност: ISOVER кућа с више удобности*, Загреб: Saint-Gobain Isover Hrvatska d.o.o., 2009.
- 18) Јовановић-Поповић М. и др., *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Фаза 1, Анализа структуре грађевинског фонда*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2003.
- 19) Јовановић-Поповић, М. и др., *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Фаза 2, Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2005.
- 20) Јовановић - Поповић, М., Ignjatović, D., Ћuković-Ignjatović, N. and Radivojević, A., „Rehabilitation project of an apartment building in Belgrade, Serbia“, *SPATIUM*, Belgrade, No. 15-16, 2007., pp.60-65
- 21) Јовановић-Поповић, М., *Здраво становање*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2001.
- 22) Јовановић-Поповић, М., „Грађевински материјали и топлотна средина објеката“, у: Миленковић, Бранислав, Миодраг Ралевић и Нађа Куртовић-Фолић, ур. *Становање из садашњости ка будућности*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1995., стр. 135-148.
- 23) Јовановић-Поповић, М., *Анализа могућности примене пасивних соларних система на вишеспратним стамбеним зградама на подручју Београда - докторска дисертација*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1991.
- 24) Jones, P., Pinho, P., Patterson, J. and Tweed, C., *Low Carbon Urban Built Environment, European Carbon Atlas*, Cardiff: The Welsh School of Architecture, Cardiff University, UK, 2009.
- 25) Kaltenbach F., *DETAIL Practice: Translucent Materials: Glass, Plastics and Metals*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004.
- 26) Kotic, T., Krstic-Furundzic A., Rajcic A., Maksimovic D., „Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade“, in: *Architecture, Energy and the Occupant's Perspective PLEA 2009 Papers*. Quebec: Les Presses de l'Université Laval, 2009., Коришћено 15. априла 2010., са <http://www.plea2009.arc.ulaval.ca/attaches/ PLEA2009Quebec-BOOK.pdf>
- 27) Косорић, В., *Еколошка кућа*. Београд: Грађевинска књига, 2008.

- 28) Косорић, В., Примјена топлотних пријемника сунчеве енергије у циљу унапређења енергетских перформанси зграда у Београду – докторска дисертација, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2009.
- 29) Krstic, A., „Bioclimatic rehabilitation of existing building stock“, In: Sayigh A.A.M, *Renewable Energy, WREC V*, Florence (Italy): Elsevier Science Ltd., 1998.
- 30) Крстић, А., „Еколошки приступ у изградњи нових и обнови постојећих стамбених градских зона“, у: Бајић-Брковић, Милица, ур. *Одрживост и град*, Београд: Архитектонски факултет, 1999., стр.31-39
- 31) Крстић, А., „Методолошки приступ обнови зграда“, *Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља*, Београд: Савез грађевинских инжењера и техничара Србије и Црне Горе, 2005, стр. 447-454.
- 32) Крстић, А., „Примјена опеке као завршног слоја у обнови фасада“, у: *Зидане конструкције у савременој грађевинској пракси*, Београд: Југословенско друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција и Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2001., стр. 45-52.
- 33) Крстић, А., „Транспарентне термоизолације“, у: Калић, Ђорђе, Срђан Спиридоновић, ур. *Рационално газдовање енергијом у широкој потрошњи*, Београд: Агенција Спиридоновић, 1997.
- 34) Крстић, А., „Унапређење термичких перформанси фасадних зидова“, у: Куртовић-Фолић, Нађа и Ралевић Миодраг, ур. *Становање ка III миленијуму*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2001., стр.303-315.
- 35) Крстић, А., Гајић Д., Тодоровић Д. и Чворо С., „Унапређење енергетских перформанси постојећег грађевинског фонда града Бањалуке – формирање базе података“, у: Симоновић, Дијана и Невена Новаковић, ур. *Урбана и градитељска обнова града Бањалуке у духу одрживог развоја-уводна разматрања*, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањалуци, 2008., стр. 182-197
- 36) Kundakci, B. and Yilmaz, Z., „An approach to energy conscious renovation of residential buildings by a Trombe wall system“, *Architectural Science Review* 50.4, Sydney: Faculty of Architecture, Design & Planning, University of Sydney, 2007., pp. 340- 349.
- 37) Ламбић, М. и Стојићевић Д., *Соларна техника*, Зрењанин: Србија солар, 2004.
- 38) „Materials on Energy Auditing of Buildings“, Oslo: ENSI® –Copyright, Norway, 2008., приватна колекција
- 39) „Materials on Energy Auditing of Buildings“, Oslo: ENSI® –Copyright, Norway, 2009., приватна колекција
- 40) Metz, B., Davidson O., Bosch P., Dave R. and Meyer L., *Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change - Working group III Contribution to the Fourth Assessment- Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: University Press, 2008.
- 41) Мурављов, М., "Конструкцијска својства зиданих зграда са елементима од печене глине", Изградња 7-8 (јули-август 1993), стр. 49-60.



- 42) „Ово је Република Српска, 2011“., Републички завод за статистику Републике Српске, документ преузет 15.09.2012. године са <http://www.rzs.rs.ba>
- 43) Паштар, П. и др., *Урбанистички план града Бањалука – синтеза*, Бањалука: Урбанистички завод, 1975.
- 44) Петрињаk, М., *КУЕН зграда - програм енергетске ефикасности у зградарству: нове спознаје и provedба*, Загреб: Енергетски институт Хрвоје Пожар, 2001.
- 45) Петровић, С., „Енергетска сертификација и изражавање енергетских карактеристика објеката“, у: *40. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 523-531.
- 46) Ploss, M., Schulze-Darup B., Nordmann T., Tribus M., Zweier G., Weiss R., Feist W., Lang G., *Energy-efficient old building rehabilitation - solutions, lessons learned, trends*, Weissensee: Tri Alpe Adria/International Symposium for energy-efficient architecture on Weissensee Lake, 2008.
- 47) Popescu, D. and Voazu R., „Последице политика енергетске ефикасности на тржишту некретнина“, у: *зборнику радова са 40. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 505-511.
- 48) Поповић, Ж., *Зградарство*, III допуњено издање, Бањалука: Архитектонско-грађевински факултет Бањалука, 1999.
- 49) „Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова“, Службени лист СФРЈ бр. 45 (1967)
- 50) „Правилник о техничким мјерама и условима за топлотну заштиту зграда“, Службени лист СФРЈ бр. 35 (1970)
- 51) „Правилник о југословенским стандардима за топлотну технику у грађевинарству“, Службени лист СФРЈ бр. 3 (1980)
- 52) Правилник о енергетској ефикасности зграда Србије (<http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>)
- 53) Правилник о енергетском сертификавању зграда Србије (<http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/?stranica=materijalEE>)
- 54) Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије Федерације БиХ ([http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_toplotna\\_zastita.pdf](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_toplotna_zastita.pdf) или „Сл. новине ФБиХ“ бр.49/09.)
- 55) Правилника о енергетском сертификавању објеката у Федерацији БиХ ([http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_energetsko\\_certificiranje\\_objekata.PDF](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_energetsko_certificiranje_objekata.PDF))
- 56) „Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених Нација о климатским промјенама“, Бањалука, 2009., документ преузет 30.09.2011. године са <http://www.unfccc.ba/ba/posljednje/novosti/21-bih-adopts-the-initial-national-communication-under-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>

- 57) Приручник о техничким и облигационим условима за пројектовање и извођење радова на изградњи, реконструкцији, санацији и адаптацији грађевина високоградње, Бањалука: Министарство за урбанизам, стамбено-комуналне дјелатности, грађевинарство и екологију и IMG, Босна и Херцеговина, Република Српска, 1999.
- 58) Professional Association for transparent insulation (FVTWD e.V.) - TI Solar Wall., кориштено 20. јуна 2008., са <http://www.umwelt-wand.de/ti/owner/ti-light.html>
- 59) Пуцар, М., *Биоклиматска архитектура – застакљени простори и пасивни соларни системи*, Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2006.
- 60) Пуцар, М., „Пројектовање у контексту енергетске оптимизације“, у: Миленковић, Бранислав и Миодраг Ралевић, ур. *Унапређење становања*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1991., стр. 293-302.
- 61) Пуцар, М., Пајевић М., Јовановић-Поповић М., *Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри*, Београд: ИП Завет, 1994.
- 62) Pfundstein, M., Gellert R., Spitzner M.H. and Rudolphi A., *Detail Practice: Insulating Materials: Principles, Materials, Applications*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008.
- 63) Радосављевић, Ј., Павловић Т. и Ламбић М., *Соларна енергетика и одрживи развој*, Београд: Грађевинска књига, 2004.
- 64) Ранђеловић, И., Тодоровић Б. и Крстић А., „Утицај термичког ефекта на расподјелу притисака у зградама“, *Југословенски научно-стручни часопис КГХ*, Београд, број 2, 2001., стр. 53-57.
- 65) Reichel, A., Hochberg A. and Köpke C., *DETAIL Practice: Plaster, Render, Paint and Coatings: Details, Products, Case studies*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004.
- 66) Рекнагел, Х., *Грејање и климатизација*, 7. измјењено и допуњено издање, Врњачка бања: Интерклима, 2011.
- 67) Richard, C., Schulz C. and Zeitler F., *DETAIL Practice: Energy-Efficiency Upgrades, Principles, Details, Examples*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2007.
- 68) Sitar, M. and Krainc, K., „Sustainable housing renewal“, *American Journal of Applied Sciences* 5.1, Science Publications, 2008., pp. 61-66. Кориштено 20. новембра 2008., са <http://www.scipub.org/fulltext/ajas/ajas5161-66>
- 69) Смлатић, С., *Бањалука, град и његове функције*, Сарајево: Свјетлост, 1978.
- 70) Станковић, М., Гајић Д., „Енергетско одрживо градитељство у БиХ – потреба – визија – императив“, у: зборнику радова са Научно - стручног скупа међународног карактера *Савремена теорија и пракса у градитељству*, Бањалука: Завод за изградњу а.д. Бањалука, 2009., стр.75-88.
- 71) Станковић, С., „Прозори у архитектонском наслеђу Београда“, у: Миленковић, Бранислав, Миодраг Ралевић и Нађа Куртовић-Фолић, ур.

*Становање из садашњости ка будућности*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1995., стр. 165-188.

72) „Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године“, Енергетски институт Хрвоје Пожар, Загреб и Економског института а.д., Бањалука, документ преузет 15.09.2011. године са <http://www.narodnaskupstinars.net>

73) Schittich, C., *In Detail: Building Skins, new enlarged edition*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.

74) Schittich, C., *Solar architecture: Strategies, Visions, Concepts*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2003.

75) Schittich, C., Staib G., Balkow D., Schuler M. and Sobek W., *Glass Construction Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1999.

76) Техничка документација стамбене зграде из 1970. године у насељу Борик, Бањалука, Завод за изградњу а.д. Бањалука

77) Техничка документација стамбене зграде из 1959. године у насељу Борик, Бањалука, ГП „Крајина“ Бањалука

78) „Технички пропис о уштеди топлинске енергије и топлотној заштити у зградама из 2005. године“, *Народне новине број 79/05., 155/05. и 74/06.*, Министарство заштите околиша, просторног уређења и градитељства. коришћено 20. фебруара 2010. са <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289083.html>

79) Тодоровић, Б., *Климатизација*, Београд: СМЕИТС, 1998.

80) Тодоровић М. и Бајц, Т., „Енергетске потребе пасивне куће са тромбовим зидом у климатском подручју Београда“, у: *зборнику радова са 40. међународног конгреса КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 487-496

81) Томшић, Ж., *Енергетска учинковитост у зградарству (ЗУКЕ и ЕПБД)*. Преузето 20. новембра 2009., са сајта [http://www.ieee.hr/\\_download/respository/MARE\\_10\\_12\\_predavanje\\_2009\\_ZUKE\\_i\\_EPBD.pdf](http://www.ieee.hr/_download/respository/MARE_10_12_predavanje_2009_ZUKE_i_EPBD.pdf)

82) Тот Баги, А., „Људски фактори уштеде енергије-навике потрошача“, у: *31. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС, 2000., стр. 242-247.

83) Thomas, R., M. Fordham & Partners, *Environmental design: an introduction for architects and engineers*, London: Spon Press, 1999.

84) Ћировић Г., Луковић О., *Финансијско пословање и инвестиције у грађевинарству*, четврто издање, Београд: Виша грађевинско-геодетска школа у Београду, 2006.

85) Ћировић Г., *Управљање инвестицијама*, треће издање, Београд: Висока грађевинско-геодетска школа у Београду, 2008.

86) Ћуковић-Игњатовић, Н., *Фасада - адаптације и трансформације*, Београд: Задужбина Адрејевић, 2010.

- 87) Habermann, K.J. and Gonzalo R., *Energy-Efficient Architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.
- 88) Hegger, M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T., *Construction Materials Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.
- 89) Hegger, M., Fuchs M., Stark T. and Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008.
- 90) Herzog, T., Krippner R. and Lang W., *Facade Construction Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004.
- 91) Hoppe, M., *Manual for Improving the Energy Performance of Existing Buildings using Timber and Timber Derived Products*, München: Lehrstuhl für Bauphysik, Technische Universität München, 2008.
- 92) Хрс Борковић, Ж.. и др., *Енергетска учинковитост у зградарству: водич за судионике у пројектирању, градњи, реконструкцији и одржавању зграда*, Загреб: Енергетски институт Хрвоје Пожар и ХЕП Топлинарство д.о.о., 2007
- 93) Хрс Борковић, Ж.. и др., *Водич кроз енергетски ефикасну градњу*, Загреб: Министарство заштите околиша, просторног уређења и градитељства – Управа за становање, комунално господарство и градитељство, Сектор за градитељство и Енергетски институт Хрвоје Пожар, 2005.
- 94) Holness, G., „Енергетска ефикасност у постојећим зградама – наша највећа шанса за одрживу будућност“, у: *зборнику радова са 40. међународни конгрес КГХ*, Београд: СМЕИТС и Друштво за КГХ Србије, 2009., стр. 24-33
- 95) Chattha, J.A. and Gilani S.I., „A monitoring project for performance evaluation of Transparent Honeycomb Insulation“, *Architectural Science Review* 48.2, Sydney: Faculty of Architecture, University of Sydney, 2005.
- 96) Wigginton, M. *Glass in Architecture*, London: Phaidon Press Ltd, 1996.

## БИОГРАФИЈА АУТОРА

**ДАРИЈА ГАЈИЋ**, дипл.инж.арх.

**Место рођења:** Бањалука, Босна и Херцеговина, 20.09.1980. год.,  
рођена Кеџман, отац Рајко, мајка Брана, брат Борис

**Брачно стање:** удана, муж Драган, син Никола

**Радно мјесто:** виши асистент на Архитектонско–грађевинском факултету  
Универзитета у Бањој Луци

Основну школу и средњу Грађевинску школу завршава у Бањалуци. Након завршетка средње школе, 1999. године, уписује Архитектонско-грађевински факултет у Бањалуци. На Архитектонско-грађевинском факултету дипломира 2005. године дипломским радом „Реконструисање централног градског блока у Бањалуци (од Трга Српских владара до Улице Васе Пелагића)“ на предмету Урбана структура и реконструкција.

Од маја 2005. године ради као стручни сарадник на предметима Архитектонске конструкције и Организација и технологија грађења, да би у марту 2006.године била изабрана у звање асистента на истоименим предметима.

Од школске 2005/2006. године је на постдипломским докторским академским студијама на Архитектонском факултету Универзитета у Београду, Република Србија. Након завршених свих обавеза прописаних студијским програмом докторских студија, остваривањем 150 ЕТCS бодова, са просечном оценом десет (10), од септембра 2009. године, под менторством проф. др Александре Крстић-Фурунџић (Архитектонски факултет Универзитета у Београду), ради на пријави теме за докторску дисертацију под називом: „Енергетска оптимизација омотача репрезентативних узорака постојећих стамбених зграда града Бањалука“. Наставно-научно веће Архитектонског факултета је 23.06.2011. године одобрило рад на предложеној теми докторске дисертације са предложеним ментором.

Од октобра 2009.год. стиче професионални сертификат „Енергетског аудитора у зградарству“ у оквиру тренинг програма Енергетски аудит у зградарству у Босни и Херцеговини у организацији ENSI (Energy Saving International AS) из Норвешке и CENER 21 из БиХ.

Од октобра 2010.год. стиче и сертификат „Предавача методологије за енергетски аудит зграда“ у оквиру истоименог тренинг програма, а у организацији ENSI (Energy Saving International AS) из Норвешке.

Од марта 2012. године изабрана је у звање вишег асистента на ужу научну област Архитектонске конструкције, инсталације, технологија грађења, еколошки инжењеринг и менаџмент у архитектури на Архитектонско-грађевинском факултету Универзитета у Бањој Луци.

Са теоријског аспекта као истраживача, објављује научне радове и учествује у научно-истраживачким пројектима Архитектонско-грађевинског факултета Универзитета у Бањој Луци везаним за енергетску ефикасност у зградама и са стручног аспекта, посједује специфично искуство анализирања и прорачунавања параметара битних за одређивање потрошње енергије за гријање у зградама и енергетску оптимизацију омотача и уопште зграда у цјелини при енергетским аудитима зграда, те искуство у изради обимне техничке документације за пасивну зграду Архитектонско-грађевинског факулета у Бањалуци.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а \_\_\_\_\_ Дарија Гајић \_\_\_\_\_

број индекса \_\_\_\_\_ 2005/12 \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

### **ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора \_\_\_\_\_ Дарија Гајић \_\_\_\_\_

Број индекса \_\_\_\_\_ 2005/12 \_\_\_\_\_

Студијски програм \_\_\_\_\_ Технологије у архитектури и менаџмент \_\_\_\_\_

Наслов рада \_\_\_\_\_ **ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА**  
**РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА**  
**БАЊАЛУКА**

Ментор \_\_\_\_\_ Проф. др Александра Крстић – Фурунџић \_\_\_\_\_

Потписани/а \_\_\_\_\_ Дарија Гајић \_\_\_\_\_

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



1. Ауторство - Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Дарија Р. Гајић

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА  
ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ  
УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ  
ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

ПРИЛОЗИ - КЊИГА 2

докторска дисертација

Београд, 2014

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ARCHITECTURE

Darija R. Gajić

**ENERGY OPTIMISATION OF THE  
BUILDING ENVELOPE ON THE  
REPRESENTATIVE SAMPLES OF THE  
EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS IN  
BANJA LUKA**

APPENDICES – SECOND BOOK

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

МЕНТОР:

Проф. др Александра Крстић – Фурунџић,  
редовни професор Архитектонског факултета у Београду

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Проф. др Александра Крстић – Фурунџић,  
редовни професор Архитектонског факултета у Београду

др Мила Пуцар, научни саветник  
Институт за архитектуру и урбанизам Србије (ИАУС), Београд

Проф. др Миленко Станковић,  
редовни професор Архитектонско-грађевинског факултета  
Универзитета у Бањој Луци

датум одбране:

---

Београд

Научна област: Архитектура  
Ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграде  
УДК број: 699.86:728(497.6 Banjaluka)(043.3)

## САДРЖАЈ

ПРИЛОГ А .....	1
ПРИЛОГ А.1 .....	1
ПРИЛОГ А.2 .....	14
ПРИЛОГ А.3 .....	18
ПРИЛОГ А.4 .....	23
ПРИЛОГ Б.....	31
ПРИЛОГ В.....	36
ПРИЛОГ Г .....	42
ПРИЛОГ Д.....	48
ПРИЛОГ Ђ .....	55
ПРИЛОГ Е.....	62
ПРИЛОГ Ж.....	71
ПРИЛОГ З .....	75
Прилог 1 .....	94
Прилог 2 .....	95
Прилог 3 .....	96

## СПИСАК ТАБЕЛА, ГРАФИКОНА И СЛИКА У ПРИЛОЗИМА ПРЕМА ПОГЛАВЉИМА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

### ПОГЛАВЉЕ 2

#### ПРИЛОГ А

Табеле:

Табела А1. Преглед појединих врста стакала према оксиду метала и уопште врсти застакљења

Табела А2. Преглед појединих врста композитног застакљења и њихов утицај на смањење вриједности статичког U- коефицијента у односу на оријентацију на подручју Њемачке (Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 155)

Табела А3. Препоручене вриједности коефицијента (N) за одређивање потребне површине соларног прозора

Табела А4. Брзине измјене ваздуха у зимском периоду у односу на различите положаје прозора

Табела А5. Средња освјетљеност и фактор дневне освјетљености у затвореним просторима

Слике:

Слика А1. Приказ компактности различитих температурних зона зграде са истим волуменом, али различитим омотачем, лијево из литературе (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 86) и приказ компактности репрезентативних узорака, постојећих стамбених зграда града Бањалука, кроз одређивање температурних зона према енергетском аудиту, десно (ауторски цртеж)

Слика А2. Графички приказ контактне фасаде: 1.масивни зид, 2.љепак, 3.изолација, 4. малтер за нивелисање, 5.мрежица, 6.завршни слој малтера, лијево из литературе (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 87), десно из EPD декларације ESD\_STO\_2012221\_D ([www.bau-umwelt.com](http://www.bau-umwelt.com))

Слика А3. Графички приказ типичних топлотних мостова на постојећем омотачу зграда, затим рјешавање при обнови постојећег омотача зграда и примјер рјешавања топлотних мостова на новим зградама (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 91)

Слика А4. Термографске слике рјешења топлотних мостова према IEA SHC Task 37-Advances in Housing Retrofit-Processes, Concepts and Technologies, Herkel S. and Kagerer F. (ed.), Freiburg: Fraunhofer - Institut fur Solare Energiesysteme ISE, 2011.

Слика А5. Термографска слика и графикони (Пасив хаус института из Дармштата) рјешења топлотних мостова између зида и допрозорника према IEA SHC Task 37-Advances in Housing Retrofit-Processes, Concepts and Technologies, Herkel S. and Kagerer F. (ed.), Freiburg: Fraunhofer - Institut fur Solare Energiesysteme ISE, 2011

Слика А6. Однос врста застакљења на зградама у Европској унији (доступно 20.09.2012.године на сајту <http://www.glassforeurope.com/en/issues/faq.php>)

Слика А7. Шематски приказ пролаза сунчевог зрачења кроз композитно застакљење – двоструко (Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 154)

Слика А8. Вертикални соларни прозор према Радосављевић Јасмина М., Павловић Томислав М., Ламбић Мирослав Р.,*Соларна енергетика и одрживи развој*, Београд: Грађевинска књига, 2010., стр. 74., слика 2.47

Слика А9. Уређаји за анализу топлотних карактеристика омотача Архитектонско-грађевинског факултета Универзитета у Бањој Луци – лијево вишеканални мјерни уређај ALMEMO ALBHORN 2690-8 и метална плочица за директно мјерење топлотног флукса и десно термографска камера FLIR b60

Слика А10. Blower-Door тест – графички приказ, лијево из литературе (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 94) и десно приказ у пракси Њемачке у новоградњи (доступно 30.10.2012. на сајту <http://www.schwarz-thermografie.de/inhalte/blower.htm>)

Слика А11. Графички приказ унутрашњег и вањског топлотног оптерећења радног простора

(Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 96)

Слика А12. Примјер редуковања долазног сунчевог зрачења конструктивом мјером, која је процјењена на фактор умањења  $F_c = 0,5$ , графички приказ - лијево, изглед згарде – десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 98)

Слика А13. Графички приказ лођа репрезентативног узорка и карактеристичних вертикалних углова Сунца у зимском периоду, лијево и лођа на западу и угла азимута Сунца који је аналоган источној оријентацији зграде, десно

Слика А14. Примјер редуковања долазног сунчевог зрачења системом вањског засјенчења, која је процјењена на фактор умањења  $F_c = 0,25$ , графички приказ - лијево, изглед зграде – десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 98)

Слика А15. Примјер редуковања долазног сунчевог зрачења системом унутрашњег засјенчења, која је процјењена на фактор умањења  $F_c = 0,80$ , графички приказ - лијево, изглед зграде – десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 98)

Слика А16. Графички приказ природног провјетравања зграде (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://www.gradimo.hr/clanak/prirodna-ventilacija/15598>)

Слика А17. Графички приказ природног попречног провјетравања зграде кроз прозоре (доступно 20.03.2013. године на сајту [http://vi.sualize.us/100\\_year\\_old\\_rowhouse\\_montrose\\_street\\_philadelphia\\_usa\\_cross\\_natural\\_ventilation\\_sustainable\\_building\\_picture\\_e8kW.html](http://vi.sualize.us/100_year_old_rowhouse_montrose_street_philadelphia_usa_cross_natural_ventilation_sustainable_building_picture_e8kW.html))

Слика А18. Графички приказ провјетравања зграде кроз отворе, слика лијево пресјек зграде (доступно 20.03.2013. год. на сајту <http://www.tehnicka.edu.rs/images/141/Ventilaciona%20re%C5%A1enja.pdf>), слика десно приказ зграде са видном позицијом отвора у горњој зони непосредно уз прозоре - код механиче вентилације (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://www.inventer.cz/popis-funkce.php>)

Слика А19. Приказ кретања ваздуха (довођење и одвођење) путем отвора са механичком вентилацијом постављеним на спољашњем вертикалном омотачу, слика лијево и у средини, а слика десно приказ отвора са постављеним керамичким акумулатором унутар отвора и вентилатора на унутрашњој страни отвора у просторији (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://www.inventer.cz/popis-funkce.php>)

Слика А20. Примјери потпуног провјетравања просторије при различитим положајима прозора и врата, слика лијево потпуно отворен прозор, а затворена врата 5-10 min., слика у средини потпуно отворен прозор и отворена врата 1-5 min. и слика десно искренут прозор и затворена врата 30-60 min. (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://kem.vrbas.net/korisni-saveti/ventilacija/86-prirodna-ventilacija>)

Слика А21. Графички приказ уласка дневне свјетлости у просторију (доступно 10.03.2013. на сајту, [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/commercial\\_initiative/sustainable\\_guide\\_ch4.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/commercial_initiative/sustainable_guide_ch4.pdf))

Слика А22. Графички приказ самосталности дневне свјетлости у % у односу на задани интензитет од 500 lx за радни простор и 50 lx за ходник у зависности од дубине просторије на примјеру високо позиционираног прозора на фасади са истом висином и дубином просторије, слика лијево и приказ интензитета дневне свјетлости у односу на димензију прозора постављеног непосредно уз таваницу, слика десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 104.)

Слика А23. Могућност освјетљења просторија окренутих ка атријуму у зависности од њихове вертикалне позиције (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 104.)

Слика А24. Примјер уграђеног цјевастог система са спољашње стране, на крову, слика лијево, графички приказ функционисања цјевастог система, слика у средини и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.solatube.com/residential/what-is-daylighting/daylighting-sysytems-vs-skylights.php>)

Слика А25. Примјер уграђеног вертикалног система са спољашње стране, на крову, слика лијево, и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.eco-logic.info/pub/Sundolier>)

Слика А26. Примјер уграђеног хоризонталног система са спољашње стране, на фасади, слика лијево, и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.treehugger.com/interior-design/suncentral-computerized-mirror-array-brings-daylight-deep-into-buildings.html>)

Слика А27. Примјер уграђеног система свјетловодног оптичког уређаја са спољашње стране, на фасади, слика лијево, и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту [http://www.huvco.com/portfolio\\_detail.php?id=12](http://www.huvco.com/portfolio_detail.php?id=12))

## ПОГЛАВЉЕ 3

### ПРИЛОГ Б

Табеле:

Табела Б1. Рачунске вриједности степена пропуштања укупне енергије кроз остакљење за случај окомитог сунчевог зрачења према Правилнику о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије Федерације БиХ

Табела Б2. Фактор умањења уређаја за заштиту од сунчевог зрачења Правилнику о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије Федерације БиХ

Табела Б3.. Највеће допуштене вриједности коефицијента пролаза топлоте,  $U(W/m^2K)$ , грађевинских дијелова нових објеката, малих објеката и након захвата на постојећим објектима Правилнику о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије Федерације БиХ

Слике:

Слика Б1. Највећи дозвољени коефицијенти пролаза топлоте појединих грађевинских конструкција за III климатску зону према важећем стандарду ЈУС У.Ј5.600 (стр.10, табела 3)

### ПРИЛОГ В

Табеле:

Табела В1. Процентуално изражен број изграђених станова по временским периодима

Табела В2. Процентуално изражен број станова у погледу опремљености помоћним просторијама у односу на укупан број изграђених станова. Опширнији подаци у табели В5.

Табела В2'. Процентуално изражен број станова у погледу опремљености инсталацијама у односу на укупан број изграђених станова. Опширнији подаци у табели В5.

Табела В3. Станови по врсти, настањености и својини, према години изградње и укупној површини

Табела В4. Станови по врсти, настањености и својини, према површини, врсти материјала, броју и површини соба

Табела В5. Станови по врсти, настањености и својини, према опремљености инсталацијама и помоћним просторијама

### ПРИЛОГ Г

Табеле:

Табела Г1. Развој конструкција и начина материјализације зграда на подручју града Бањалука

Табела Г2. Развој материјализације елемената омотача и њихови коефицијенти пролаза топлоте

## ПОГЛАВЉЕ 5

### ПРИЛОГ Д

Табеле:

Табела Д1. Доказ вриједности  $U$ -коефицијента за елементе нетранспарентних дијелова омотача Узорка 1

Табела Д2. Доказ вриједности  $U$ -коефицијента и  $g$ -коефицијента за елементе транспарентних дијелова омотача Узорка 1

### ПРИЛОГ Ђ

Табеле:

Табела Ђ1. Доказ вриједности  $U$ -коефицијента за елементе нетраспрементних дијелова омотача Узорка 2

Табела Ђ2. Доказ вриједности  $U$ -коефицијента и  $g$ -коефицијента за елементе траспарентних дијелова омотача Узорка 2



## ПОГЛАВЉЕ 6

### ПРИЛОГ Е

Термоизолациони материјали доступни на тржишту Босне и Херцеговине

### ПРИЛОГ Ж

Графикони:

Графикон Ж1. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи експандираног полистирена у Немачкој према декларацијама EPD-а IBU института из Немачке

Графикон Ж2. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи стаклене вуне URSA из Немачке према декларацијама EPD-а IBU института из Немачке

Графикон Ж3. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи стаклене и камене вуне KNAUF-а из Немачке према декларацијама EPD-а IBU института из Немачке

Графикон Ж4. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи стаклене и камене вуне (некаширане) у Немачкој према декларацијама EPD-а IBU института из Немачке

Графикон Ж5. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи вакуум изолационог панела POREXTHERM-а из Немачке према декларацијама EPD-а IBU института из Немачке

### ПРИЛОГ З

Приказ прорачуна потрошње енергије за гријање прије и након мјера застакљивања лођа код Узорка 2

## ПРИЛОГ А

Прилог А даје приказ енергетске оптимизације омотача кроз анализу циљева:

- ПРИЛОГ А.1 Одржавање и добијање топлоте,
- ПРИЛОГ А.2 Спречавање прегријавања,
- ПРИЛОГ А.3 Децентрализацију вентилације и
- ПРИЛОГ А.4 Коришћење дневне свјетлости.

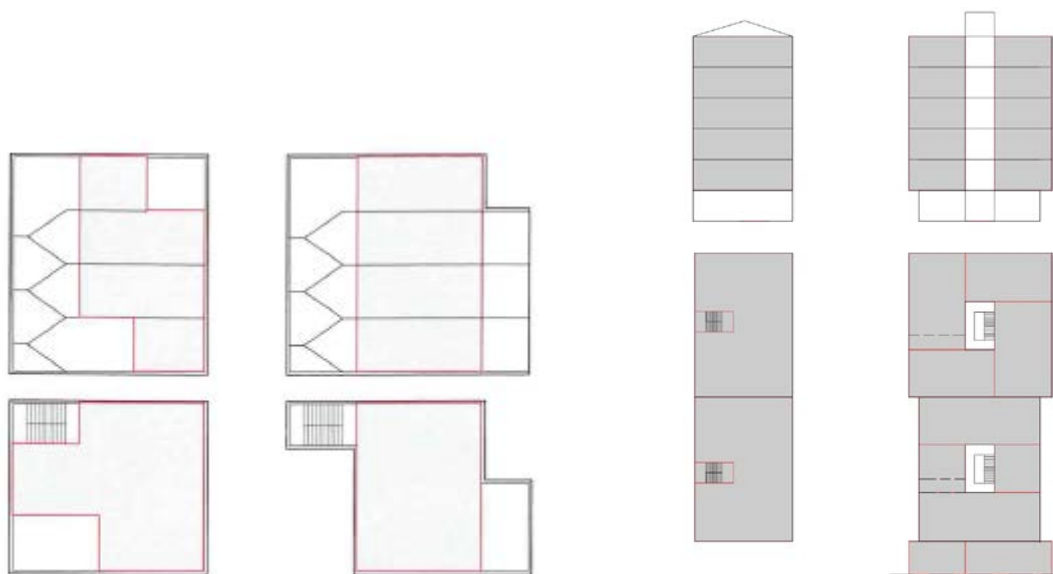
### ПРИЛОГ А.1 Одржавање и добијање топлоте

Омотач зграде у умјерним и хладним климатским зонама мора гарантовати задовољавајући унутрашњи топлотни комфор, када је спољашња температура веома ниска. Примарни циљ је одржати топлотни биланс кроз цијелу годину који је у специфичном односу између топлотних губитака (трансмисионих и вентилационих) и топлотних добитака (активним и пасивним кориштењем соларног зрачења и унутрашњи добици од расвјетних тијела, људи-корисника и електричних уређаја). Највећи потенцијал при оптимизацији омотача лежи у минимизирању топлотних губитака и максимизирању топлотних добитака. Просјечна топлотна отпорност површина које чине омотач зграде и доприносе пролазу топлоте, може се поставити као циљна варијабла за процјену пасивних топлотних карактеристика зграде кроз спољашњи омотач зграде и указује који се трансмисиони топлотни губици могу очекивати. Поред тога, обезбиједити згради спољашњи свјеж ваздух на ниским температурама представља други фактор губитака који постаје значајнији са увећањем измјена. На крају и однос застакљења са обзиром на оријентацију највећи је потенцијал за пасивно коришћење соларног зрачења. При обезбјеђивању топлотног комфора у зимском периоду унапређујући топлотне карактеристике омотача, елементи који морају бити у складу, изузимајући активно соларно добијање топлотне енергије су:

- оптимизација површине и геометрије омотача,
- топлотна изолација непровидних компоненти омотача,
- топлотна изолација транспарентних компоненти омотача,
- пасивно коришћење соларног зрачења,
- минимизирање вентилационих топлотних губитака.

Оптимизација површине и геометрије омотача кроз параметар компактности зграде или односа површине омотача зграде и гријаног/хлађеног волумена зграде је један од битних утицаја на захтјеве за потрошњом енергије у згради. Површина омотача директно утиче на топлотне губитке, тако да у односу на исти задани волумен зграде, већа површина омотача захтјева већу потрошњу топлотне енергије, док аналогно томе мања површина омотача са истим волуменом имаће мању потрошњу топлотне енергије, о чему је више ријечи наведено у претходном поглављу 2.1.4.

На потенцијал енергетске оптимизације утиче и топлотно зонирање зграде, што представља поставку унутрашњих простора сходно њиховим захтјевима за пројектном температуром, те од компактности тих простора зависиће и захтјеви за потрошњом топлотне енергије (Слика А1.).

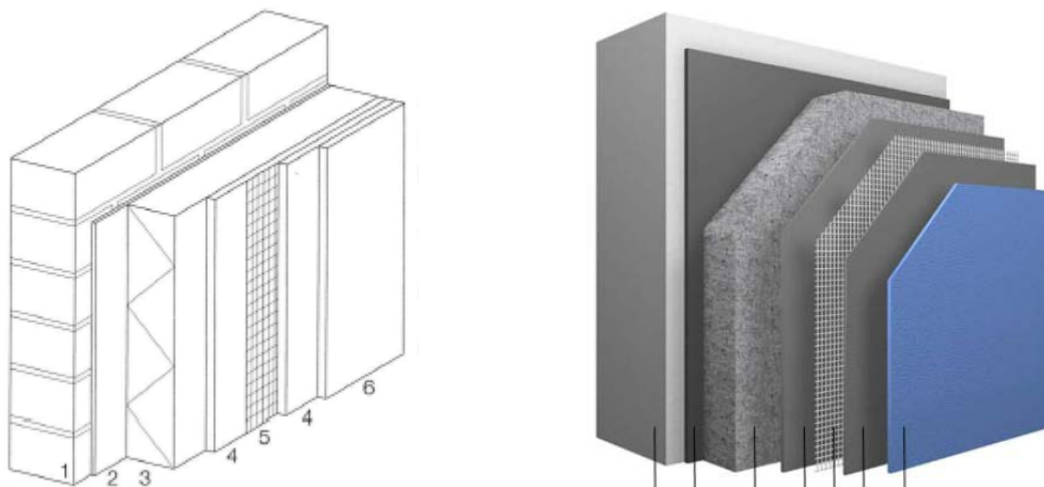


Слика А1. Приказ компактности различитих температурних зона зграде са истим волуменом, али различитим омотачем, лијево из литературе (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 86) и приказ компактности репрезентативних узорака, постојећих стамбених зграда града Бањалука, кроз одређивање температурних зона према енергетском аудиту, десно (ауторски цртеж)

При енергетском аудиту неопходно је процјенити да ли ће се зграда цјеловито посматрати, а с тим и температура у згради (температура у степенишном простору и простору станова), или ће бити подјелена на топлотне зоне и тада посматрати унапређење зоне под истом температуром (простор станова), Слика А1., десно.

Највећу површину омотача зграде чине спољашњи зидови и њихов утицај, на потрошњу енергије за гријање, се повећава са висином зграде. Трансмисиони топлотни губици кроз непровидни дио омотача зграде разрјешавају се одговарајућом топлотном изолацијом, од чијег квалитета (коэффициент топлотне проводљивости –  $\lambda$  [W/mK], нижи коэффициент даје боље топлотне карактеристике) и квантитета (количине, дебљине) зависи параметар топлотног квалитета омотача. Параметар топлотног квалитета конструктивног елемента омотача одређује висина коэффициента пролаза топлоте (U-коэффициент [W/m<sup>2</sup>K]), те што је нижи коэффициент, елемент има боље топлотне карактеристике. Изабрати одговарајући топлотни изолациони материјал зависи од подручја примјене и специфичних физичких и конструктивних захтјева, као што су отпорност на притисак, влагу и пожар. За спољашње зидове, који морају задовољити високе топлотне захтјеве, могу се дати у четири главне типолошке позиције изолације: спољашња изолација, изолација међупростора (шупљине), унутрашња изолација и изолација оквирних (рамовских) конструкција. Постизање идеалног редослиједа слоја изолације према физици зграде је да се изолација налази са спољашње стране масивног зида (од опеке или бетона). Овакав редослијед поставља зид на топлу страну гдје маса тога зида има повољан ефекат на унутрашњу климу у згради. Најраспрострањенији систем за изоловање спољашњих зидова је систем контактне композитне фасаде, директно приљепљена изолација са малтером као завршним слојем, познате на нашим ширим просторима (бивше Југославије) под називом „демит“ фасада, у Европској унији у зависности од говорног подручја на енглеском ETICS (external thermal

insulation composite system) или на њемачком WDVS (Wärmedämmverbundsystem), Слика А2.



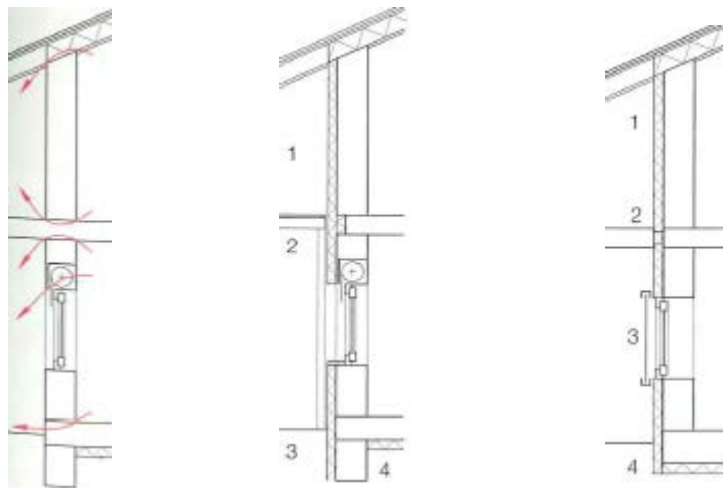
Слика А2. Графички приказ контактне фасаде: 1. масивни зид, 2. љепак, 3. изолација, 4. малтер за нивелисање, 5. мрежица, 6. завршни слој малтера, лијево из литературе (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 87), десно из EPD декларације ESD\_STO\_2012221\_D ([www.bau-umwelt.com](http://www.bau-umwelt.com))

Кровови представљају велике површине за топлотне губитке нарочито код ниских зграда и према конструкцији разликујемо их на тешке, лаке и класичне дрвене кровове. Када су у питању тешке конструкције најчешће су од армираног бетона и то су обично равни кровови. Њихова топлотна оптимизација може се упоредити са спољашњим масивним зидовима и када бирамо топлотну изолацију она мора бити високе чврстоће на притисак, ако очекујемо површину која ће бити изложена саобраћају или биљкама (зелени кровови). Коси кровови који су обично ријешени као класични дрвени кровови, код којих је простор између рогова испуњен топлотном изолацијом и морају бити обезбјеђени од водене паре са унутрашње (доње) стране кровне конструкције. Челичне конструкције обично имају лаке кровне конструкције, гдје се на трапезоизни лим поставља парна брана, па топлотна изолација на коју се постављаја раздјелни слој (нпр. дрвена влакнаста плоча), затим хидроизолација. Као алтернатива овим појединачним слојевима крова може бити директно постављање сендвич панела са топлотном изолацијом на носиву конструкцију.

Конструкције које се налазе на споју простора различитих температура, као што су међуспратна конструкција испод негријаног таванског простора или изнад негријаног подрума или зиови према негријаним степеништима, неопходно је топлотно изоловати и таква врста топлотне оптимизације је веома економски исплатива. Конструкције које се налазе у контакту са земљом, као што су под на тлу или ободни подрумски зидови при топлотној оптимизацији не захтјевају топлотне изолације колико зид изложен спољашњем ваздуху. Код подова на тлу у зависности од изложености обима пода спољашњем ваздуху одредиће топлотне губитке. Топлотна изолација која је у додиру са земљом мора бити отпорна на влагу/воду и на притисак.

Избјегавање топлотних мостова је веома важан аспект при изоловању омотача зграде. Топлотни мостови су локални расцјепи омотача зграде гдје се дешава

повећан проток топлоте из унутрашњости зграда ка спољашњости, као што је конзолна балконска плоча, спој транспарентног (прозор) са непровидним омотачем (спољашњи зид), неизолована кутија за ролетну или спојеви неизолованог спољашњег зида са подом или кровом (Слика А3).

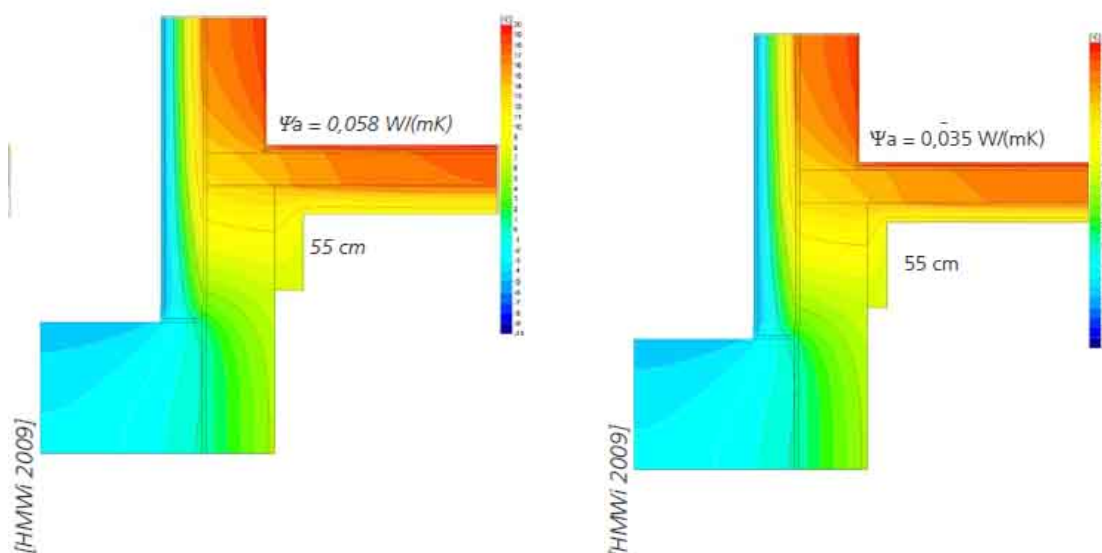


Слика А3. Графички приказ типичних топлотних мостова на постојећем омотачу зграда, затим рјешавање при обнови постојећег омотача зграда и примјер рјешавања топлотних мостова на новим зградама (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 91)

Коефицијент пролаза топлоте сведен на дужину  $\Psi$  зависи од површина и њихових коефицијента пролаза топлоте, али и квалитета топлотне изолације на омотачу зграда. И у добро изолованим зградама и најмања конструктивна грешка на топлотним мостовима може проузроковати велике топлотне губитке, а ту је и појава кондензације, а затим и оштећења проузрокованих влагом.

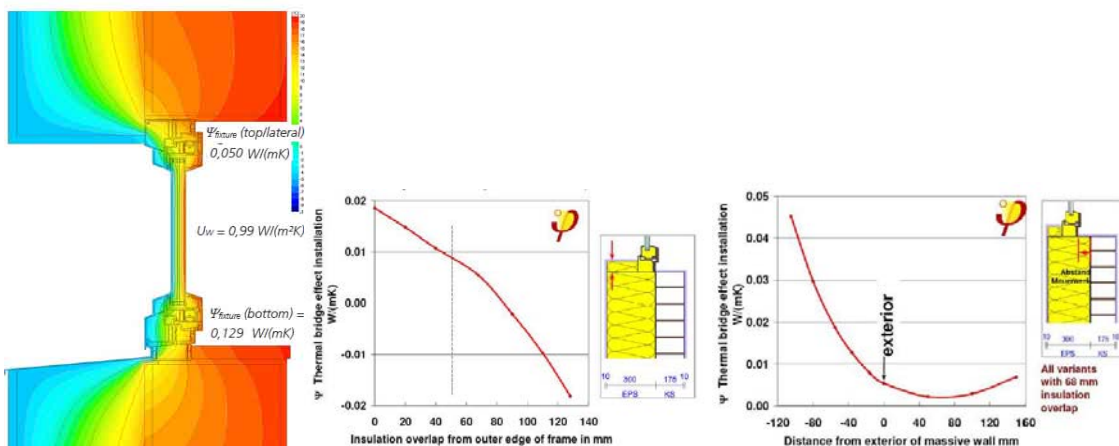
Њемачки стандард DIN 4108-6, који је прихваћен од стране свих правилника или прописа у земљама у окружењу, као и у Федерацији БиХ, садржи каталог топлотних мостова, који ако су ријешени према истом, може се при енергетском унапређењу омотача узети у обзир да је вриједност тих линијских губитака  $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  за сваку површину елемента, а у сваком другом случају  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  (важи за постојеће репрезентативне узорке). Према стандардима за прорачун топлотних мостова Велике Британије BRE 497 и BRE IP 1/06, а наведених у стандарду SAP 2009 за енергетско рангирање стамбених зграда вриједност линијских губитака ако су изведени према акредитованим конструктивним детаљима износи  $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$  за сваку површину елемента, а у сваком другом случају  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Осим тога према стандарду Велике Британије SAP 2009 у табеларном приказу акредитованих вриједности коефицијената пролаза топлоте сведених на дужину тачно дупло ниже су вриједности од стандардних, те узимајући у обзир да су у њиховом стандарду зграде разврстане на период изградње од 1900. до 2008. године и даље, с тим да се за све зграде до 2002. године узима у обзир  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , од 2002. до 2007.  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$  и од 2008. године, па и даље што је и данас на снази  $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$  указује да се горе наведених  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  у њемачком стандарду односи на постојеће зграде и да свако енергетско унапређење омотача са ријешеним топлотним мостовима без детаљног прорачуна може се очекивати да ће бити дупло ниже вриједности, односно  $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Анализа топлотних мостова у новијим њемачким истраживањима, тачније из 2011. године, указују да постављање више изолације не значи да ће коефицијент пролаза топлоте сведен на дужину бити ниже вриједности. Напротив, студија је показала да рјешавање топлотног моста на примјеру фасадног зида и међуспратне конструкције изнад негријаног подрума облагање са унутрашње стране фасадног зида са дужином изолације од 110cm ствара за 27% вишу вриједност коефицијента пролаза топлоте сведеног на дужину ( $\Psi=0,074 \text{ W/mK}$ ) у односу на 55cm ( $\Psi=0,058 \text{ W/mK}$ ), Слика А4., при истим коефицијентима пролаза топлоте (за спољашњи зид  $U=0,154 \text{ W/m}^2\text{K}$ , а за међуспратну конструкцију  $U=0,183 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Чак ако уопште не поставимо са унутрашње стране изолацију на зид износиће  $\Psi=0,087 \text{ W/mK}$ . Интересантно је и да та најбоља поставка топлотне изолације од 55cm у случају да се повећањем топлотне изолације на спољашњем зиду, односно смањењем коефицијента пролаза топлотне на спољашњем зиду за 44% на  $U=0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$  добијемо вишу вриједност коефицијента пролаза топлоте сведеног на дужину за 22% ( $\Psi=0,071 \text{ W/mK}$ ). Студија је показала да смањењем топлотне изолације на међуспратној конструкцији ( $U=0,249 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), при спољашњем зиду са  $U=0,154 \text{ W/m}^2\text{K}$  и постављањем топлотне изолације са унутрашње стране зида од 55cm чини  $\Psi=0,035 \text{ W/mK}$  (Слика А4.).



Слика А4. Термографске слике рјешења топлотних мостова према IEA SHC Task 37-Advances in Housing Retrofit-Processes, Concepts and Technologies, Herkel S. and Kagerer F. (ed.), Freiburg: Fraunhofer - Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2011.

На примјеру споја прозора са зидом, у овом случају са вриједностима коефицијента пролаза топлоте који одговарају пасивном стандарду (спољашњи зид  $U=0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$ , прозор  $U=0,99 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) истоимена студија је показала да највише утицаја на вриједност коефицијента пролаза топлоте сведеног на дужину има поставка прозора у односу на спољашњи зид, као и преклоп топлотне изолације на допрозорник. Испод  $\Psi=0,01 \text{ W/mK}$  је када допрозорник има преклоп топлотне изолације од 5cm, ако је допрозорник на позицији спољашње топлотне изолације непосредно уз спољашњи зид (Слика А5).



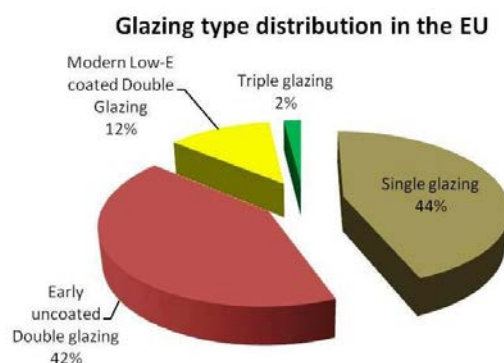
Слика А5. Термографска слика и графикони (Пасив хаус института из Дармштата) рјешења топлотних мостова између зида и допрозорника према IEA SHC Task 37-Advances in Housing Retrofit-Processes, Concepts and Technologies, Herkel S. and Kagerer F. (ed.), Freiburg: Fraunhofer - Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2011

Према овим графиконима ако је на зиду позиција допрозорника на ивици зида са преклопом од 6,8cm  $\Psi$  износи 0,03 W/mK, да би преклоп од 3cm чинио највише  $\Psi = 0,04$  W/mK, што се може очекивати у зони изнад прозора, ако нема унутрашње кутије за ролетну, и са бочних страна прозора. Ако се не испоштује преклоп топлотне изолације на допрозорник са доње стране прозора (позиција прозорске клупице)  $\Psi$  ће износити 0,129 W/mK. Према каталогу топлотних мостова према њемачком стандарду објављеног у њемачкој литератури из 2006. године<sup>1</sup>, ако је позиција прозора (непознатих топлотних карактеристика - оквир са двослојним ТИ стаклом) увучена  $\leq 2,5$  cm у односу ивицу зида са преклопом топлотне изолације на допрозорник од  $\geq 3$  cm, у зависности од дебљине топлотне изолације на зиду,  $\Psi$  износи од 0,05 - 0,08 W/mK (мања дебљина даје бољи коефицијент пролаза топлоте сведеног на дужину). Док код топлотног моста допрозорника увученог  $\leq 2,5$  cm у односу ивицу зида и са скошеном минималном топлотном изолацијом испод прозорске клупице  $\Psi$  износи од 0,12 - 0,14 W/mK у зависности од дебљине топлотне изолације на спољашњем зиду.

При пројектовању транспарентних компоненти омотача разматрају се бројни захтјеви, као што су дневно освјетљење, остваривање визура, спречавање одсјаја, али са аспекта енергије те површине својом величином и диспозицијом имају највећи утицај на трансмисионе топлотне губитке. Пропорција застакљења већа од 30% за стамбене зграде и већа од 50% за зграде друге намјене сматра се високом и захтјеви за трансмисионим топлотним губицима у односу на компактност зграде су више вриједности (мање захтјевни коефицијенти пролаза топлоте). Осим пропорције застакљених површина на енергетску оптимизацију утиче и квалитет стакла.

Европска унија је кроз Акциони план за енергетску ефикасност у зградарству из 2006. године, истражила потенцијал у унапређењу застакљења као омотача у постојећем фонду зграда. Истраживањем је дала увид да је још увијек присутно највише једноструко застакљење у омотачу зграда (Слика А6).

<sup>1</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 3.1-3.62



Слика А6. Однос врста застакљења на зградама у Европској унији (доступно 20.09.2012.године на сајту <http://www.glassforeurope.com/en/issues/faq.php>)

Данас, у зависности од климатске зоне и намјене зграде у употреби су разне врсте једноструког стакла која се спајају у побољшане изолационе јединице застакљења са разним врстама превлака и гасова.

Према њемачком приручнику о грађевинским материјалима<sup>2</sup> изолациона стакла су подјелена на термоизолациона, стакла за контролу сунчевог зрачења и стакла за звучну изолацију. За енергетску оптимизацију неопходно је размотрити композитна застакљења и њихове особине кроз коефицијенте: трансмисије свјетлости –  $\tau$  (најбитније за коришћење дневне свјетлости), директне трансмисије енергије –  $g$  и пролаза топлоте –  $U_g$  (Слика А7).



Слика А7. Шематски приказ пролаза сунчевог зрачења кроз композитно застакљење – двоструко (Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 154)

Наведени коефицијенти зависе од дебљине стакла и уопште врсти композитног застакљења (броју стакала и размаку-шупљини између стакала), затим монооксида, који се уводе у процесу топљења стакла и тиме боје цијело стакло или накнадне дораде и обраде стакла, да би застакљење могло апсорбовати топлоту и контролисати сунчево зрачење (Табела А1).

<sup>2</sup> Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 84-89.



Нпр. за нормално провидно пливајуће (float) стакло дебљине 4mm ,  $\tau=0.9$ , а  $g=0.87$ .<sup>3</sup>

Табела А1. Преглед појединих врста стакала према оксиду метала и уопште врсти застакљења

Оксиди метала - боја	$\tau$	g
Гвожђе (FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) – плаво-зелена	0.78	0.67
Никл (NiO) – сиво-браон	0.54	0.67
Бакар (CuO) – црвена	0.55	0.65
Селен (SeO) – свијетло црвена		
Врста застакљења	$U_{g2}^*$ (W/m <sup>2</sup> K)	g
једноструко, 6mm	5.8	0.83
2-струко, прозирно, 4-12-4mm	3.0	0.71
3-струко, прозирно, 6-12-6-12-6mm	1.9	0.63
2-струко, са low-E превлаком, 4-12-4mm (ваздух)	1.6	0.63
2-струко, са low-E превлаком, 4-15-4mm (аргон)	1.3	0.61
2-струко, са low-E превлаком, 4-12-4mm (криптон)	1.1	0.62
2-струко, са low-E превлаком, 4-12-4mm (ксенон)	0.9	0.62
3-струко, са low-E превлаком, 4-8-4-8-4mm (криптон)	0.7	0.48
2-струко, рефлектујуће, 6-15-6mm (аргон)	1.3	0.25-0.48

\* $U_g$  – коефицијент према EN ISO 10077-1

Постоји блиска веза између вриједности коефицијента трансмисије свјетлости ( $\tau$ ) и вриједности коефицијента трансмисије енергије, односно соларног дотока (g), те у односу на оријентацију и врсте композитног застакљења може се извести ефективна (динамичка)<sup>4</sup> вриједност  $U_{eq}$ - коефицијента (Табела А2).

Табела А2. Преглед појединих врста композитног застакљења и њихов утицај на смањење вриједности статичког U- коефицијента у односу на оријентацију на подручју Њемачке (Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 155)

Врста стакла	$\tau$ - коефицијент	југ $U_{eq}$	исток/запад $U_{eq}$	сјевер $U_{eq}$
Двоструко стакло / $U_g = 1.8$ ; $g = 0.70$	0.81	0.12	0.540	0.960
Двоструко стакло / $U_g = 1.3$ ; $g = 0.62$	0.77	-0.188	0.184	0.556
Двоструко стакло / $U_g = 1.1$ ; $g = 0.58$	0.76	-0.292	0.056	0.404
Троструко стакло / $U_g = 0.7$ ; $g = 0.4$	0.60	-0.260	-0.020	-0.020
Четвороструко стакло / $U_g = 0.3$ ; $g = 0.38$	0.59	-0.612	-0.384	-0.156

Код стакала специјалних топлотних карактеристика рефлексна превлака на вањском дијелу може смањити U-коефицијент, усавршити трансмисију енергије и због тога допринијети контроли количине сунчевог зрачења која улази у зграду. Када се користи превлака за контролу сунчевог зрачења, неопходно је провјерити боју стакла.

<sup>3</sup> Compagno, A, Glass as a building material - Developments and trends. У Kaltenbach F. (Ed.), *Translucent Materials: Glass, Plastics and Metals* Basel: Birkhäuser, 2004., стр.10-26.

<sup>4</sup> Појам динамичка вриједност U- коефицијента увели Герд Хаусер (Gerd Hauser) и Лотар Рувел (Lothar Rouvel), кроз потенцијал добитака енергије кроз стаклене површине уз статичку вриједност U- коефицијента, g-коефицијента и сунчевог зрачења на вертикалне површине за подручје Њемачке, Hegger M., Auch-Schwelk V., Fuchs M. and Rosenkranz T, *Construction Materials Manual*, Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2006., стр. 156)

Изолациона стакла, којима је примарно да чине топлотну изолацију (термоизолациона) су композитна застакљења која осим ваздухом могу бити пуњена племенитим гасом или ријешена као вакуум, затим ниско емисионе превлаке (low-E).

Пуњење племенитим гасом као што је аргон, ксенон или криптон побољшавају топлотну изолацију; у поређењу са ваздухом они смањују U-кофицијент. Такви тешки гасови смањују ефекте преношења и трансмисије у шупљини. Иако ксенон и криптон имају боље топлотне особине, аргон се генерално користи захваљујући својој доступности и једноставнијем процесу производње.

Вакум у шупљинама омогућава да се топлотна проводљивост смањи још и више. Ово захтијева вакуум од око  $10^3$  бара у шупљини. Ефекат изолације вакуума не зависи од размака у стаклу, што приказује да су могуће шупљине мање од 1 мм. Међутим, вакуум проузрокује да се стаклене плоче савијају према унутра. Зато су неопходни дистанцери, да би се спријечило додирикање и да се не би изгубило изолаторно дејство.

Изолационо стакло које апсорбује топлоту је изолациона јединица са најмање једном превлаком за апсорпцију топлоте. Јединица двоструког застакљења за апсорпцију топлоте може да постигне U-кофицијент од 1.0-1.1 W/m<sup>2</sup>K. Јединица троструког застакљења са пуњењем од племенитог гаса и две ниско емисионе (low-E) превлаке могу постићи U-кофицијент од 0.4 W/m<sup>2</sup>K.

Металне превлаке од сребра и титанијума имају рефлектујуће и апсорбујуће дјеловање на застакљење. Циљ је да се рефлектује већи дио инфрацрвеног зрачења које се реемитује из зграде. Такве превлаке смањују емисиону моћ и у принципу одговарајуће су за контролу сунчевог зрачења и сврхе термоизолације. Стакло које апсорбује топлоту обложено сребром познато је као ниско емисионо (low-E) стакло и представља тренутно достигнуће. Данас, такво стакло може практично да се произведе без боје. Ниско емисиона облога може смањити U-кофицијент стаклене плоче од 3.0 до 1.6 W/m<sup>2</sup>K. Пошто позиција облоге утиче на ефекат изолационог застакљења, јединице застакљења морају бити одговарајуће означене да би се осигурало да су инсталиране исправно.

Стакла за контролу сунчевог зрачења имају превлаке постављене инверзно у односу на (low-E) превлаку и то су антирефлексне и адаптивне превлаке, као и застакљења са покретним размаком – шупљином између стакала и са жалузинама у шупљини између стакала.

Превлака одабраног угла - антирефлексна превлака смањује одсјај са површине стакла од око 8% до 1%. Металне превлаке са оптичким преламањем зависно од угла представљају нови развој. Микроскопски мале шарене структуре преламају долазеће свјетло зависно од упадног угла. Такве превлаке спречавају сунчев одсјај, али мора се израдити посебно за локацију и одговарајући упадни угао.

Накнадно дорађено стакло специјалних карактеристика као што је адаптивно (прилагођено) стакло је још у развоју и то су: електрохромна, гасхромна, течни кристали, фототропска и термотропска. Електрохромна превлака (1 mm полимер филма који садржи одређене металне оксиде волфрама, никла или иридијума) уз помоћ електричне енергије мијења стакло из транспарентног у тамно плаво, погодно за засјенчење и уклањање одсјаја, те мијењају трансмисију свјетлости застакљења од 0.20 до 0.64, као и течни кристали који уз помоћ електричне енергије мијењају транспарентност и трансмисију свјетлости од 0.48 до 0.76. Гасхромна застакљења са превлаком од волфрама мијењају боју услед уметања каталички генерисаног

водорогена и када се увече ваздух боја се изгуби, чиме варира вриједност свјетлости од 0.15 до 0.64, док фототропска и тремотропска нису зависна од оваквих облика контроле него од утицаја околине, ултраљубичастог зрачења и температуре. Застакљење са фиксним или покретним подешавањем шупљина између стаклених плоча може задовољити даље захтјеве у вези са топлотном изолацијом, сјенчењем и естетиком. Међутим, треба запамтити да вањски услови притиска за вријеме одређених временских услова могу проузроковати помјерање стаклених плоча, те је због тога неопходно гарантовати додатно чишћење између шупљина и стакла.

Фиксне или покретне, са електричним или механичким помјерањем, алуминијумске жалужине могу бити постављене унутар шупљине између стакала. Површина жалужина, ако су фиксно рјешене, је конкавна и често у троугаоном положају. Најчешће су од материјала које је могуће перфорирати, као што је метал (перфорираног метала или рјешеног као проткана мрежа) или као дрвене шипке (траке).

Пасивно коришћење соларног (сунчевог) зрачења, до данас познато као соларна архитектура, карактерисало је да се позиција зграде подеси тако да је доступна сунчевој свјетлости, велике површине отвора према јужној оријентацији, а мале према сјеверу, кровни препусти као заштита од прегријавања љети, али који зими допуштају довољан пролаз сунчеве свјетлости у просторију и просторије груписане према топлотном зонирању.

У соларној архитектури површине застакљења заузимају од 60% - 90% јужне фасаде стамбених зграда. Поред вертикалних фасадних прозора користе се и кровни прозори различитих облика, димензија и положаја. Величина застакљења између осталог зависи од намјене зграде, намјене просторија и топлотног капацитета зграде (масе термоакумулативних зидова, подова).

Помоћу коефицијента (N) израчунава се потребна површина соларног прозора ако је позната површина пода дате просторије стамбеног објекта. Вриједност коефицијента (N) дата је у зависности од средње спољашње температуре локалитета објекта у зимском периоду (Табела А3.).<sup>5</sup>

Табела А3. Препоручене вриједности коефицијента (N) за одређивање потребне површине соларног прозора

Средња температура спољашњег ваздуха у зимском периоду (°C)	Коефицијент (N) m <sup>2</sup> површине соларног прозора / m <sup>2</sup> површине пода просторије
Хладан климат	
-9,4	0,27 – 0,42 (са ноћном изолацијом)
-6,7	0,24 – 0,38 (са ноћном изолацијом)
-3,9	0,21 – 0,33
-1,1	0,19 – 0,29
Умјерени климат	
+1,7	0,16 – 0,25
+4,4	0,13 – 0,21
+7,2	0,11 – 0,17

Напомена: средње зимске амбијенталне температуре узимају се за најхладније мјесеце у години – децембар и јануар

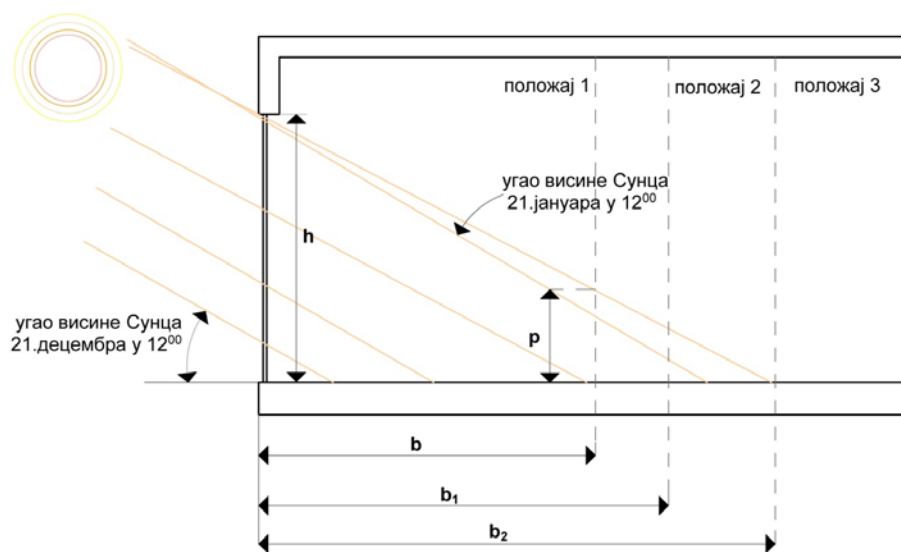
<sup>5</sup> Радосављевић Јасмина М., Павловић Томислав М., Ламбић Мирослав Р., *Соларна енергетика и одрживи развој*, Београд: Грађевинска књига, 2010., стр.73, табела 2.2.

Ако је позната површина пода стамбене зграде са соларним прозором, површина соларног прозора одређује се помоћу односа:

$$A_{сп} = N A_2$$

гдје је  $A_{сп}$  ( $m^2$ ) – површина соларног прозора;  $A_2$  ( $m^2$ ) – површина пода просторије у којој се налази соларни прозор.

Сунчево зрачење које у просторију долази путем соларних прозора може да се акумулира у поду, зиду и таваници просторије. Уколико сунце долази у просторију преко вертикалних соларних прозора најчешће се акумулира у поду просторије (Слика А8.).



Слика А8. Вертикални соларни прозор према Радосављевић Јасмина М., Павловић Томислав М., Ламбић Мирослав Р., *Соларна енергетика и одрживи развој*, Београд: Грађевинска књига, 2010., стр. 74., слика 2.47

Да би до термалне масе просторије са соларним прозорима допирало директно сунчево зрачење величина  $b$  мора бити правилно одређена. Уколико је термална маса просторије са директним захватом сунчевог зрачења под, тада величина  $b$  представља ширину термалне масе пода.

Величина  $b$  се одређује помоћу једначине:

$$\operatorname{tg} \alpha = H \text{ прозора} / b,$$

гдје је  $H$  прозора - висина соларног прозора ;  $\alpha$  – угао висине Сунца ;  $b$  – ширина термалне масе пода.

$$\alpha = \arcsin (\cos L \cos \delta \cosh + \sin L \sin \delta)$$

гдје је  $L$  – географска ширина мјеста;  $\delta$  – деклинација сунца;  $h$  – часовни угао.

Стакло, данас, има велику улогу у оваквом пројектовању, јер допушта толотно раздвајање и у исто вријеме рјешава дневно освјетљење и визуелне комуникације унутрашњег простора зграде са спољашношћу. Осим тога стакло има такве физичке карактеристике да може бити кориштено на специфичан начин да зароби топлоту у корист загријавања унутрашњег простора. Стакло је материјал који има

карактеристике, познате као ефекат зелене зграде (greenhouse), да је пропустљиво за ултравиолетно зрачење (краткоталасно сунчево зрачење), док је непропустљиво за инфрацрвено (дуготаласно топлотно зрачење), те комбиновањем транспарентних површина и материјала који апсорбују топлоту могуће је оптимизовати топлоту кориштењем соларног зрачења. Потенцијал енергије добијен на овакав, пасиван, начин зависи искључиво од путање сунца. У оваквом контексту заштита од сунца и топлотна маса имају веома важну улогу. Топлотна маса може успјешно компензовати ритам дневних и ноћних осцилација за потребном енергијом и доступном енергијом. Пасивно кориштење соларног зрачења директно кроз прозоре је увијек доступно, па чак и према сјеверној оријентацији, због дифузног соларног зрачења и при прорачуну потребне топлотне енергије за загријавање простора неопходно га је узети у обзир због топлотних добитака. За енергетски ефикасну оптимизацију, пропорцију застакљења и топлотни квалитет, неопходно је утврдити према оријентацији. Мјере у концепту пасивног кориштења соларног зрачења су застакљени простори између унутрашњег простора и спољашњости (нпр. лође или атријуми) и транспарентна топлотна изолација.

У застакљеним просторима, температура ваздуха је виша него температура спољашњег ваздуха, што редукује трансмисионе топлотне губитке из унутрашњег простора и што је неопходно прорачунати да би се потврдило. Најчешћа застакљења оваквих простора су једноструким стаклом, нису гријана и увијек су повезана са неким начином кориштења. При енергетској оптимизацији постојећих омотача овакав вид унапређења може постати алтернативна мјера конвенционалним енергетски ефикасним мјерама.

Концепт транспарентне топлотне изолације, познат већ двадесет година, у разним материјалима, елементима и фасадним системима омогућава кориштење сунчевог зрачења кроз непровидне елементе омотача. За вријеме гријног, зимског, периода сунчево зрачење може проћи кроз слој изолације и загријати спољашњу површину масивног зида. Већ при достизању температуре зида која је иста као у унутрашњем простору произилази да нема трансмисионих топлотних губитака.

При енергетском аудиту (прегледу) зграде и анализи постојећих топлотних карактеристика омотача (постојећи U-кофицијенти свих површина омотача), неопходно је примјенити релевантне методе мјерења, које би уједно чиниле и енергетске гаранције, а то су: метода мјерења пролаза топлоте<sup>6</sup> и инфрацрвена термографија<sup>7</sup> о чијој примјени и резултатима ће бити више ријечи у енергетском аудиту репрезентативних узорака (Слика А9.).

---

<sup>6</sup> ISO 9869:1994, Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance

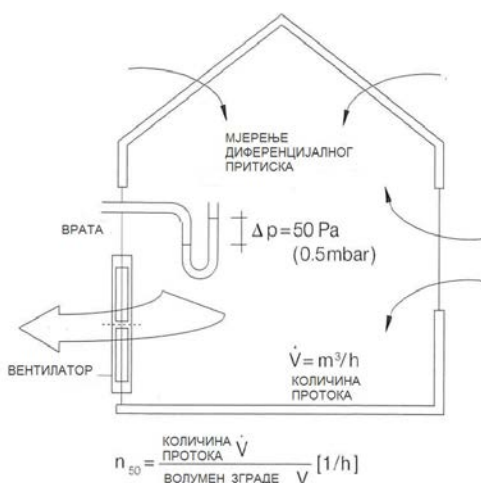
<sup>7</sup> ISO 6781:1983, EN 13187:1998, Thermal insulation -- Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes -- Infrared method



Слика А9. Уређаји за анализу топлотних карактеристика омотача Архитектонско-грађевинског факултета Универзитета у Бањој Луци – лијево вишеканални мјерни уређај ALMEMO ALBHORN 2690-8 и метална плочица за директно мјерење топлотног флукса и десно термографска камера FLIR b60

Минимизирање вентилационих топлотних губитака може се постићи обезбјеђивањем високе ваздухонепропусности добро испројектованим и изведеним омотачем зграде, са освртом на пажљиво рјешавање детаља спојева и веза различитих дијелова омотача, да се избјегла неконтролисана измјена ваздуха.

Једини начин да се провјери ваздухопропусност омотача, који је такође релеватна метода мјерења у анализи постојећих карактеристика омотача, је уз помоћ Blower-Door теста, односно постављањем вентилатора на врата и успостављањем разлике између унутрашњег и спољашњег притиска од 50 Pa. Количина протока се одређује на основу пада притиска у проточној млазници и у односу на волумен згарде прорачуна се тренутна измјена ваздуха по сату (1/h), Слика А10.



Слика А10. Blower-Door тест – графички приказ, лијево из литературе (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 94) и десно приказ у пракси Њемачке у новоградњи (доступно 30.10.2012. на сајту <http://www.schwarz-thermografie.de/inhalte/blower.htm>)

Према важећем стандарду неопходно је прије свега припремити зграду, јер ова врста теста употребљава се за двије врсте поступака, када желимо одредити ваздухопропусност за постојеће зграде, нормалним затварањем прозора и код новоизграђених зграда, када желимо да испитамо омотач зграде, тако што се сви отвори (прозоре, вентилационе, клима уређаје) потпуно херметички затворе.<sup>8</sup>

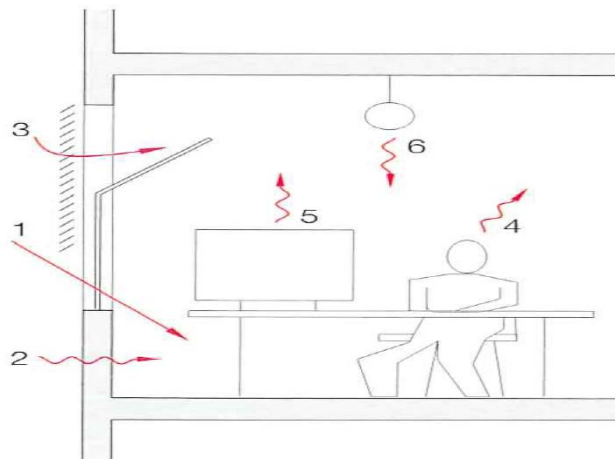
Ваздухопропусност је веома важна код зграда са механичком вентилацијом, због ефикасног поврата топлоте. За ово истраживање важна је процјена инфилтрације у постојећим зградама прије и после извођења енергетски ефикасних мјера на омотачу. У поглављу о децентрализацији вентилације, биће више ријечи о природном провјетравању, односно о инфилтрацији као најстаријем виду природног провјетравања.

## ПРИЛОГ А.2 Спречавање прегријавања

Циљ спречавања прегријавања рјешава се концептима редуковања топлотног протока, редуковања долазног сунчевог зрачења и топлотном масом и вентилацијом.

Потреба за редуковањем долазног соларног зрачења, као као концепта који има највећи утицај на спречавање прегријавања зграда, стара је колико и сама архитектура<sup>9</sup>, а данас је неопходна из разлога што је присутна широка употреба великих застакљених површина. Пропорција застакљења на зградама већа од 30% сматра се високом и осим што су захтјеви за трансмисионим топлотним губицима у односу на компактност зграде више вриједности као што је наведено у поглављу 2.2.1, неопходна је и љетња топлотна заштита системима засјенчења.

На унутрашњу температуру просторије утичу топлотна вањска и унутрашња топлотна оптерећења. Вањска оптерећења су сунчево зрачење, трансмисија сунчеве енергије кроз омотач и вентилација, док су унутрашња људи (окупираност), електрични уређаји и расвјета (Слика А11.).



Слика А11. Графички приказ унутрашњег и вањског топлотног оптерећења радног простора (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 96)

<sup>8</sup> ISO 9972:2006, Thermal performance of buildings -- Determination of air permeability of buildings -- Fan pressurization method

<sup>9</sup> Косорић, Весна, Активни соларни системи, Београд: Грађевинска књига, стр. 1-2.

При енергетском оптимизацији зграде, односно на самом почетку при енергетском аудиту (прегледу) постојеће зграде неопходно је сагледати све наведене параметре, јер утичу на унутрашњу температуру зграде, а с тим и на прорачун специфичне потрошње топлотне енергије за гријање постојеће зграде.

Највећи примарни утицај на пораст температуре просторије у љетном периоду има пропорција застакљења, топлотни капацитет (топлотна акумулативност површина) просторије и примјењени систем засјенчења. Други по важности, секундарни параметри су интезитет сунчевог зрачења и вентилације, што се тиче застакљених површина оријентација и  $g$ -коэффицијент, затим  $U$ -коэффицијент. На унутрашњу температуру просторије утичу још, трећи по важности, и температура вањског ваздуха, геометрија просторије, топлотни капацитет изолационог материјала, отпуштање температуре кроз зид (однос температурне амплитуде вањске и унутрашње површине зида) и врста вентилације.

Заштита од топлотног прегријавања у љетном периоду је обавезна за зграде са површином прозора већом од 30%.

Топлотни капацитет зграде или способност грађевинских елемената да чувају топлоту у обухваћеном простору у зависности је од различитих типова конструкције и њемачки стандард DIN 4108-2 их је разврстао на лакше, средње и тешке конструкције. За редуковање долазног сунчевог зрачења, односно допуштени коэффициент сунчевог уноса, Њемачка је извела на основу три климатске зоне и типа конструкције, који су подјељени на појединачне коэффициенте сунчевог уноса, и највише зависе од површине застакљења и геометрије просторије.<sup>10</sup>

Када се претпоставе мјере за редуковање сунчевог зрачења и добије расположиви коэффициент сунчевог уноса, мора се провјерити да ли је нижи од допуштеног за одговарајућу климатску зону и тип конструкције.

Мјере за редуковање долазног сунчевог зрачења су: конструктивне мјере, специјална стакла - стакла за контролу сунчевог зрачења (деталније обрађена у поглављу 2.2.1) и системи засјенчења.

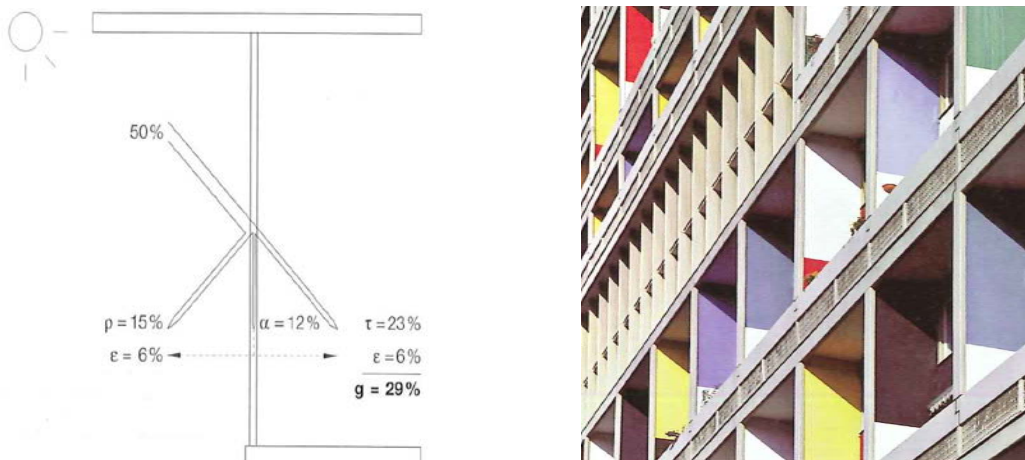
Конструктивне мјере на омотачу за редуковање сунчевог зрачења, односно позиција архитектонске геометрије омотача у односу на транспарентне површине, су: препуштене конструкције изнад транспарентног дијела омотача (надстрешнице, терасе), затим увучени дијелови транспарентног омотача у односу на основну диспозицију омотача (лође, балкони, разна степенаста увлачења ламела) и нагнути (коси) дијелови транспарентног дијела омотача (пројектовање повољних углова омотача у односу на директно сунчево зрачење). На примјеру лођа Ле Корбизијеве зграде (Unite d'Habitation) из 1958. године у Берлину, као систему засјенчења смањено је долазно сунчево зрачење до 50% прије доласка до самог стакла на јужној страни зграде (Слика А12.). При процјени да је било уграђено стакло са коэффициентом трансмисије енергије од  $g = 0.60$ , остали параметри оваквог система су коэффициент рефлексије сунчеве свјетлости –  $\rho$  износи 15%, коэффициент емисивности стакла –  $\varepsilon = 6\%$ , при коэффициенту апсорпције –  $\alpha = 12\%$ , дали су коэффициент трансмисије сунчеве свјетлости –  $\tau =$

---

<sup>10</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 2.148-2.162

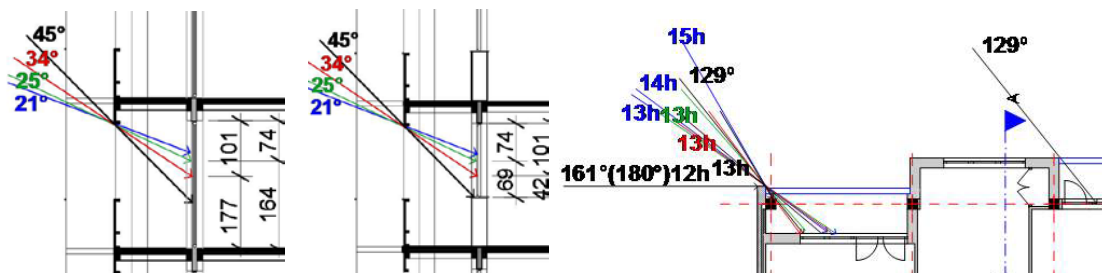


0.23, док је укупни коефицијент трансмисије енергије-g, односно доток сунчеве енергије  $g_{tot} = 0.29$ .



Слика А12. Примјер редуковања долазног сунчевог зрачења конструктивом мјером, која је процјењена на фактор умањења  $F_c = 0,5$ , графички приказ - лијево, изглед згарде – десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 98)

На примјеру репрезентативног стамбеног узорка испројектованог 1971. године, а изграђеног 1974. године, који посједује лође, са проценом да је уграђено двоструко стакло  $g = 0.77$ , при прорачуну укупног коефицијента дотока сунчеве енергије за зимски (гријни) период на основу путање Сунца за  $45^\circ$  СГШ према подацима из литературе<sup>11</sup> и поставке модела узорка (погледати поглавље 5.3.1) прозори у лођи на истоку имају израчунато  $g = 0.19$ , док балконска врата имају  $g = 0.23$ , јер лођа дубине 1,20m чини сјену у зимском периоду прозору од просјечно 64%, док балконским вратима ствара сјену од 53% (Слика А13.).



Слика А13. Графички приказ лођа репрезентативног узорка и карактеристичних вертикалних углова Сунца у зимском периоду, лијево и лођа на западу и угла азимута Сунца који је аналоган источној оријентацији зграде, десно

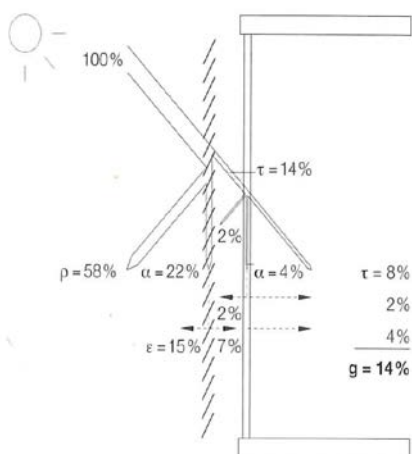
Редуковање долазног сунчевог зрачења у љетном периоду, није прорачунавано за репрезентативне узорке, због неопходности стварања параметра који директно учествују у прорачуну специфичне потрошње енергије за гријање зграда (зимски период). Према подацима из литературе иако висина сунца у односу на хоризонталу заклапа дупло виши угао у љетном периоду (просјек у љетном периоду у 7h -  $21^\circ$ , у 9h -  $41^\circ$ , у 12h -  $60^\circ$ , док је у зимском периоду у 9h -  $18^\circ$ , а у 12h -  $30^\circ$ ), сунце сија скоро дупло више сати према истоку и западу у љетном периоду (7,5 h) у односу на зимски (3,5 h), те то може да указује да би према овим

<sup>11</sup> Тодоровић, Б., „Климатизација“, Београд: СМЕИТС, 1998., стр.33.

странама свијета могао бити исти фактор умањења  $F_c$  као што је у зимском периоду.

Системи засјенчења дијеле се на елементе вањске и унутрашње заштите од сунца и елементе унутар стакла за заштиту од сунца, која су такође споменута у поглављу 2.2.1 у стаклима за контролу сунчевог зрачења.

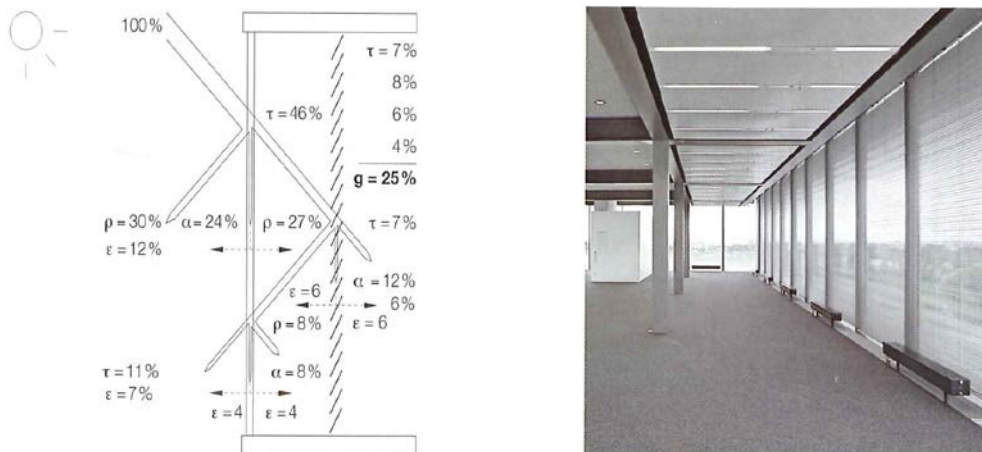
Елементи вањске заштите од сунца су: тенде, брисолеји и ролетне и њихово дефинисање је у складу са њиховим структуралним и фунционалним комбинацијама. Примјер система вањског засјенчења, који може смањити долазно сунчево зрачење и до 75% прије доласка до самог стакла, приказан је на пословној згради у Штутгарту из 1998. године (Слика А14.). При процјени да је уграђено стакло са коефицијентом трансмисије енергије од  $g = 0.60$ , остали параметри оваквог система су коефицијент рефлексије сунчеве свјетлости –  $\rho$  износи 58%, коефицијент емисивности стакла -  $\varepsilon$  15% са вањске стране ролетне, 7% између ролетне и стакла, а 4% у просторији. При коефицијенту апсорпције –  $\alpha = 22\%$  за засјенчење и још 4% за стакло, дали су коефицијент трансмисије сунчеве свјетлости прије стакла -  $\tau = 0.14$ , док је у самој просторији  $\tau = 0.08$ , а укупни коефицијент трансмисије енергије- $g$ , односно доток сунчеве енергије  $g_{tot} = 0.14$ .



Слика А14. Примјер редуковања долазног сунчевог зрачења системом вањског засјенчења, која је процјењена на фактор умањења  $F_c = 0,25$ , графички приказ - лијево, изглед зграде – десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 98)

Елементи унутрашње заштите од сунца су: платнене ролетне, панели, алуминијумски и пластични венечијанери, разне завјесе и њихова заједничка карактеристика је њихова једноставна мобилност (једноставно и брзо склањање завјесе или венечијанара), лако одржавање, поправке, монтажа и обезбјеђивање приватности. Систем унутрашње заштите омогућује заштиту од одсјаја (бљештавила) сунца, али не спречава улазак топлоте и неизбјежан је ефекат високе концентрације топлоте између прозора и завјесе. Примјер система унутрашњег засјенчења, који може смањити долазно сунчево зрачење за 20%, приказан је на пословној згради у Зендену из 2007. године (Слика А15.). При процјени да је уграђено стакло са коефицијентом трансмисије енергије од  $g = 0.30$  (рефлексија свјетлости код првог примјера са лођама 15% говори да је уграђено стакло са душло вишим коефицијентом трансмисије сунчеве свјетлости и енергије), остали параметри оваквог система су коефицијент рефлексије сунчеве

свјетлости –  $\rho$  износи 30%, коефицијент емисивности стакла -  $\varepsilon$  12% са вањске стране стакла, 6% између стакла и ролетне и у просторији. При коефицијенту апсорпције –  $\alpha = 24\%$  и за ролетну 12%, дали су коефицијент трансмисије сунчеве свјетлости између стакла и ролетне -  $\tau = 0.46$ , док је у самој просторији  $\tau = 0.07$ , а укупни коефицијент трансмисије енергије-g, односно доток сунчеве енергије  $g_{tot} = 0.25$ .



Слика А15. Примјер редуковања долазног сунчевог зрачења системом унутрашњег засјенчења, која је процјењена на фактор умањења  $F_c = 0,80$ , графички приказ - лијево, изглед зграде – десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 98)

Унутрашња заштита од сунца може бити једино потпуно ефектна у комбинацији са другим системима, као што је на примјеру приказано да је стакло специјалних карактеристика са контролом сунчевог зрачења. Овакви системи захтјевају још елемената који могу омогућити топлотну апсорпцију или размјену ваздуха, као што су системи за климатизацију.

Анализом свих система засјенчења, закључује се да је, у највећем броју случајева, комбиновањем више врста система заштите могуће постићи оптималне резултате у редуковању и контролисању долазног соларног зрачења.

### ПРИЛОГ А.3 Децентрализација вентилације

Ваздух у затвореним просторијама може се посматрати на два начина, као средина која нас окружује и као материја коју удишемо. Сходно томе квалитет ваздуха мора да одговара нормалним физиолошким потребама људи: треба да има довољно кисеоника и да буде хемијски и механички незагађен и мора да омогући угодан осјећај у смислу топлотне регулације организма. У основи, повезано са енергетски ефикасним начином градње, данас постоји стална потреба да се губици топлоте провјетравањем смање на неопходну мјеру. Смањење брзине измјене ваздуха треба да се успостави преко хигијенских критеријума у односу на границе квалитета ваздуха у просторији. При том сам квалитет ваздуха треба да се оцјени у погледу на физиолошки пожељне вриједности састава ваздуха и у односу на појаву промаје. Жељени квалитет ваздуха у односу на састав ваздуха карактеришу најприје довољно висок садржај кисеоника и с друге стране, најмањи могући садржај угљен-диоксида ( $CO_2$ ) и других штетних материја у ваздуху. Даље, треба да се постави садржај влаге у ваздуху у просторији тако да

не могу наступити ни појаве непријатности код корисника ни штете од влаге по конструкцију.<sup>12</sup>

Постизање и одржавање одређеног квалитета ваздуха у унутрашњем простору постиже се процесом вентилације, односно довођењем свјежег вањског и одвођењем искориштеног ваздуха, кроз за то предвиђене отворе. Вентилациони систем треба да обезбједи осјећај угодности на који утичу сљедећи фактори: температура, релативна влажност, брзина струјања ваздуха и квалитет ваздуха. При избору система вентилације треба ускладити све ове елементе тако да се омогуће оптималне вриједности, у зависности од намјене просторије. Фактори који утичу на квалитет ваздуха су: вањски извори загађења, елементи конструкције и намјештај, опрема, људи и, евентуално, животиње.

Децентрализовани систем вентилације подразумева провјетравање појединачних просторија, чиме се избјегава скуп систем проводне цијевне мреже која се користи код класичних централних система. Свјеж ваздух се припрема и убацује за сваку просторију посебно, чиме је могуће регулисати колико ће која просторија бити провјетрена, у зависности од намјене просторије и на тај начин омогућити значајну уштеду енергије. Децентрализовани систем вентилације омогућава циљано провјетравање појединих просторија и самим тим смањује непотребно расипање топлотне енергије. Употребом децентрализованог система вентилације смањује се цијена пројектовања, као и одржавања и чишћења система, а сам систем је једноставније пројектовати, јер углавном нема значајног утицаја на вањски изглед зграде и конструкцију.

Природна вентилација подразумева контролисано кретање ваздуха кроз отворене прозоре и врата или за то предвиђене отворе, без употребе вентилатора, као и неконтролисано кретање ваздуха кроз отворе који постоје усљед несавршености у згради. Улазак вањског ваздуха у просторију кроз ненамјенске отворе - зазоре (отвори у спојевима, пукотине у зидовима, подовима плафонима, око прозора и врата) назива се инфилтрација.

„Под слободним провјетравањем (такође: природно провјетравање) подразумева се размјена ваздуха преко незаптивености у омотачу зграде, преко прозора и кроз канале за провјетравање. Побудни механизми за ову врсту проветравања су, с једне стране, температурна разлика између унутрашњег и спољнег ваздуха и, с друге стране, разлике притисака усљед јачине вјетра на омотачу зграде. Пошто су моћи оба механизма подложна осцилацијама усљед зависности од лошег времена, не може се обезбједити равномјерна и контролисана размјена ваздуха. Ово даље води до појаве промаје и повећаних губитака енергије.<sup>13</sup> Погонска сила за природно струјање ваздуха унутар објеката остварује се на два начина: енергијом вјетра и ефектом димњака (Слика А16.).

---

<sup>12</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 6.1

<sup>13</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 6.16.3.1

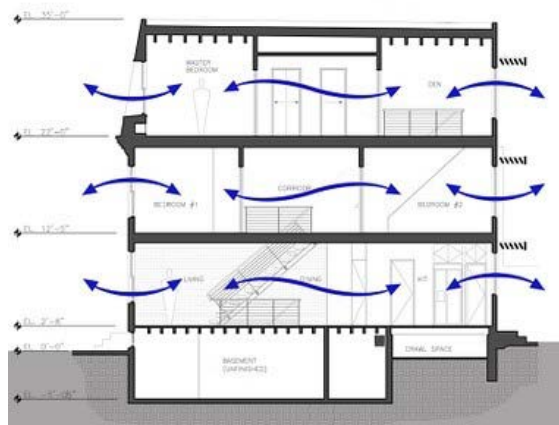


Слика А16. Графички приказ природног провјетравања зграде (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://www.gradimo.hr/clanak/prirodna-ventilacija/15598>)

Енергија вјетра омогућава струјање ваздуха кроз вентилационе отворе усљед претварања динамичког притиска вјетра у статички. На страни објекта која је изложена директном утицају вјетра јавља се позитивна разлика притиска између унутрашњег и вањског простора, а негативна разлика на страни која је у завјетрини, што изазива струјање ваздуха у просторију.

Ефекат димњака је појава која омогућава струјање ваздуха кроз објекат услед разлике температура између унутрашњег и вањског простора. Кретање ваздуха у овом случају има вертикалну путању јер је густина топлог ваздуха мања од густине хладног ваздуха па се струјање одвија од дна према горе.

Најраспрострањенији начин природног провјетравања је кроз прозоре, тзв. попречна вентилација (cross-ventilation), Слика А17.



Слика А17. Графички приказ природног попречног провјетравања зграде кроз прозоре (доступно 20.03.2013. године на сајту [http://vi.sualize.us/100\\_year\\_old\\_rowhouse\\_montrose\\_street\\_philadelphia\\_usa\\_cross\\_natural\\_ventilation\\_sustainable\\_building\\_picture\\_e8kW.html](http://vi.sualize.us/100_year_old_rowhouse_montrose_street_philadelphia_usa_cross_natural_ventilation_sustainable_building_picture_e8kW.html))

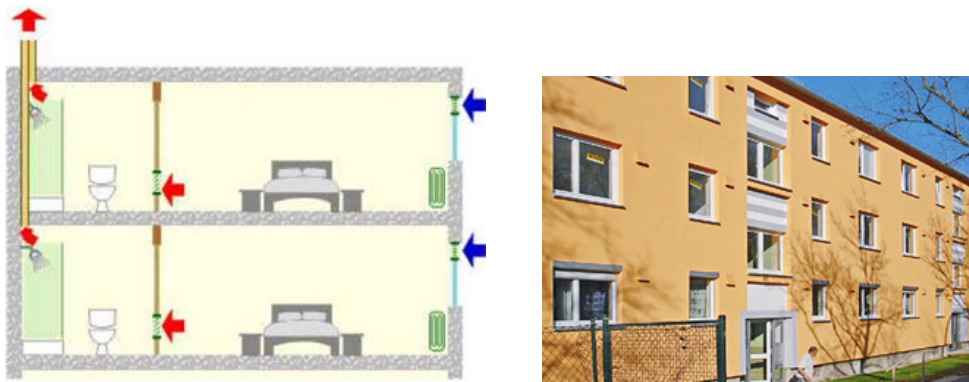
На сличан начин функционише и провјетравање кроз отворе - канале и решетке на прозорима. Нешто старији систем који се примјењивао је провјетравање кроз фуге, тј. инфилтрација. Иако су данас присутни и савремени системи провјетравања: системом ефекта димњака и атријумске куће, и један од модерних приступа - преко двоструке фасаде.

За ово истраживање су битни и биће детаљније обрађени систем провјетравања по фугама (инфилтрацијом), кроз отворе и прозор.

До 60-их година, због ниске цијене енергије и високе потребе за брзином измјене ваздуха, провјетравања по фугама потпуно је могло да подржи измјену ваздуха или ову да комплетно обезбиједи. Данас, у сваком случају, треба да се избјегну високи губици топлоте и опасности од стварања влаге усљед падавина на основу сакупљања росе преко незаптивености у омотачу зграде. Брзина измјене ваздуха настала провјетравањем по фугама пење се са повећањем градијента температуре између унутрашње и спољне температуре, као и са повећањем брзине вјетра. Зато се догађа, посебно у зимским мјесецима, прекомјерно велика измјена ваздуха, док за вријеме љетњих мјесеци не може да се достигне хигијенски неопходна минимална измјена ваздуха. Још од крупнијег значаја него што су енергетски губици је, ипак, унос влаге преко сакупљања росе у конструкцији, када топао и влажан ваздух из просторије струји кроз незаптивености напоље.<sup>14</sup>

Генерално посматрајући, овај систем оцјењен је негативно, јер не задовољава стандарде и принципе енергетски ефикасног и одрживог објекта.

За провјетравање сваке просторије кроз отвор (посебне отворе на вертикалном омотачу), на који се ваздух доводи слободним путем, за одвођење ваздуха користи се опрема унутар постављених купатила, санитарних просторија и кухиња. Проблем провјетравања кроз отворе је ефикасност – условљена великим температурним градијентима – расте са порастом висине отвора (ефекат димњака). Зато се у зимским месецима размјењује сувише ваздуха, а у љетњим мјесецима може да дође до пада струје одвода ваздуха или се – при инверзији временске ситуације, створи и обратно струјање ваздуха у просторији<sup>15</sup> (Слика А18.).



Слика А18. Графички приказ провјетравања зграде кроз отворе, слика лијево пресјек зграде (доступно 20.03.2013. год. на сајту <http://www.tehnicka.edu.rs/images/141/Ventilaciona%20re%C5%A1enja.pdf>), слика десно приказ зграде са видном позицијом отвора у горњој зони непосредно уз прозоре - код механичке вентилације (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://www.inventer.cz/popis-funkce.php>)

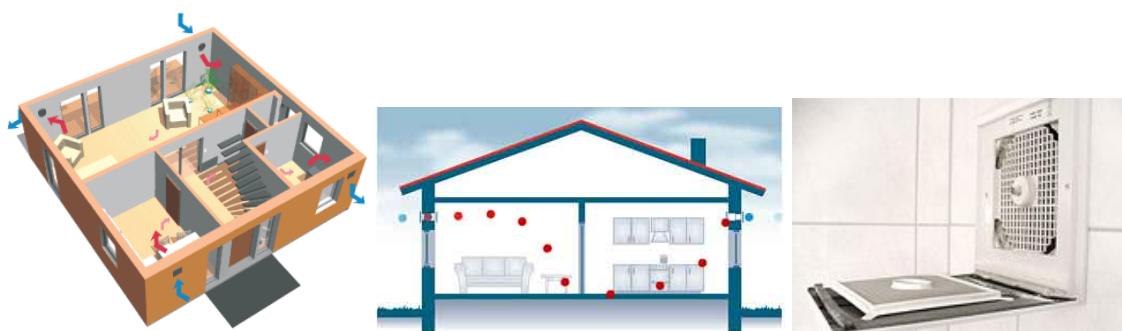
Битно је нагласити да овај тип вентилације функционише исправно само ако је осигурано стално довођење свјежег ваздуха. Код природног, слободног провјетравања, отворе за довод ваздуха треба правити на различитим висинама:

<sup>14</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 6.15

<sup>15</sup> Виљемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 6.16

лјети се отварају нижи отвори да би хладнији и гушћи ваздух улазио у просторију, а зими се отварају високо постављени отвори како би се спријечио улазак хладног и влажног ваздуха. Ради регулисања броја и количине измјена ваздуха, отвори морају имати жалузине и посебне затвараче којима се регулише величина отвора. Мјеста улаза свјежег ваздуха у зграду се орјентишу директно у смјеру најинтезивнијег вјетра. Најповољнија локација за смјештај излаза ваздуха је на крову, у подручју негативног притиска, и евентуално на страни зграде у завјетрини (супротно од улаза) и бочним странама.

Унапређење оваквог ријешења, па чак и ако нема унутрашњих отвора за одвођење ваздуха рјешава се децентрализованим системом механичке вентилације, уграђивањем вентилатора за довођење и одвођење ваздуха, на вертикалном спољашњем омотачу (Слика А19.).



Слика А19. Приказ кретања ваздуха (довођење и одвођење) путем отвора са механичком вентилацијом постављеним на спољашњем вертикалном омотачу, слика лијево и у средини, а слика десно приказ отвора са постављеним керамичким акумулатором унутар отвора и вентилатора на унутрашњој страни отвора у просторији (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://www.inventer.cz/popis-funkce.php>)

Провјетравање кроз прозоре је најраспрострањенија врста провјетравања станова. Оно је према DIN 1946-6<sup>16</sup> допуштено, када се бројем, извођењем и конструкцијом прозора омогућује довољно провјетравање стана. Провјетравање кроз прозор је једино проблематично зато што се тешко одређују постигнуте стварне брзине размјене ваздуха. Најважнији параметар утицаја на остварљиву брзину размјене ваздуха је положај прозора (начини отварања прозора), Табела А4.<sup>17</sup>

Табела А4. Брзине измјене ваздуха у зимском периоду у односу на различите положаје прозора

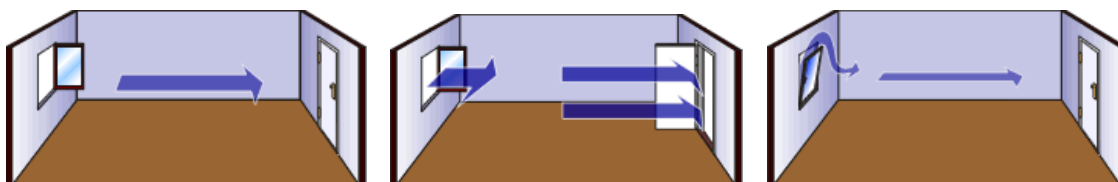
Положај прозора	Брзина измене ваздуха (1/h)
Искренут прозор, спуштене ролетне	0,3 до 1,5
Искренут прозор	0,8 до 2,5
Искренут прозор са попречним провјетравањем	2,0 до 4,0
Полуотворен прозор	5,0 до 10,0
Потпуно отворен прозор	9,0 до 15,0
Отворен прозор са попречним провјетравањем	20 до 40

<sup>16</sup> Вилемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 6.16

<sup>17</sup> Krippner R., Musso, F., Basic Facade Apertures, Birkhauser: Basel, Boston, Berlin, 2008., стр. 22. и Вилемс, В., Шилд К. и Динтер С., Грађевинска физика – приручник, Део 1, Београд: Грађевинска књига, 2006., стр. 6.18

Треба се тежити разумно наглом попречном провјетравању при потпуно отвореном прозору, када се зими ваздух – барем рачунски – потпуно размјени унутар 1,5 до 3 минута. Пошто се ту по правилу не дају нужно идеални гранични услови, размјена ваздуха по процесу попречног провјетравања ће прије под реалним граничним условима бити између 50% и 75%. Ако се узме у обзир годишња клима, онда је за потпуну размјену ваздуха зими потребно око 4 до 6 минута попречног провјетравања, а лети на основу непостојања топлотне изолације зграде око 25 до 30 минута. Ако се за основ постави размјена од 75% по процесу провјетравања, онда зими треба да се спроводи процес попречног провјетравања свих 60 до 90 минута да би се достигла брзина размјене ваздуха од  $0,5 \text{ h}^{-1}$  до  $0,8 \text{ h}^{-1}$ . На овај начин може се, барем током дана, реализовати сразмјерно низак губитак топлоте при истовремено добром квалитету ваздуха. Теже је да се реализује одговарајућа размјена ваздуха путем провјетравања кроз прозор у ноћним часовима. У вечерњим сатима долази често до пораста количине штетних материја (више концентрације угљен диоксида) у унутрашњости просторије. Ако се провјетрава у току дужег временског интервала са искрнутим прозором, могу се наталожити знатне количине росе након затварања прозора на јако расхлађеним дјеловима.

Потпуним отварањем прозора и врата могуће измјенити сав ваздух у просторији за само неколико минута. Посматрано са аспекта губљења топлоте током провјетравања ово представља најефикаснији начин провјетравања: ако прозоре на кратко вријеме отворимо зидови и намјештај у просторији неће изгубити много топлоте коју су акумулирали, па ће се температура брзо вратити на нормалу по затварању прозора. Највећа ефикасност се постиже ако се прозор и врата налазе на супротним странама просторије која се провјетрава. Слика А20.



Слика А20. Примјери потпуног провјетравања просторије при различитим положајима прозора и врата, слика лијево потпуно отворен прозор, а затворена врата 5-10 min., слика у средини потпуно отворен прозор и отворена врата 1-5 min. и слика десно искрнут прозор и затворена врата 30-60 min. (доступно 20.03.2013. године на сајту <http://kem.vrbas.net/korisni-saveti/ventilacija/86-prirodna-ventilacija>)

#### ПРИЛОГ А.4 Коришћење дневне свјетлости

Дневна свјетлост, као важан фактор при пројектовању, је и психолошки фактор, јер утиче на пријатност, расположење, управља бројним биолошким и физиолошким процесима код човјека. Вјештачко освјетљење чини око 19% укупне потрошње енергије, а према истраживању Међународне агенције за енергију (IEA, *The International Energy Agency*)<sup>18</sup>, ако се настави са

<sup>18</sup> *The International Energy Agency* је основана 1974. године у оквиру ОЕЦД (*The Organisation for Economic Co-operation and Development*) ради спровођења међународног програма за очување



неконтролисаним коришћењем енергије, укупна потрошња енергије на освјетљење ће порастати на 40%.

Свјетлост је суштинска биолошка и физиолошка компонента човјековог живота, ствара боје и омогућава поимање простора и облика. Свјетлост у архитектури представља један од основних чинилаца у пројектовању. Коришћење дневне свјетлости може бити функционално, декоративно и ликовно, или

- термичко – пасивно (за гријање и освјетљење простора) и активно (систем са соларним колекторима и спремником топле воде; колектори претварају Сунчеву енергију у топлинску енергију);
- фотонапонско – фотонапонске ћелије (фотонапонски панели) за производњу електричне енергије. Фотонапонске ћелије су елементи који директно претварају енергију Сунца у електричну енергију. Фотонапонске ћелије могу се користити као самостални извори енергије или као додатни извор енергије.

За кориштење дневног свјетла, прије свега, је потребно да грађевина има транспарентне или транслуцентне материјале. Међутим, такви материјали могу довести до прегријавања просторија, што је свакако непожељно љети. Као што стаклене површине показују већу топлотну проводљивост него непрозирни зидови, тако топлотна проводљивост стакла слаби зими у односу на чврсти омотач зграде.

Системи за коришћење дневног свјетла могу подразумевати и начине на које ће се остварити квалитетно природно освјетљење, које треба да карактерише:

- задовољавајући ниво освјетљености (интензитет) – постиже се правилним димензионисањем и диспозицијом отвора;
- просторна равномјерност – правилна диспозиција отвора (уздужно, попречно) и комбинација отвора са више страна;
- временска уједначеност – правилна оријентација према странама свијета – сјеверна оријентација даје најуједначенији освјетљај,
- одбрана од прекомјерног дејства одсјаја (бљештавила) – користе се различита сјенила.

Међутим, с обзиром да на овај начин није увијек могуће остварити довољно квалитетног, равномјерног и уједначеног природног свјетла дошло је до истраживања и експериментисања са новим системима, који ће га моћи контролисати. Посматрајући класификацију из 2000. године Међународне агенције за енергију постоји 28 категорија (типова) система коришћења дневног свјетла (са сјенилима и без сјенила).<sup>19</sup>

Познавање физике свјетлости, фактора освјетљености као и климе посматраног подручја је веома важно због правилног одабира система за коришћење свјетлости.

Иако Сунце има увијек исти интензитет и температуру боје свјетлости, у природи се јављају разлике у освјетљењу (с обзиром на положај Земљине осе у различитим годишњим добима, географске ширине посматраног мјеста, промјене

---

енергије. Главни циљ ИЕА је да подстакне сарадњу између 28 земаља чланица у очувању и унапређењу енергије.

<sup>19</sup> Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components, Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex, 29, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, 2000, доступно 10.03.2013. на сајту [http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS\\_Annex\\_29\\_PSR.pdf](http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_29_PSR.pdf)

упадног угла Сунчевих зрака у току дана, климатских прилика, стања тмурности неба, оријентације објекта) нпр: Сунце у зениту 100000 lx, облачно небо 15000 lx, пун мјесец 0.2 lx, ноћ без мјесечине 0.002 lx, затворени архитектонски простори 30-600 lx (Табела А5.).

Табела А5. Средња освјетљеност и фактор дневне освјетљености у затвореним просторима

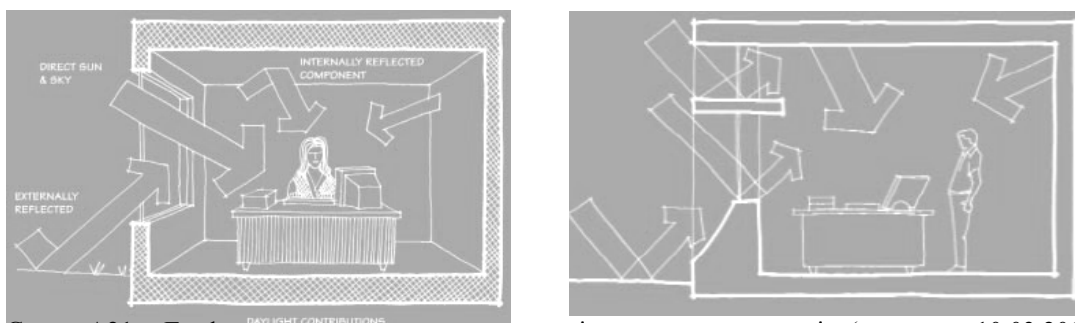
Захтјеви	Освјетљеност (lx)	Фактор дневне освјетљености (%)
Веома мали	30-50	0.6-1.0
Мали	50-80	1.0-1.6
Средњи	80-150	1.6-3.0
Велики	150-300	3.0-6.0
Веома велики	300-600	6.0-12.0
Изванредно велики	>600	>12.0

Важан фактор за одређивање квантитативне процјене дневне свјетлости у просторији је фактор дневне освјетљености (Т) који се срачунава на просјечну дневну освјетљеност од 5000 лукса<sup>20</sup>.

Количина дневне свјетлости која пада у неки простор зависи, прије свега, од географске локације, затим од елемената засјенчења, оријентације, пропорције просторије, јачине свјетлости, типа материјала (стакла), степена рефлексије унутрашњих површина, система за коришћење Сунчеве енергије, система за коришћење дневног свјетла. Мјерење свјетлости се врши помоћу фотометара, а најчешће се користи луксометар.

Дневна свјетлост долази у просторију из три правца:

- спољашње рефлектујуће површине (земљане површине, плочник, сусједни објекти, широки рамови прозора и објекти... треба водити рачуна о чињеници да прекомјерне спољашње рефлексије могу изазвати бљесак);
- директна сунчева свјетлост / небо (кроз застакљене отворе-прозоре)
- унутрашње рефлектујуће површине (преградни зид, плафон, подне површине), Слика А21.<sup>21</sup>



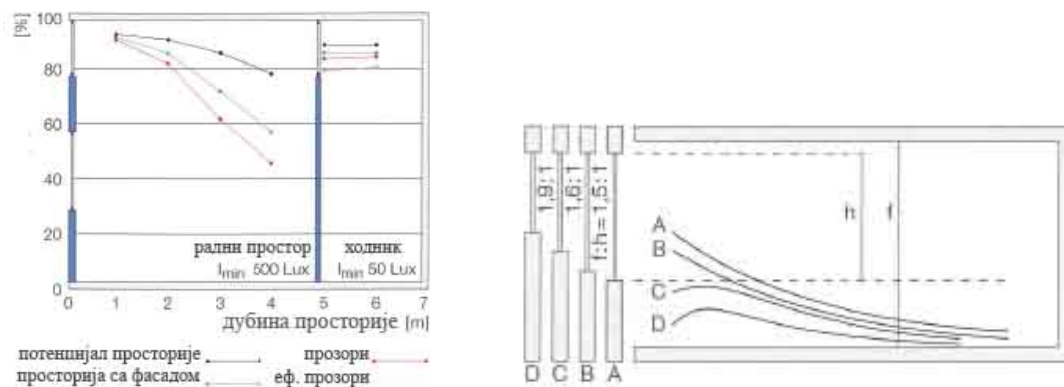
Слика А21. Графички приказ уласка дневне свјетлости у просторију (доступно 10.03.2013. на сајту, [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/commercial\\_initiative/sustainable\\_guide\\_ch4.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/commercial_initiative/sustainable_guide_ch4.pdf))

<sup>20</sup> *Параметри радне и животне средине*, проф. др Драган Цветковић (доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.znrfak.ni.ac.rs/SRB/10-Studije/10-01-OAS/PREDMETI/FIZICKI%20PARAMETRI>

<http://www.znrfak.ni.ac.rs/SRB/10-Studije/10-01-OAS/PREDMETI/FIZICKI%20PARAMETRI%20RIZI/NASTAVNI%20MATERIJALI/20122013/Osvetljenje%20FP%20predavanja.pdf>)

<sup>21</sup> *Sustainable Design Guide, Chapter 4: The Building Architectural Design*, US Department of Energy, Los Alamos National Laboratory, 63.стр, (доступно 10.03.2013. на сајту [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/commercial\\_initiative/sustainable\\_guide\\_ch4.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/commercial_initiative/sustainable_guide_ch4.pdf))

Пројектовање омотача зграде је пресудан за кориштење дневног свјетла. Пропорција стакла у односу на фасаду дефинише употребљив свјетлосни потенцијал. Пропорција прозора на фасадама и самосталност дневне свјетлости не показују линеарни однос (Слика А22.).

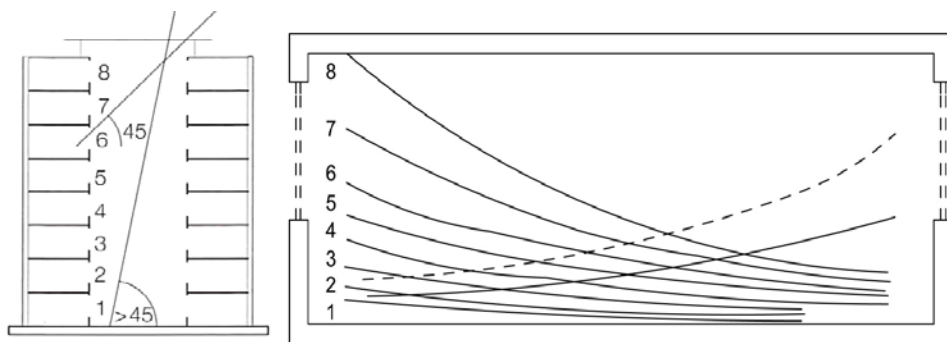


Слика А22. Графички приказ самосталности дневне свјетлости у % у односу на задани интензитет од 500 lx за радни простор и 50 lx за ходник у зависности од дубине просторије на примјеру високо позиционираног прозора на фасади са истом висином и дужином просторије, слика лијево и приказ интензитета дневне свјетлости у односу на димензију прозора постављеног непосредно уз таваницу, слика десно (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 104.)

На примјер, преко 50% застакљеног омотача, ефекат самосталности дневне свјетлости се смањује драстично, док повећањем од 70 до 90% застакљења не постоји примјетан утицај на квалитет дневне свјетлости у просторији. У стамбеној изградњи пропорција застакљења између 20 до 30% у односу на површину просторије је неопходна да би загарантовала основне потребе за природним освјетљењем и визуелни контакт са спољашњошћу.

Распоред стаклених површина утиче на ефикасност кориштења дневног свјетла. Постављање застакљеног отвора на врх зида - идеално такође у подручју непосредно испод плафона – резултује боље освјетљење просторије.

Поред односа површине под стаклом и волумена просторије, на количину дневне свјетлости утиче и оријентација прозора и спрат на којем се налази просторија. На примјер, доступност дневне свјетлости на фасаду разликује се значајно у случају када је зграда окружена високим зградама. Таква ситуација може да диктира потребу да се просторије освјетле и са друге стране, нпр. преко атријума (Слика А23.).



Слика А23. Могућност освјетљења просторија окренутих ка атријуму у зависности од њихове вертикалне позиције (Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 104.)

Неколико појединачних остакљених елемената освјетљавају унутрашњост боље од једног централног елемента. Ако свјетлост у просторије допире са више страна (као у приказаном случају атријума), ниво освјетљења је значајно бољи и примјетан је позитиван утицај на живот корисника.

Квалитет стакла (табела 6 и 7) је веома важан фактор у кориштењу дневне свјетлости, о чијим врстама је било ријечи у поглављу 2.2.1.

Најважнији параметар за процјену компоненте транспарентности и квалитета дневног освјетљаја је коефицијент трансмисије свјетлости ( $\tau$ ), који описује количину свјетлости која пролази кроз стакло у процентима.

Застакљивање са вриједношћу коефицијента  $\tau = 0,4$  постиже освјетљење просторије преко 50% пуне дубине, док се пуна вриједност освјетљења просторије постигне стаклом које има коефицијент  $\tau = 0,8$ .

У пословним зградама свјетлост која допире само са једне стране просторије може природно да освијетли дубину просторије до 5m, након тога је неопходно вјештачко освјетљење.

Системи коришћења дневног свјетла представљају начин да се смање трошкови енергије на вјештачко освјетљење на основу природног извора свјетлости – Сунца. Они обично комбинују стакло са неким другим елементом, тако да омогуће:

- довољно свјетлости у простору као и контролу свјетлости, што обични прозори никако не могу обезбиједити;
- већу количину свјетлости у дубини просторије и просторији без прозора;
- више свјетлости за поднебља, која имају претежно облачно вријеме, а мање свјетлости за сунчана поднебља.

Подјела система према начину на који преносе свјетлост из спољашњости у унутрашњост зграде (према америчком институту архитеката The American Institute of Architects<sup>22</sup>) на:

- цјевасте системе – састоје се од фиксног окулара који сакупља свјетлост од крова зграде и усмјерава га у цијеви обложен високо-рефлектујућом површином. Свјетлост се рефлектује низ цијев од ове површине до дифузора у унутрашњости зграде који је усмјерава у простор. Овај систем има много предности: нема механичких дијелова, релативно је јефтин, цијеви могу бити мале, пречника 25 cm

<sup>22</sup> Доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.aia.org/practicing/AIAB096065>

што значи да они могу лако повlačити кроз зидове. Недостаци укључују потребу за једним окуларом по цијеви, и значајан губитак свјетлости преко 10 метара, односно преношење свјетлости до 3 спрата и губитак свјетлости ломљењем цијеви (примјер Solatube), Слика А24.



Слика А24. Примјер уграђеног цјевастог система са спољашње стране, на крову, слика лијево, графички приказ функционисања цјевастог система, слика у средини и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту [http://www.solatube.com/residential/ what-is-daylighting/daylighting-sysytems-vs-skylights.php](http://www.solatube.com/residential/what-is-daylighting/daylighting-sysytems-vs-skylights.php))

- вертикалне системе – слични су цјевастим системима, али они користе погон за праћење, свјетлосни „колектор“ према Сунцу, као и низ огледала и сочива која сакупљају свјетло прије него што се оно усмјери у дистрибутивну цијев. Као резултат тога, много више свјетлости се може прикупити, и може бити пренешено од 3 до 7 пута дубље у зграду него што би било могуће са цјевастим системима. На крову је потребан отвор од 60 см и систем релативно је јефтин (примјер Sundolier), Слика А25.



Слика А25. Примјер уграђеног вертикалног система са спољашње стране, на крову, слика лијево, и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.eco-logic.info/pub/Sundolier>)

- хоризонталне системе – користе сочива, која прикупљају природну свјетлост од спољашњих зидова и транспортују је кроз равне свјетлосне канале изнад таванице до дифузора постављених дубоко у унутрашњост зграде. Они користе полимерни материјал који комбинује високу рефлексивност са шупљом цијеви сличне вентилационом каналу. Хоризонтални системи су скоро откривени, па су још увијек неиспитани и скупи (примјер SunCentral), Слика А26.



Слика А26. Примјер уграђеног хоризонталног система са спољашње стране, на фасади, слика лијево, и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту <http://www.treehugger.com/interior-design/suncentral-computerized-mirror-array-brings-daylight-deep-into-buildings.html>)

- свјетловодни оптички уређаји (vlakна) – прикупљају свјетлост са огледала и сочива која прате Сунце и преносе је у унутрашњост зграда кроз оптичке каблове. С обзиром да су оптички каблови релативно флексибилни, могу се инсталирати на сличан начин, као и електрични каблови и могу бити савијени у било којем правцу (пречник преко 50 mm). Они такође захтијевају мало простора, што значи да они могу да дају свјетлост било гдје у згради. Дифузори могу бити замијењени сијалицама, али су они веома скупи (примјер Parans), Слика А27.



Слика А27. Примјер уграђеног система свјетловодног оптичког уређаја са спољашње стране, на фасади, слика лијево, и поглед из унутрашњости просторије, слика десно (доступно 10.03.2013. године на сајту [http://www.huvco.com/portfolio\\_detail.php?id=12](http://www.huvco.com/portfolio_detail.php?id=12))

Према пројекту Међународне Агенције за енергију из 2000. године (The International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme / Project Summary Report / Daylight in Buildings)<sup>23</sup> системи за коришћење свјетлости се могу подијелити на 28 система и то:

- системе за коришћење свјетлости са засјенчењем – 13 категорија, које се могу се подијелити на:
  - оне који примају дифузну Сунчеву свјетлост, а одбијају директну: призматични панели, венетијанери, елементи од огледала за заштиту од сунца, зенитално освјетљење, усмјерено селективно засјенчење са холографским оптичким елементима, транспарантни систем засјенчења са ХОЕ базиран на тоталној рефлексiji;
  - системе који примају директну Сунчеву свјетлост шаљући је на плафон или изнад очију: преусмјеривачи свјетла, ламеле и ролетне, „свјетлосне полице“ за преусмјеравање свјетла, стакло са рефлектујућим

<sup>23</sup> доступно 10.03.2013. на сајту [http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS\\_Annex\\_29\\_PSR.pdf](http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_29_PSR.pdf)

профилима, свјетларник са ласерски исјеченим панелима, окретне ламеле, анидолик соларне ролетне;

- системе за коришћење свјетлости без засјенчења – 15 категорија (пројектовани тако да преусмјеравају дневну свјетлост у спољашњост), а чија је подјела описана и у Енергетском приручнику: одрживе архитектуре из 2008. године<sup>24</sup> су:

- преусмјеривачи дифузне свјетлости преусмјеравају свјетлост преко специфичних површина у дубину просторије;
- преусмјеравачи директне свјетлости шаљу директно свјетлост у дубину просторије;
- распршивачи свјетла;
- преносиоци свјетлости: свјетлост се преноси преко оптичких или других елемената.

При избору адекватног система за коришћење дневне свјетлости, у мноштву понуђених, осим цијене, одржавања и специфичности изгледа, пројектан мора узети у обзир:

- да ли ће поставка система нарушавати поглед кроз прозор,
- на шта је упадни угао свјетлости усмјерен у унутрашњости просторије,
- у којој мјери је ниво освјетљења побољшан у најудаљенијим угловима просторије,
- да ли је загарантована заштита од одсјаја,
- појаву да би се могли створити проблеми са топлотом, због вишеструке рефлексије и апсорпције елемената унутар стакала (ламеле, венецијанери, итд.),
- да ли систем реагује оптимално (податно) са промјеном угла или је неопходно праћење,
- које су на располагању интервенције и регулације система за корисника.

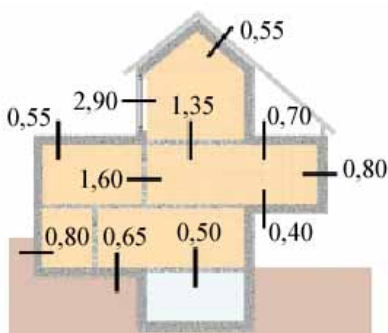
---

<sup>24</sup> Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual: sustainable architecture*, 2008., стр. 104-106.

## ПРИЛОГ Б

Стандарди и прописи о топлотној заштити зграда и рационалној употреби енергије у Босни и Херцеговини

У Републици Српској још увијек је важећи правилник из 1987. године, те за град Бањалуку, која је предметно подручје истраживања и која припада III климатској зони, важећи коефицијенти пролаза топлоте су: за вањски зид 0,80, за прозор у зависности од остакљења и материјала оквира од 3,4 до 2,1<sup>25</sup>, за под на тлу 0,65 и за кров 0,55 (Слика Б1.).



Слика Б1. Највећи дозвољени коефицијенти пролаза топлоте појединих грађевинских конструкција за III климатску зону према важећем стандарду ЈУС У.Ј5.600 (стр.10, табела 3)

Највећи дозвољени коефицијенти пролаза топлоте одређују минималну топлотну изолацију грађевинских конструкција.

При прорачуну коефицијената пролаза топлоте, вриједности коефицијената топлотне проводљивости појединих грађевинских материјала од којих су састављене конструкције могу се сагледати из табеле 4. овог стандарда или се водити према увјерењу о квалитету за одређени материјал.

Прозори, балконска врата и фиксне застакљене површине морају бити уграђене тако да ваздушна пропустљивост просторије, мјерена према стандарду ЈУС У.Ј5.100, не прелази двије измјене на сат код потпритиска од 50 Pa.

У овом стандарду је наведено да величина прозора утиче на топлотне губитке и добитке, али нигдје се не наводе параметри прозора, грађевинских елемената, који могу утицати на прорачун топлотних добитака. Препоруке стандарда су, ако се у зграду уграђују прозори чија величина прелази 1/7 нето-површине основе просторије, да се на њима мора предвидјети додатна помична топлотна заштита (топлотни застор, ролетне, капци итд.) или се зграда мора додатно изоловати. Препоручује се да на сјеверној, сјевероисточној и сјеверозападној страни величина прозора не прелази 1/7 основе површине, док на јужној, југоисточној и југозападној може да пређе 1/7 основе због искориштавања енергије сунца у зимском периоду. У том случају мора се обезбједити помична топлотна заштита просторије од прегријавања љети, неповољног освјетљења у току читаве године и прекомјерних губитака топлоте кад сунца нема.

<sup>25</sup> ЈУС У.Ј5.600 (стр.17, табела 5)



Остали важни параметри за правилно пројектовање топлотне заштите спољног омотача зграде, из важећег правилника, су спољна пројектна температура ваздуха, која за град Бањалуку износи  $-21^{\circ}\text{C}$ .

У поглављу 4. овог стандарда наведено је да укупни дозвољени специфични губици зграде  $\Phi_V$ , који се састоје од специфичног трансмисионог топлотног губитка  $\Phi_{VT}$  и специфичног губитка због природне или вјештачке вентилације  $\Phi_{VV}$ , за стамбене зграде износи:

$$\Phi_V \leq 7 + 14 f_o + 0,25 (t_i - t_e), \text{ у } \text{W/m}^3.$$

фактор облика зграде  $f_o = A/V$  (1/m),

гдје је:

A- укупна спољна површина зграде, у  $\text{m}^2$ , а  
V- запремина коју обухвата површина A, у  $\text{m}^3$   
 $t_i$  - унутрашња просјечна температура, у  $^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t_e$  - спољна просјечна температура, у  $^{\circ}\text{C}$ ,

Правилник о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу енергије који је од 2010. године на снази у Федерацији Босне и Херцеговине, слиједи захтјеве Директиве Европског Парламента 2002/91/ЕС и заснива прорачуне на европским нормама EN ISO 13790:2005 (Топлотне карактеристике објекта - прорачун годишње потребне топлотне енергије за гријање) и EN ISO 13789:2005 (Топлотне карактеристике објекта-прорачун коефицијента трансмисијског топлотног губитка). С обзиром да се предметно истраживање заснива на унапређењу омотача постојећих стамбених зграда са обновом омотача већом од 75%, неопходно је постићи параметре за прорачун годишње потребне топлотне енергије за гријање за нове стамбене зграде. Према овом Правилнику предвиђено у члану 30. став (1) да за случајеве реконструкције којом се обнављају, дјелимично или потпуно замјењују грађевински дијелови објекта који су дио омотача гријаног дијела објекта, те ако ти радови обухватају најмање по 25% површине сваког грађевинског дијела (подразумјева сваку појединачну страну омотача оријентисану према једној страни свијета) или најмање 75% омотача гријаног дијела објекта, примјењују се захтјеви који се односе на нове објекте, члан 31. став (2). Према захтјевима нове Директиве Европског Парламента 2010/31/EU у члану 2. под тачком 10. „значајније реконструкције“ при којима би се такође морали примјенити прорачуни за нове објекте, помјерена је граница реконструкције и гласи: став (а) ако су укупни трошкови обнове омотача или техничког система зграде виши од 25% вриједности објекта изузимајући вриједност земљишта на којем се објекат налази или став (б) обнова више од 25% површине омотача.

У члану 8. Правилника о техничким захтјевима за топлотну заштиту објеката и рационалну употребу, гдје је између осталог наведено за нове стамбене објекте, за

које је гријање предвиђено на температуру  $\geq 18^{\circ}\text{C}$ , мора се испоштовати да годишња потребна топлотна енергија за гријање по јединици корисне површине објекта ( $Q''_{H,nd}$ ) у зависности од фактора облика објекта ( $f_o$ ) није већа од вриједности:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1) за $f_o \leq 0,20$     | $Q''_{H,nd} = 51,31 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$               |
| 2) за $0,20 < f_o < 1,05$ | $Q''_{H,nd} = (41,03 + 51,41 f_o) \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ |
| 3) за $f_o \geq 1,05$     | $Q''_{H,nd} = 95,01 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$               |

Затим у члану 12. наведено је за коефицијент трансмисијског топлотног губитка по једници површине омотача гријаног дијела објекта  $H'_{tr,adj} = H_{tr,adj}/A[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$ , зависно од фактора облика објекта  $f_o$ , није већи од вриједности утврђене једначином  $H'_{tr,adj} = 0,30 + 0,15/f_o$ , када је спољашња мин. температура  $\leq 3^{\circ}\text{C}$ .

У члану 14. годишња потребна топлотна енергија за гријање објекта  $Q_{H,nd}$  (kWh/a) израчунава се у складу са нормом EN ISO 13790:2005, метода прорачуна по мјесецима, претпоставља се да унутрашња пројектна температура гријања, за стамбене објекте без система климатизације, износи  $\Theta_{int, set, H} = 20^{\circ}\text{C}$ . Унутрашњи прилив топлоте  $Q_{int}$ , рачуна се са средњом унутрашњом топлотном снагом од  $5\text{W}/\text{m}^2$ . Код прорачуна соларних прилива топлоте  $Q_{sol}$  не узимају се у обзир нетранспарентне плохе вањских грађевинских дијелова које су изложене сунчевом зрачењу, а код транспарентних површина потребно је узети у обзир мјеру засјећености. Код прорачуна коефицијента топлотног губитка провјетравањем,  $H_{ve}$ , број измјена ваздуха,  $n$ , одређује се према EN ISO 13789:2005 за средњи ниво непропусности за ваздух омотача објекта. Ако не постоје тачнији подаци додатни ток ваздуха услјед вјетра и узгона,  $V_x$ , може се рачунати са вриједности  $V_x = 0,2V_e$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). За ефективни топлотни капацитет,  $C_m$ , гријаног дијела објекта, који се користи за утврђивање степена искориштавања добитака топлоте, дозвољено је користити приближне вриједности добијене помоћу узраза  $C_m = 15V_e$  ( $\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$ ).

У правилнику су наведени и захтјеви за техничким рјешењима за спречавање прегријавања просторија лети, усљед дјеловања сунчевог зрачења, гдје се у члану 15. наводи да уређај за заштиту од сунчевог зрачења  $g_{tot}$  и удио површине танспарентних плоха у површини омотача посматране просторије  $f$  морају испуњавати захтјев,  $g_{tot} f < 0,20$  (вриједност уређаја када је у затвореном положају), када је средња мјесечна температура спољашњег ваздуха најтоплијег мјесеца на локацији објекта  $\geq 21^{\circ}\text{C}$  (за Бањалуку  $T_s = 22^{\circ}\text{C}$ ). Степен пропуштања укупне топлотне енергије кроз транспарентну плоху укључивши и предвиђен један уређај одређује се према изразу  $g_{tot} f = F_w g F_c$ ,  $F_w = 0,9$ , а вриједности величина  $g$  и  $F_c$  дане су табеларно у прилогу овог Правилника (Табела Б1. и Б2.).

Табела Б1. Рачунске вриједности степена пропуштања укупне енергије кроз остакљење за случај окомитог сунчевог зрачења

Р. бр.	Тип остакљења	g (-)
1.	Једноструко стакло (безбојно, равно флоат стакло)	0,87
2.	Двоструко изолирајуће стакло (с једним међуслојем ваздуха)	0,80
3.	Троструко изолирајуће стакло (с два међуслоја ваздуха)	0,70
4.	Двоструко изолирајуће стакло с једним стаклом ниске емисије (Low-E облога)	0,60
5.	Троструко изолирајуће стакло с два стакла ниске емисије (двје Low-E облоге)	0,50
6.	Двоструко изолирајуће стакло са стаклом за заштиту од сунчевог зрачења	0,50

Табела Б2. Фактор умањења уређаја за заштиту од сунчевог зрачења

Р. бр.	Уређај за заштиту од сунчевог зрачења	Fc
1.	Без уређаја за заштиту од сунчевог зрачења	1
2.	Уређај са унутрашње стране или између стакала	
2.1	Бијеле или рефлектујуће површине са ниском транспарентности <sup>а)</sup>	0,75
2.2	Свијетле боје или ниска транспарентност	0,80
2.3	Тамне боје или висока транспарентност	0,90
3.	Уређај са спољне стране	
3.1	Жалузине, ламеле које се могу ротирати, позади провјетравана	0,25
3.2	Жалузине, ролетне, капци (гриље)	0,30
4.	Стрехе, лође <sup>б)</sup>	0,50
5.	Маркизе (тенде, сунцобрани), горе и бочно провјетраване	0,40

<sup>а)</sup> ниска транспарентност уређаја за заштиту од сунца је транспарентност мања од 15%

<sup>б)</sup> наведена вриједност примјењује се за случај кад је спријечено директно осунчање прозора

У Прилогу „Ц“ овог правилника највеће допуштене вриједности пролаза топлоте  $U$  [ $W/m^2 \cdot K$ ] за објекте којима је унутрашња пројектна температура  $\geq 18^\circ C$  (за стамбене зграде), да је при томе спољашња мин. температура  $\leq 3^\circ C$  (за Бањалуку у периоду од 2001-2011. године  $\Theta_{e,mj.min} = 1,1^\circ C$  – апсолутни минимум од  $-23,5^\circ C$  забиљежен у јануару 2003. године) за вањски зид је 0,45, за прозор 1,80, за под на тлу 0,50 и за кров 0,30.<sup>26</sup> (Табела Б3.).

<sup>26</sup> [http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik\\_toplotna\\_zastita.pdf](http://www.fmpu.gov.ba/pravilnici/pravilnik_toplotna_zastita.pdf) или „Сл. новине ФБиХ“ бр.49/09.

Табела Б3.. Највеће допуштене вриједности коефицијента пролаза топлоте,  $U(W/m^2K)$ , грађевинских дијелова нових објеката, малих објеката и након захвата на постојећим објектима

Р. бр.	Грађевински дио	$U(W/m^2K)$			
		$\Theta_{INT} \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \Theta_{INT} < 18^\circ C$	
		$\Theta_{e,mj,min} > 3^\circ C$	$\Theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ C$	$\Theta_{e,mj,min} > 3^\circ C$	$\Theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ C$
1.	Вањски зидови, зидови према гаражи, тавану	0,60	0,45	0,75	0,75
2.	Прозори, балконска врата, кровни прозори, прозирни елементи фасаде	1,80	1,80	3,00	3,00
3.	Равни и коси кровови изнад гријаног простора, плафони према тавану	0,40	0,30	0,50	0,40
4.	Плафони изнад вањског ваздуха, плафони изнад гараже	0,40	0,30	0,50	0,40
5.	Зидови и плафони према негријаним просторијама и негријаном стубишту температуре више од $0^\circ C$	0,65	0,50	2,00	2,00
6.	Зидови према тлу, подови на тлу <sup>а)</sup>	0,50	0,50	0,80	0,65
7.	Вањска врата, врата према негријаном стубишту, с непрозирним вратним крилом	2,90	2,90	2,90	2,90
8.	Стијенка кутије за ролетне	0,80	0,80	0,80	0,80
9.	Плафони између станова, плафони између гријаних радних просторија различитих корисника	1,40	1,40	1,40	1,40

Напомена:  $\Theta_{e,mj,min}$  је средња мјесечна температура вањског ваздуха најхладнијег мјесеца на локацији објекта.

<sup>а)</sup> Код подова на тлу захтјев вриједи до дубине пода просторије 5m од вањског зида, зида према тлу или негријаног простора

У члану 21. став (1) наведено је да број измјена запремине унутрашњег ваздуха вањским ваздухом код објекта у којем бораве или раде људи треба износити најмање  $n=0,5h^{-1}$ .

За топлотне мостове у члану 25. став (3) наведено је да ако је добро ријешен топлотни мост (пројектован у складу са каталогом из босанскохерцеговачке норме) може се умјесто прорачуна узети у обзир повећање коефицијента пролаза топлоте сваког грађевинског дијела омотача гријаног дијела објекта за  $\Delta U_{TM}=0,05 W/(m^2K)$ . У истом члану само у ставу (4) ако рјешење топлотног моста није у складу са рјешењем из норме може се узети у обзир повећање коефицијента пролаза топлоте за  $\Delta U_{TM}=0,10 W/(m^2K)$ .

## ПРИЛОГ В

Информациона база података постојећег стамбеног грађевинског фонда

У Бањалуци је од 1900-1981. године изграђено укупно 48.784 стана са укупном површином од 2.576.000 m<sup>2</sup> (Табела В1.).

У друштвеној својини било је укупно 15.329 станова са 799.000 m<sup>2</sup> површине, односно 31,50% у односу према укупном броју станова. Укупан број настањених станова износи 47.615 са површином 2.518.000 m<sup>2</sup>, односно 97,60% од укупног броја станова. У друштвеној својини настањено је 15.038 станова са укупном површином од 785.000 m<sup>2</sup>, тј. 31,60%. У приватној својини настањено је 32.577 станова са површином 1.733.000 m<sup>2</sup>, односно 68,40% (Табела В4.) и 43.112 станова су у зградама од тврдог материјала, односно 88,40% станова од укупног броја станова (Табела В4.).

Опширнији подаци о броју и врсти изграђених станова налазе се у Табели В1.

Табела В1. Процентуално изражен број изграђених станова по временским периодима

Укупно	Површина станова у хиљ. m <sup>2</sup>	Станови изграђени											
		до 1900. године	1901-1918	1919-1930	1931-1945	1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	I-III 1981
48.784	2.576	1,80%	1,00%	2,00%	4,00%	3,40%	3,30%	8,30%	13,50%	26,50%	22,60%	13,50%	0,10%

За истраживање значајно је да је у Бањалуци након разорног земљотреса 1969. године сачуван већином стамбени фонд изграђен од 1956. до 1980. године, односно 84,4% у односу према укупном стамбеном фонду или тачно 40850 станова, од којих је 13961 станова у друштвеној својини (Табела В1. и В3.);

У погледу опремљености станова помоћним просторијама и инсталацијама (Табела В2. и В2'.) констатује се да навећи број станова, 69 %, има кухињу, купатило и нужник, станова, док највише станова посједује воду, канализацију и електричну енергију, односно 41,80% станова. За истраживање је значајно да 29,20% станова има гријање, воду, канализацију и електричну енергију (укључујући и постотак станова који посједују и гас), односно 14129 стана, од којих је у друштвеној својини 12274 стана.

Табела В2. Процентуално изражен број станова у погледу опремљености помоћним просторијама у односу на укупан број изграђених станова. Опширнији подаци у табели В5.

Укупно	Површина станова у хил. м <sup>2</sup>	Опремљеност помоћним просторијама					
		кухиња, купатило и нужник	купатило и нужник	само кухиња	само нужник	само купатило	без помоћних просторија
48.784	2576	69,00%	1,00%	28,49%	0,20%	0,01%	1,30%
		32.275	441	13.300	111	4	630

Табела В2'. Процентуално изражен број станова у погледу опремљености инсталацијама у односу на укупан број изграђених станова. Опширнији подаци у табели В5.

Укупно	Површина станова у хил. м <sup>2</sup>	Опремљеност инсталацијама						
		гријање, вода, канализација, ел. енер. и гас	гријање, вода, канализација и ел. енергија	вода, канализација и гас	вода, канализација и ел. енергија	вода и ел. енергија	само ел. енергија	без инсталација
48.784	2576	0,40%	28,80%	0,20%	41,80%	5,80%	19,40%	3,60%
		204	13.925	65	20.120	2798	9372	1737

Комплетне табеле од 7-9 за период од 1900-1981. године са подацима пописа из 1981. преузети су из статистичког билтена „Попис становништва, домаћинстава и станова 1981. – станови по општинама“ (Републички завод за статистику СР БиХ – Сарајево, април 1983. године)

Табела В3. Станови по врсти, настањености и својини, према години изградње и укупној површини

		СТАНОВИ ИЗГРАЂЕНИ												
		до1900 године	1901- 1918	1919- 1930	1931- 1945	1946- 1950	1951- 1955	1956- 1960	1961- 1965	1966- 1970	1971- 1975	1976- 1980	1-III 1981. године	
Укупно	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
УКУПНО	48784	811	456	928	1902	1525	1480	3918	6516	12870	10999	6547	170	
ПОСЕБНЕ СОБЕ	546	18	7	24	46	31	18	40	54	124	81	59	2	
ГАРСОЊЕРЕ	235	5	-	-	9	5	-	35	42	63	41	27	36	
1-СОБНИ	12379	254	149	377	729	704	471	1256	1558	2842	2209	1584	-	
2-СОБНИ	22661	348	172	335	726	571	733	1863	3431	6511	4951	2686	76	
3-СОБНИ	10436	146	90	150	291	185	216	608	1218	2727	2923	1734	44	
4-СОБНИ	1988	29	25	34	71	22	33	91	178	490	612	365	9	
5 И ВИШЕСОБНИ	538	11	13	8	30	7	9	25	35	112	182	92	3	
ПОВРШИНА СТАНОВА У ХИЉАДАМА m <sup>2</sup>	2576	39	24	42	90	62	70	186	326	678	639	379	10	
НАСТАЊЕНИ СТАНОВИ	47615	771	433	903	1838	1452	1441	3816	6418	12714	10822	6305	118	
ПОВРШИНА НАСТАЊЕНИХ СТАНОВА	2518	37	23	41	87	60	68	182	322	671	629	363	7	
СТАНОВИ У ДРУШТВЕНОЈ СВОЈИНИ	15329	113	80	111	228	271	393	1278	2310	4159	3379	2835	93	
ПОСЕБНЕ СОБЕ	37	2	-	-	2	2	4	2	2	14	5	-	-	
ГАРСОЊЕРЕ	104	-	-	-	1	1	-	27	29	23	10	10	-	
1-СОБНИ	3968	28	25	20	52	138	95	506	627	1023	730	681	21	
2-СОБНИ	8491	66	40	51	111	99	254	631	1350	2575	1880	1352	42	
3-СОБНИ	2430	15	11	33	46	31	35	109	290	472	662	689	29	
4-СОБНИ	276	1	3	6	12	-	5	3	11	50	87	96	1	
5 И ВИШЕСОБНИ	22	1	1	1	4	-	-	-	1	1	5	7	-	
ПОВРШИНА СТАНОВА У ХИЉАДАМА m <sup>2</sup>	799	6	4	8	14	13	22	59	111	201	190	163	5	
НАСТАЊЕНИ СТАНОВИ	15038	109	76	110	222	268	384	1260	2279	4119	3347	2734	58	
ПОВРШИНА НАСТАЊЕНИХ СТАНОВА	785	6	4	8	14	13	21	59	110	119	188	157	3	

Према приложеним подацима из Табеле В1. може се закључити следеће:

- да су до 1945. године пописи вршени на дуже временске интервале, док је од 1945. године попис је на сваких 5 година;
- број изграђених станова у приватној својини до 1955. године у просјеку је 83,20% у односу на укупан број станова, да би тај број опадао и 1981. износио 68,50% станова у приватној својини.

У табели су приказани подаци о годинама изградње како за укупан број станова, тако и за посебне категорије станова (посебне собе, гарсоњере, једнособни, двособни итд.). Бањалука из периода од 1900-1981 године има 22661 двособан стан од којих су из периода од 1956-1980. године 19422 стана. Најбројнији су станови површине од 51-60 m<sup>2</sup>, тачније 11460 станова, који су најзаступљенији у категорији двособних станова (учешће 8662 станова, односно око 75,60% у односу на укупан број станова површине 51-60 m<sup>2</sup>, Табела В4.). Највећи интензитет у градњи станова је био од 1966-1970. године, и то 12.870, тј. 26,50% од укупног броја станова, те највише двособних станова – 6511, односно 50,60%.

Табела В4. Станови по врсти, настањености и својини, према површини, врсти материјала, броју и површини соба

УКУПНО	СТАНОВИ С ПОВРШИНОМ										СОБЕ У СТАНОВИМА		СТАНОВИ У ЗГРАДМАМА ОД ТИПОЛОГИЈЕ МАТЕРИЈА
	до 20 m <sup>2</sup>	21-30 m <sup>2</sup>	31-40 m <sup>2</sup>	41-50 m <sup>2</sup>	51-60 m <sup>2</sup>	61-70 m <sup>2</sup>	71-80 m <sup>2</sup>	81-100 m <sup>2</sup>	101-120 m <sup>2</sup>	преко 120 m <sup>2</sup>	Број	Површина у хм <sup>2</sup>	14
48784	2197	5002	7341	8779	11460	5214	5109	2903	469	310	100631	1413	43112
546	28	5	5	-	-	-	-	-	-	-	546	7	348
235	82	2	-	-	-	-	-	-	-	-	235	3	223
12379	3948	4852	1699	355	78	-	-	-	-	-	12379	182	9996
<b>22661</b>	87	944	2190	6131	8662	2665	1549	433	-	-	45322	646	20331
10436	-	-	292	866	2145	2164	3056	1670	179	64	31308	430	9838
1988	-	-	-	82	275	266	437	659	171	98	7352	105	1857
538	-	-	-	-	22	41	67	141	119	148	2888	39	518
47615	2105	4808	7149	8557	<b>11299</b>	5119	4994	2829	455	300	98370	1380	42147
15329	191	800	2425	3822	4808	1463	1224	522	54	20	29600	450	14167
37	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	37	1	11
104	53	1	-	-	-	-	-	-	-	-	104	2	92
3968	684	2218	884	70	6	-	-	-	-	-	3968	66	3809
8491	61	198	2861	4365	844	133	26	26	-	-	16982	259	7677
2430	-	5	76	336	599	1067	321	321	3	3	7290	105	2326
276	-	-	-	36	13	24	173	173	8	8	1104	16	231
22	-	-	-	1	1	-	2	2	9	9	114	2	20
15038	167	777	2380	3751	4766	1430	1184	510	53	20	29065	441	13898



УКУПНО
ПОСЕБНЕ СОБЕ
ГАРСОЊЕРЕ
1-СОВНИ
2-СОВНИ
3-СОВНИ
4-СОВНИ
5 И ВИШЕСОВНИ
НАСТАЊЕНИ
СТАНОВИ
СТАНОВИ У
ДРУШТВЕНОЈ
СВОЈИНИ
ПОСЕБНЕ СОБЕ
ГАРСОЊЕРЕ
1-СОВНИ
2-СОВНИ
3-СОВНИ
4-СОВНИ
5 И ВИШЕСОВНИ
НАСТАЊЕНИ
СТАНОВИ

Од укупног броја свих врста станова најзаступљенији станови који посједују инсталације воде, канализације и струје, и то 20.120 станова, односно 41,80%, а посматрајући према врсти стана, то су двособни станови, којих у односу на све станове са тим истим инсталацијама има 48,60%. Што се тиче заступљености помоћних просторија највише станова са кухињом, купатилом и нужником, и то 69% од укупног броја свих станова и наравно најзаступљеније су код двособних станова, којих има чак 51% у односу на све станове са тим инсталацијама.

Табела В5. Станови по врсти, настањености и својини, према опремљености инсталацијама и помоћним просторијама

		ОПРЕМЉЕНОСТ ПОМОЋНИМ ПРОСТОРИЈАМА													
		ОПРЕМЉЕНОСТ ИНСТАЛАЦИЈАМА							ОПРЕМЉЕНОСТ ПОМОЋНИМ ПРОСТОРИЈАМА						
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
грија- ње, вода, кана- лиза- ција, струја и гас	грија- ње, вода, кана- лиза- ција и струја	вода, кана- лиза- ција, струја и гас	вода, кана- лиза- ција и струја	вода и струја	само струја	без инста- лација	кухinja, купатило и клозет	купатило и клозет	само кухinja	само клозет	само купатило	без помоћних просто- рија			
204	13925	65	20120	2798	9372	1737	32275	441	13300	111	4	630			
-	7	-	88	65	260	116	-	-	-	72	-	474			
57	3333	11	4018	813	3116	868	6494	135	4874	20	3	46			
100	7203	29	9767	1124	3664	549	16448	255	5171	19	1	110			
35	2775	24	4871	614	1848	157	7513	51	2546	-	-	-			
9	410	1	956	156	387	37	1335	-	578	-	-	-			
2	121	-	263	26	97	10	385	-	131	-	-	-			
200	13696	65	19720	2756	9088	1540	31719	420	12816	104	4	599			
171	12103	16	2927	28	59	20	14899	190	83	26	-	29			
-	5	-	20	3	4	5	-	-	-	15	-	22			
1	63	-	40	-	-	-	53	51	-	-	-	-			
54	3125	5	740	11	26	5	3751	134	37	4	-	-			
88	6560	4	1792	13	24	8	8384	5	38	7	-	1			
23	2097	6	297	1	5	1	2418	-	7	-	-	6			
4	227	1	33	-	-	1	272	-	1	-	-	-			
1	16	-	5	-	-	-	21	-	-	-	-	-			
168	11895	16	2868	27	48	12	14650	177	70	23	-	27			

Укупно	I	48784	47615	15329	37	104	3968	8491	2430	276	22	15038
		УКУПНО	ПОСЕБНЕ СОБЕ ГАРСОЊЕРЕ	1-СОБНИ 2-СОБНИ 3-СОБНИ 4-СОБНИ 5 И ВИШЕСОБНИ	НАСТАЊЕНИ СТАНОВИ	СТАНОВИ У ДРУШТВЕНОЈ СВОИНИ	ПОСЕБНЕ СОБЕ ГАРСОЊЕРЕ	1-СОБНИ 2-СОБНИ 3-СОБНИ 4-СОБНИ 5 И ВИШЕСОБНИ	НАСТАЊЕНИ СТАНОВИ			

Попис из 1991. године није у потпуности обрађен у дијелу који се односи на стамбени грађевински фонд. Једини расположиви подаци који су и објављени у статистичком билтену Савезног завода за статистику СФРЈ Београд „Попис становништва, домаћинства, станова и пољопривредних газдинстава 1991. године: први резултати по општинама” су:

- укупно становништво – 195.139;
- домаћинства – 58.720;
- станови – 61.799.

У тим првим резултатима пописа из 1991. године објављен је табеларно упоредни приказ становништва, домаћинства и станова према пописима 1981. и 1991. године, гдје је за станове и друге настањене просторије наведено да је 1981. године било 50.239 станова.

Према подацима Урбанистичког плана Бањалуке из 1975. и 1993. године број стамбених јединица за урбано подручје је 1973. године износио 28051 стан, 1981. године 35421 стан, те према попису привременог извјештаја из 1991. године 47591 стан, док према процјени планерског пописа (2005.-2007.год.) можемо говорити о броју од око 61162 стана у урбаном подручју. Евидентно је да је у односу на ранији период дошло до изградње већег броја стамбених јединица у односу на број домаћинства, но површина просјечне стамбене јединице је у одређеној мјери смањена, што је резултат тржишта и ниске платежне моћи становништва. Према њиховим подацима у новоградњи након 2005. године је преко 70% укупне површине нових вишепородичних стамбених зграда са структуром једнособних станова и гарсоњера. Ако узмемо у обзир чињеницу да је још у Урбанистичком плану из 1975. год. као просјечна стамбена јединица евидентиран стан од 56 m<sup>2</sup>, што подржавају горе наведени подаци пописа из 1981. године (51-60 m<sup>2</sup>), а у 1993. години 66 m<sup>2</sup>, можемо констатовати да је стандард становања у смислу припадајуће површине стамбене јединице по члану домаћинства у паду нарочито у сегменту вишепородичног становања. Интересантан је и податак из нацрта Урбанистичког плана из 1993. године да је стамбени фонд у вишепородичним зградама заузимао 46,27% од укупног броја станова, а да је према процјенама планерских пописа из 2005. године тај удио се смањио на 31%, говори да је послеријатни период донио углавном нелегалну и непланску индивидуалну стамбену изградњу на рубним подручјима града.

## ПРИЛОГ Г

### Врсте конструктивних система и начина материјализације стамбене изградње

Табела Г1. Развој конструкција и начина материјализације зграда на подручју града Бањалука

Елемент зграде	Врста конструкције и материјализација	до 1920	1920-1945	1945-1967	1967-1980	од 1980
Темељ	камен у сухозиду	●	○			
	зидани степенаци	●	●	○		
	ручно набијени бетон са ломљеним каменом	○	●	○		
	машински набијени бетон, тракасти			●	○	
	армирани бетон, тракасти и самци			○	●	●
	АБ темељна плоча					●
Под на тлу	набијена земља**	●	●	○		
	под од опеке или камена	●	○			
	набијени бетон		●	●	●	
	армирани бетон				○	●
Под изнад подрума	зидани свод	●	○			
	челична ребра са испуном од опеке	●	●			
	ливени бетон са испуном од шупљих тијела			●	○	○
	ливени бетон		○	●	●	●
	префабриковани бетон				●	○
Подрумски зидови	зидани, масивни (камен, опека)	●	●	●		
	ручно набијени бетон са ломљеним каменом	○	●	○		
	маш. набијени бетон, блок испуњен бетоном			●	●	
	армирани бетон				○	●
Хидроизолација	вертикална			●	●	●
	хоризонтална		○	●	●	●
	заштита од подземне воде				○	●
Носиви зидови	зидани, масивни, пуна опека, камен	●	●	●		
	зидани, шупља, лака опека, блокови			○	●	●
	бетон, блокови испуњени бетоном			○	●	○
	армирани бетон				●	●
Стубови	ливени бетон				●	●
	префабриковани бетон				●	●
Међуспратне таванице	дрвена гредна конструкција	●	○			
	челична ребра са испуном (опека, касније бетон)	●	●	○		
	ливени бетон са испуном од опеке			●	●	○
	армирани бетон, префабриковани и ливени			○	●	●

Спољашњи зидови	једнослојни, хомоген, пун	●	●	●	○	
	једнослојни са заробљеним ваздухом (ошупљен)				○	●
	двослојни са термоизолацијом између слојева					●
Кров	термоизолација са вањске стране зида					●
	коси кров, просто качење покривача	●	●	○		
	коси кров, међусобно увезан покривач			●	●	●
	раван кров без изолације		●	●	○	
Прозори, фасада	раван кров са изолацијом			○	●	●
	двоструки са размакнути крилима	●	●			
	једноструки са једним стаклом**	●	●	●		
	двоструко остакљење једног крила			●	○	
	једноструки са два стакла - крило на крило			○	●	
	једноструки са два стакла - изо. стакло					●
Неносиви зидови	висећа фасада, зид - завјеса*				○	●
	зидани, масивни, пуна опека	●	●	●	○	○
	зидани, шупља, лака опека/бетонски блокови				○	●
Подна подлога	лаки зидови, дјелимично префабриковани				●	●
	подне даске, приковане	●	●			
	подлога са ливеним терацом ( <i>terrazzo</i> )		●	●	○	
	неповезана подлога - цементни естрих			●	●	○
Строп	пливајући под				●	●
	малтер на подлози од трске - рабиц ( <i>Rabitz</i> )	●	●	●		
	малтер на пуној плочи			●	●	●
	малтер на лаким плочама			●	●	
	висећи плафон, дјелимично префабрикован*				○	●
Изолација, под/строп	природни материјали - тресет, трска	○	○	●		
	лаке плоче од дрвених влакана			○	●	
	влакнасти материјали				●	●
	ћелијасте материјали - пјенопласт					●
Изолација, спољашњи зид	влакнасти материјали				●	●
	ћелијасте материјали - пјенопласт					●
Димњак, гријање	зидани димњак	●	●	○		
	зидани са димњачким изводима			●	○	
	димњачи опекарски елементи			●	○	
	индивидуалне пећи, котлови, ложионице	●	●	●	○	○
	централно гријање				●	●

\* елемент који је заступљен у изградњи јавних зграда

\*\* елемент који је заступљен при застакљивању врата и прозора негријаних простора зграде

● масовна присутност елемента у стамбеној изградњи на предметном подручју

○ мање присутан елемент на предметном подручју, у мањој примјени или је почетак његове примјене

Табела Г2. Развој материјализације елемената омотача и њихови коефицијенти пролаза топлоте

<b>Дно омотача</b>	<b>Карактеристични слојеви</b>	<b>У коефицијент</b>
Под подрума	под од опеке или камена 4cm	до 1920
	набијена земља иловача 20cm	
	ломљени камен 20cm	2,2
	набијени бетон са ломљеним каменом 20cm	1920-1945
	ломљени камен 30cm	2,5
	бетон 4cm	1945-1967
	хидроизолација 1cm	
	набијени бетон 10cm	
	набијени шљунак 10cm	2,8
	ливени терацо 2cm	1967-1980
набијени бетон 13cm		
хидроизолација 2cm		
набијени бетон 8cm		
набијени шљунак 15cm	2,0	
Међуспратна конструкција изнад негријаног подрума	завршни слој пода (плочице или терацо)	од 1980
	цементна кошуљица 4cm	
	хидроизолација 2cm	
	армирани бетон 8cm	
	набијени бетон 10cm	
	набијени шљунак 10cm	2,1
	бродски под (јеловина) 2,6cm	до 1920
	пијесак 5-8cm између потпатосница 4,8cm	
	констр. од жељезних трегера и опека 12cm	
	кречни малтер 2cm	1,1
паркет на дрвеним даскама 5cm	1920-1945	
пијесак 8cm између потпатосница 4,8cm		
армирани бетон 12cm са ребрима 25cm		
кречни малтер 2cm	1,4	
паркет 2,4cm	1945-1967	
цементни естрих 3cm		
армирани бетон 4cm		
шупља опека - монта 14cm		
продужни малтер 2cm	1,1	
паркет 2,4cm	1967-1980	
азбест-цементна плоча 1,3cm		
натрон папир 0,5cm		
пијесак 2,3cm		
ребраста АБ плоча 22cm (4cm АБ+18cm ваздух)		
дрвене летве 2,4cm (2,4cm ваздух)		
азбест-цементна плоча 1,5cm	1,0	
паркет 2,4cm	од 1980	

	цементни естрих 6cm ПЕ фолија 0,5cm камена вуна - тервол 4cm армирани бетон 20cm		<b>0,5</b>
Подрумски ободни зидови	кречни малтер 2cm	<b>до 1920</b>	
	ломљени камен у сухозиду (или опека) 60cm кречни малтер 2cm сокл од камена 12cm		<b>0,5</b>
	набијени бетон са ломљеним каменом 75cm кречни малтер 2cm сокл од камена 12cm	<b>1920-1945</b>	<b>0,8</b>
	набијени бетон 30cm хидроизолација 2cm пуна опека 6,5cm или шљако бетонски елементи 7cm	<b>1945-1980</b>	<b>1,2</b>
	армирани бетон 20cm хидроизолација 2cm пуна опека 6,5cm	<b>од 1980</b>	<b>1,4</b>
Спољашњи зидови	кречни малтер 2cm	<b>до 1920</b>	
	пуна опека 45cm или 60cm (зависно од етаже) кречни малтер 3cm		<b>1,0 (или 0,8)</b>
	кречни малтер 2cm пуна опека 45cm кречни малтер 3cm	<b>1920-1945</b>	<b>1,0</b>
	продужни кречни малтер 1,5cm пуна опека 25cm или 38cm (калкански зидови) продужни кречни малтер 2cm	<b>1945-1967</b>	<b>1,6 (или 1,2)</b>
	цементни малтер 1,5cm термоблокови од шљаке или гас бетона 30cm цементни малтер 2cm	<b>1967-1980</b>	<b>1,4 (или 0,95)</b>
	цементни малтер 1,5cm префабриковани бетон 8cm пресована трска - страмит 3cm префабриковани бетон 6cm или 12cm		<b>1,8 (или 1,7)</b>
	цементни малтер 1,5cm шупља опека 25cm фасадна опека 12cm или перлитни малтер 3cm		<b>1,2 (или 1,1)</b>
	цементни малтер 1,5cm армирани бетон 15cm дрвена вуна - хераклит 5cm перлитни малтер 3cm		<b>0,9</b>
	цементни малтер 1,5cm шупља блок опека 19cm или 25cm експандирани полистирен 5cm фасадна опека 12cm или племенисти фасадни малтер 1cm	<b>од 1980</b>	<b>0,6 (или 0,5)</b>
	Прозори	дрвени оквир (боровина) - једно стакло 2mm	<b>до 1945</b>
дрвени оквири (боровина) - два размакнута крила са по једним стаклом 2mm (двоструки)			<b>2,5 - 2,8</b>
дрвени оквири (боровина) - једно крило са два стакла од 2mm (двоструки)		<b>1945-1967</b>	
дрвени оквири (боровина) - спојена крила - крило на крило - два стакла од 2mm			<b>3,2</b>

	дрвени оквири (смрека) - спојена крила - крило на крило - два стакла од 2mm	<b>1967-1980</b>	<b>3,2</b>
	дрвени оквир (јела, смрека) - једно крило са изо стаклом - два стакла 4+12+4mm (ваздух)	<b>од 1980</b>	
	PVC оквир - једно крило са изо стаклом - два стакла 4+12+4mm (ваздух)		<b>2,8</b>
Међуспратна конструкција према негријаном тавану	губле од опеке 4cm	<b>до 1920</b>	
	иловача 30cm		
	дрвене даске 2x2,4cm		
	дрвене греде (јеловина) 18-26cm		
	дрвене даске 2cm		
	трска са кречним матером 2,5cm		<b>0,7</b>
	дрвене даске 2,4cm	<b>до 1945</b>	
	дрвена констр. (јеловина) 50cm (пијесак 8cm између потпатосница 4,8cm, даске и греде)		
	дрвене даске 2cm		
	трска са кречним матером 2,5cm		<b>0,7</b>
дрвене даске 2,4cm			
пијесак 8cm између потпатосница 4,8cm			
армирани бетон 8-12cm са ребрима 20-25cm			
дрвене летве 3,8cm			
дрвене летве и трска 2,8cm			
кречни малтер 2cm		<b>0,7</b>	
армирано бетонска плоча 4	<b>1945-1967</b>		
шупља опека - монта 14cm			
продужни малтер 2cm		<b>1,6</b>	
Коси кров изнад негријаног тавана	цријеп	<b>до 1945</b>	
	дрвене летве 2,4cm (2,4cm ваздух)		
	дрвени рогови		<b>5,2</b>
	салонит 0,6cm	<b>1945-1967</b>	
дрвене летве 2,4cm (2,4cm ваздух)			
дрвени рогови		<b>6,0</b>	
Раван кров - непроходан	шљунак 10cm	<b>до 1945</b>	
	пијесак 2cm		
	прикована тканина са катраном		
	пијесак 0,5		
	дашчани опшав 2,4cm		
	дрвене греде (јеловина) 18-26cm		
	дрвене даске 2cm		
трска са кречним матером 2,5cm		<b>1,3</b>	
проходан	бетонске плоче 4cm	<b>1920-1967</b>	
	пијесак 4cm		
	хидроизолација 1,5cm		
	бетон 6cm		
	армирани бетон 4cm (или за ребрасту 8-12cm)		
	шупља опека 14cm (или ваздушни простор 20-25cm)		
	дрвене летве 3,8cm (код ребрасте таванице)		
	дрвене летве и трска 2,8cm (код ребрасте таванице)		
	кречни или продужни кречни малтер 2cm		<b>1,6 (или 1,2)</b>
	непроходан	шљунак 2cm	<b>1945-1967</b>
хидроизолација 1,5cm			

	дрвена вуна - хераклит 5cm	
	бетон 8cm	
	ребраста АБ таваница 30cm (5cm АБ+25cm ваздух)	
	дрвене летве 3,8cm (3,8cm ваздух)	
	дрвене летве 1,8cm	
	трска 1cm	
	продужни кречни малтер 1,5cm	<b>0,7</b>
проходан	бетонске плоче 4cm	<b>од 1970</b>
	пијесак 2cm	
	хидроизолација 2cm	
	цементни малтер 1cm	
	бетон 8cm	
	љепенка 0,5cm	
	експандирани полистирен 5cm	
	ребраста АБ плоча 22cm (4cm АБ+18cm ваздух)	
	дрвене летве 2,4cm (2,4cm ваздух)	
	азбест-цементна плоча 1,5cm	<b>0,6</b>



## ПРИЛОГ Д

Доказ вриједности U-коэффицијента за елементе нетранспарентних дијелова омотача и доказ вриједности U-коэффицијента и g-коэффицијента за елементе транспарентних дијелова омотача Узорка 1-насеље Кочићев вијенац (период 1945-1967)

Табела Д1. Доказ вриједности U-коэффицијента за елементе нетранспарентних дијелова омотача Узорка 1

ОЗНАКА	СЛОЈЕВИ ЕЛЕМЕНТА ОМОТАЧА			
ЕЛЕМЕНТА	материјал	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
<b>У131</b>	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,85	0,01765
	пуна опека (1400 kg/m <sup>3</sup> )	0,25	0,58	0,43103
	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,85	0,02353
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,570
	УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,67</b>
<b>У132</b>	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,85	0,01765
	армирани бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,25	2,3	0,10870
	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,85	0,02353
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	3,175
	УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,28</b>
<b>У133</b>	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,85	0,01765
	пуна опека (1400 kg/m <sup>3</sup> )	0,38	0,58	0,65517
	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,85	0,02353
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,161
	УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,26</b>
<b>У134</b>	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,85	0,01765
	армирани бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,38	2,3	0,16522
	продужни кречни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,85	0,02353
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	2,693
	УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,79</b>
<b>У1Кк</b>	салонит	0,006	0,35	0,01714
	дрвене летве (ваздушни простор)	0,024	0,14	0,17143

	рогови (ваздушни простор)	0,14	0,14	1,00000
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,100
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	6,000
<b>У1К</b>	армирано-бетонска плоча	0,04	1,51	0,02649
	шупља опека - монта	0,14	0,52	0,26923
	цементни малтер (2100 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,85	0,01765
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,100
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,100
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,948
<b>У1Кекв.</b>	прорачун еквивалентног коефицијента пролаза топлоте крова преко топлотног биланса $AxU(U1K)x(t1-t2)=(t2-t3)x(AxU(U1Kk)+\sum AixUi(\text{зидови око таванског простора}))$ $t2 = 794,2 \times t1 + 2951,95 \times t3 / 3746,15$			
	t1 - измјерена температура ваздуха унутар просторије посљедње етаже			18,5°C
	t2 - израчуната температура унутар таванског простора			1,794°C
	t3 - измјерена температура спољашњег ваздуха			(-)2,7°C
	Uekv.=U(U1K)x ((t1-t2)/(t1-t3))		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,535
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,64</b>
<b>У1П1</b>	А(површина)=265,8m <sup>2</sup> Р(дужина изложености спољашњости)=80,3m w(дебљина подрумског зида)=0,34m			
			B´ (m)	6,623
	h(висина зида са плочом изнад тла)=1,42m			
	z(висина укопаног зида са плочом подрума)=1,39m			
	плоча подрума на набијеном шљунку		λ(W/mK)	2
	v (средња брзина вјетра)		m/s	1
	fw (фактор заклоњености од вјетра)			0,02
	површина отвора на подрумском зиду		m <sup>2</sup>	6,4
	ε (површина отвора по дужини обима пода)		m <sup>2</sup> /m	0,0797
	V (запремина ваздуха у подруму)		m <sup>3</sup>	472
	V´(брзина вентилације)		m <sup>3</sup> /s	0,076
	n (процјењена инфилтрација у подруму)		(1/h)	0,6
	отпор међусупратне таванице изнад негријаног подрума		Rf (m <sup>2</sup> K/W)	0,49068
	паркет	0,024	0,160	0,15000
	цементни естрих (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,030	1,400	0,02143
	АБ плоча	0,040	1,510	0,02649
	монта	0,140	0,520	0,26923
	продужни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,020	0,850	0,02353
	отпор пода подрума на тлу		Rg (m <sup>2</sup> K/W)	0,19689
	подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,040	1,400	0,02857
	ХИ	0,010	0,190	0,05263
	АБ плоча	0,100	2,040	0,04902
	шљунак	0,100	1,500	0,06667
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,170
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		Uf [W/m <sup>2</sup> K]	1,427
	dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)		m	1,154
	Коефицијент пролаза топлоте		Ubf [W/m <sup>2</sup> K]	0,442
	отпор зида подрума изнад тла са прозорима		Rw (m <sup>2</sup> K/W)	0,175
	отпор зида подрума у тлу		Rbw (m <sup>2</sup> K/W)	0,344
	набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706

ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uw [W/m <sup>2</sup> K]	2,941
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)		m	1,018
Коефицијент пролаза топлоте		Ubw [W/m <sup>2</sup> K]	0,955
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,902
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,00</b>
<b>У1П2</b>			
A(површина)=87,7m <sup>2</sup>			
P(дужина изложености спољашњости)=14,3m			
w(дебљина подрумског зида)=0,34m	B' (m)		12,249
h(висина зида са плочом изнад тла)=1,42m			
z(висина укопаног зида са плочом подрума)=1,39m			
плоча подрума на набијеном шљунку	λ(W/mK)		2
v (средња брзина вјетра)	m/s		1
fw (фактор заклоњености од вјетра)			0,02
површина отвора на подрумском зиду	m <sup>2</sup>		2,4
ε (површина отвора по дужини обима пода)	m <sup>2</sup> /m		0,1678
V (запремина ваздуха у подруму)	m <sup>3</sup>		182
V' (брзина вентилације)	m <sup>3</sup> /s		0,029
n (процјењена инфилтрација у подруму)	(1/h)		0,6
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума	Rf (m <sup>2</sup> K/W)		0,35318
виназ	0,002	0,160	0,01250
цементни естрих (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,030	1,400	0,02143
АБ плоча	0,040	1,510	0,02649
монта	0,140	0,520	0,26923
продужни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,020	0,850	0,02353
отпор пода подрума на тлу	Rg (m <sup>2</sup> K/W)		0,19689
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,040	1,400	0,02857
ХИ	0,010	0,190	0,05263
АБ плоча	0,100	2,040	0,04902
шљунак	0,100	1,500	0,06667
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте	Rsi		0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте	Rse		0,040
Коефицијент пролаза топлоте	Uf [W/m <sup>2</sup> K]		1,776
dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)	m		1,154
Коефицијент пролаза топлоте	Ubf [W/m <sup>2</sup> K]		0,306
отпор зида подрума изнад тла са прозорима	Rw (m <sup>2</sup> K/W)		0,158
отпор зида подрума у тлу	Rbw (m <sup>2</sup> K/W)		0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте	Rsi		0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте	Rse		0,040
Коефицијент пролаза топлоте	Uw [W/m <sup>2</sup> K]		3,096
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)	m		1,018
Коефицијент пролаза топлоте	Ubw [W/m <sup>2</sup> K]		0,955
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни	U [W/m <sup>2</sup> K]		0,856

	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте $U + U_{тв}$	$U [W/m^2K]$	<b>0,96</b>	
<b>У1П3</b>	A(површина)=26,2m <sup>2</sup>			
	P(дужина изложености спољашњости)=5,3m			
	w(дебљина подрумског зида)=0,34m	B' (m)	9,887	
	h(висина зида са плочом изнад тла)=1,42m			
	z(висина укопаног зида са плочом подрума)=1,39m			
	плоча подрума на набијеном шљунку	$\lambda(W/mK)$	2	
	v (средња брзина вјетра)	m/s	1	
	fw (фактор заклоњености од вјетра)		0,02	
	површина отвора на подрумском зиду	m <sup>2</sup>	0,7	
	$\epsilon$ (површина отвора по дужини обима пода)	m <sup>2</sup> /m	0,1321	
	V (запремина ваздуха у подруму)	m <sup>3</sup>	50,8	
	V' (брзина вентилације)	m <sup>3</sup> /s	0,008	
	n (процењена инфилтрација у подруму)	(1/h)	0,6	
	отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума	Rf (m <sup>2</sup> K/W)	0,123	
	терацо	0,040	2,000	0,02000
	АБ плоча	0,120	1,510	0,07947
	продужни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,020	0,850	0,02353
	отпор пода подрума на тлу	Rg (m <sup>2</sup> K/W)	0,19689	
	подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,040	1,400	0,02857
	ХИ	0,010	0,190	0,05263
	АБ плоча	0,100	2,040	0,04902
	шљунак	0,100	1,500	0,06667
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте	Rsi	0,170	
	Вањски коефицијент прелаза топлоте	Rse	0,040	
	Коефицијент пролаза топлоте	Uf [W/m <sup>2</sup> K]	3,003	
$\delta_{bf}$ (укупна еквивалентна дебљина пода подрума)	m	1,154		
Коефицијент пролаза топлоте	Ubf [W/m <sup>2</sup> K]	0,350		
отпор зида подрума изнад тла са вратима	Rw (m <sup>2</sup> K/W)	0,017		
отпор зида подрума у тлу	Rbw (m <sup>2</sup> K/W)	0,344		
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706	
ХИ	0,020	0,190	0,10526	
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211	
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте	Rsi	0,125		
Вањски коефицијент прелаза топлоте	Rse	0,040		
Коефицијент пролаза топлоте	Uw [W/m <sup>2</sup> K]	5,495		
$\delta_{bw}$ (укупна еквивалентна дебљина зида подрума)	m	1,018		
Коефицијент пролаза топлоте	Ubw [W/m <sup>2</sup> K]	0,955		
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни	U [W/m <sup>2</sup> K]	1,388		
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте $U + U_{тв}$	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,49</b>		
<b>У1П4</b>	A(површина)=25,3m <sup>2</sup>			
	P(дужина изложености спољашњости)=4m			
	w(дебљина подрумског зида)=0,34m	B' (m)	12,525	
	h(висина зида са плочом изнад тла)=1,42m			
	z(висина укопаног зида са плочом подрума)=1,39m			
	плоча подрума на набијеном шљунку	$\lambda(W/mK)$	2	
	v (средња брзина вјетра)	m/s	1	
	fw (фактор заклоњености од вјетра)		0,02	
	површина отвора на подрумском зиду	m <sup>2</sup>	0,8	

ε (површина отвора по дужини обима пода)		m <sup>2</sup> /m	0,2
V (запремина ваздуха у подруму)		m <sup>3</sup>	54,5
V (брзина вентилације)		m <sup>3</sup> /s	0,009
n (процењена инфилтрација у подруму)		(1/h)	0,6
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума		Rf (m <sup>2</sup> K/W)	0,339
терацо	0,040	2,000	0,02000
АБ плоча	0,040	1,510	0,02649
монта	0,140	0,520	0,26923
продужни малтер (1700 kg/m <sup>3</sup> )	0,020	0,850	0,02353
отпор пода подрума на тлу		Rg (m <sup>2</sup> K/W)	0,19689
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,040	1,400	0,02857
ХИ	0,010	0,190	0,05263
АБ плоча	0,100	2,040	0,04902
шљунак	0,100	1,500	0,06667
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uf [W/m <sup>2</sup> K]	1,821
dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)		m	1,152
Коефицијент пролаза топлоте		Ubf [W/m <sup>2</sup> K]	0,301
отпор зида подрума изнад тла са прозорима		Rw (m <sup>2</sup> K/W)	0,148
отпор зида подрума у тлу		Rbw (m <sup>2</sup> K/W)	0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uw [W/m <sup>2</sup> K]	3,195
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)		m	1,018
Коефицијент пролаза топлоте		Ubw [W/m <sup>2</sup> K]	0,955
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,870
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Uтв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,97</b>

Табела Д2. Доказ вриједности U-коефицијента и g-коефицијента за елементе транспарентних дијелова омотача Узорка 1

Прорачун еквивалентног U коефицијента $U_w = (A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g) / (A_g + A_f)$	Прорачун еквивалентног g коефицијента $g_{ekv.} = g_w \times f_s \quad g_w = A_g / (A_g + A_f) \times g_g$
<b>У1ПР1</b> A <sub>g</sub> (површина стакла)=2,10m <sup>2</sup> U <sub>g</sub> (U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K A <sub>f</sub> (површина оквира)=0,78m <sup>2</sup> U <sub>f</sub> (U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K I <sub>g</sub> (дужина спојница стакла и оквира)=8,4m Ψ <sub>g</sub> (коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	A <sub>g</sub> /(A <sub>g</sub> +A <sub>f</sub> ) - удио стакла у односу на прозор 0,73 g <sub>g</sub> (g коефицијент стакла) 0,77 g <sub>w</sub> (g коефицијент прозора) 0,56 f <sub>s</sub> (фактор засјенчења) 18%
Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-] <b>0,46</b>
Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K] 3,00
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Uтв	U [W/m <sup>2</sup> K] <b>3,10</b>
<b>У1ПР2</b> A <sub>g</sub> (површина стакла)=1,105m <sup>2</sup> U <sub>g</sub> (U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	A <sub>g</sub> /(A <sub>g</sub> +A <sub>f</sub> ) - удио стакла у односу на прозор 0,62

	Af(површина оквира)=0,68m <sup>2</sup>	gg (g коефицијент стакла)	0,77
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	gw (g коефицијент прозора)	0,48
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=25,5m	fs (фактор засјенчења)	11%
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,42</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	3,31
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,41</b>
<b>У1ВР</b>	Ag(површина стакла)=3,124m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор	0,87
	Ug(U коефицијент стакла)=5,80 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,85
	Af(површина оквира)=0,45m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,74
	Uf(U коефицијент оквира)=2,40 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	32%
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=10m		
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,5</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	5,48
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>5,58</b>
<b>У1ПР3</b>	Ag(површина стакла)=0,42m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор са АБ пречкама	0,22
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,77
	Af(површина оквира)=0,30m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,17
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	15%
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=2,6m		
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,14</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,84
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,94</b>
<b>У1ПР4</b>	Ag(површина стакла)=0,588m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор	0,62
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,77
	Af(површина оквира)=0,35m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,48
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	15%
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=3m		
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,41</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,88
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,98</b>
<b>У1ПР5</b>	Ag(површина стакла)=2,10m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор	0,73
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,77
	Af(површина оквира)=0,78m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,56
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	0%
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=8,4m		
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,56</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	3,00
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,10</b>
<b>У1ПР6</b>	Ag(површина стакла)=0,715m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор са АБ пречкама	0,23
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,77
	Af(површина оквира)=0,475m <sup>2</sup>		

	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	gw (g коефицијент прозора)	0,18
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=4,8m	fs (фактор засјенчења)	0%
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
Коефицијент фактора дотока од сунца		g [-]	<b>0,18</b>
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	2,88
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Uтв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,98</b>
<b>У1ПР7</b>	Ag(површина стакла)=0,588m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор	0,62
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,77
	Af(површина оквира)=0,35m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,48
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	0%
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=3m		
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
Коефицијент фактора дотока од сунца		g [-]	<b>0,48</b>
Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	2,88
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Uтв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,98</b>

## ПРИЛОГ Ђ

Доказ вриједности U-коэффицијента за елементе нетраспрентних дијелова омотача и доказ вриједности U-коэффицијента и g-коэффицијента за елементе траспрентних дијелова омотача узорка 2-насеље Борик (период 1967-1980)

Табела Ђ1. Доказ вриједности U-коэффицијента за елементе нетранспарентних дијелова омотача Узорка 2

ОЗНАКА	СЛОЈЕВИ ЕЛЕМЕНТА ОМОТАЧА			
ЕЛЕМЕНТА	материјал	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
<b>У231</b>	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
	термо блок од шљаке (1400 kg/m <sup>3</sup> )	0,3	0,58	0,51724
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,7	0,02857
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,366
	УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,47</b>
<b>У232</b>	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,08	2,33	0,03433
	термоизолација-прошивена трска	0,03	0,098	0,30612
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,06	2,33	0,02575
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,810
УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,91</b>	
<b>У233</b>	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,10	2,33	0,04292
	ливени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,10	2,04	0,04902
	термо блок од шљаке (1400 kg/m <sup>3</sup> )	0,10	0,58	0,17241
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,7	0,02857
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	2,184
УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,28</b>	
<b>У234</b>	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
	гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,7	0,02857
	Унутрашњи коэффициент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коэффициент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,925
	УСВОЈЕНИ коэффициент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,02</b>
<b>У235</b>	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143



	гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,7	0,01429
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,08	2,33	0,03433
	термоизолација-прошивена трска	0,02	0,098	0,20408
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,12	2,33	0,05150
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,258
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,36</b>
<b>У236</b>	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,30	2,33	0,12876
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,7	0,01429
	гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,578
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,68</b>
<b>У237</b>	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,7	0,02143
	гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,7	0,01429
	термоизолација-прошивена трска	0,03	0,098	0,30612
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,12	2,33	0,05150
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	1,258
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,36</b>
<b>У238</b>	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> )	0,12	2,33	0,04292
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,7	0,01429
	гас бетон (600 kg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,23	0,30435
	цементни малтер (1900 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,7	0,05150
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,125
	Коефицијент пролаза топлоте + F <sub>xi</sub>		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,80
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,90</b>
<b>У2К</b>	азбест-цементна плоча	0,015	0,41	0,03659
	дрвене летве 0,024cm 10%	0,0024	0,14	0,01714
	префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> ) (4+18)cm	0,062	2,33	0,02575
	EPS	0,05	0,041	1,21951
	љепенка	0,005	0,19	0,02632
	ливени бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,075	1,51	0,04967
	цементни малтер (2100 kg/m <sup>3</sup> )	0,01	1,4	0,00714
	хидроизолација	0,02	0,19	0,10526
	пијесак	0,02	2	0,01000
	бетонске плоче	0,04	1,51	0,02649
	Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,100
	Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
	Коефицијент пролаза топлоте		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,601
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,70</b>
<b>У2П1</b>	A(површина)=754,4m <sup>2</sup>			
	P(дужина изложености спољашњости)=236m			
	w(дебљина подрумског зида)=0,35m		B' (m)	6,394

$h$ (висина зида са плочом изнад тла)=1,30m

$z$ (висина укопаног зида са плочом подрума)=1,55m

плоча подрума на набијеном шљунку		$\lambda$ (W/mK)	2
$v$ (средња брзина вјетра)		m/s	1
$f_w$ (фактор заклоњености од вјетра)			0,02
површина отвора на подрумском зиду		$m^2$	18
$\epsilon$ (површина отвора по дужини обима пода)		$m^2/m$	0,0763
$V$ (запремина ваздуха у подруму)		$m^3$	1591,8
$V'$ (брзина вентилације)		$m^3/s$	0,212
$n$ (процењена инфилтрација у подруму)		(1/h)	0,6
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума		$R_f$ ( $m^2K/W$ )	0,33418
паркет	0,024	0,16	0,15000
азбест-цементна плоча	0,013	0,41	0,03171
натрон папир	0,005	0,15	0,03333
пијесак	0,023	0,58	0,03966
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> ) (4+18)cm	0,06	2,33	0,02575
дрвене летве 0,024cm 10%	0,0024	0,14	0,01714
азбест-цементна плоча	0,015	0,41	0,03659
отпор пода подрума на тлу		$R_g$ ( $m^2K/W$ )	0,31394
терацо	0,02	1,51	0,01325
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,13	1,51	0,08609
ХИ	0,02	0,19	0,10526
бетон	0,08	2,33	0,03433
шљунак	0,15	2	0,075
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		$R_{si}$	0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте		$R_{se}$	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		$U_f$ [ $W/m^2K$ ]	1,838
$\delta_{bf}$ (укупна еквивалентна дебљина пода подрума)		$m$	1,398
Коефицијент пролаза топлоте		$U_{bf}$ [ $W/m^2K$ ]	0,418
отпор зида подрума изнад тла са отворима		$R_w$ ( $m^2K/W$ )	0,122
отпор зида подрума у тлу		$R_{bw}$ ( $m^2K/W$ )	0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		$R_{si}$	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		$R_{se}$	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		$U_w$ [ $W/m^2K$ ]	3,509
$\delta_{bw}$ (укупна еквивалентна дебљина зида подрума)		$m$	1,018
Коефицијент пролаза топлоте		$U_{bw}$ [ $W/m^2K$ ]	0,911
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни		$U$ [ $W/m^2K$ ]	1,094
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте $U + U_{\text{тв}}$		$U$ [ $W/m^2K$ ]	<b>1,19</b>

## У2П2

$A$ (површина)=349,6m<sup>2</sup>

$R$ (дужина изложености спољашњости)=51,7m

$w$ (дебљина подрумског зида)=0,35m

$B'$  (m)

13,523

$h$ (висина зида са плочом изнад тла)=1,30m

$z$ (висина укопаног зида са плочом подрума)=1,55m

плоча подрума на набијеном шљунку		$\lambda$ (W/mK)	2
$v$ (средња брзина вјетра)		m/s	1
$f_w$ (фактор заклоњености од вјетра)			0,02
површина отвора на подрумском зиду		$m^2$	10
$\epsilon$ (површина отвора по дужини обима пода)		$m^2/m$	0,1934

V (запремина ваздуха у подруму)	m <sup>3</sup>		737,7
V (брзина вентилације)	m <sup>3</sup> /s		0,119
n (процјењена инфилтрација у подруму)	(1/h)		0,6
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума	Rf (m <sup>2</sup> K/W)		0,1864
виназ	0,002	0,160	0,01250
цементни естрих (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,030	1,400	0,02143
натрон папир	0,005	0,15	0,03333
пијесак	0,023	0,58	0,03966
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> ) (4+18)cm	0,06	2,33	0,02575
дрвене летве 0,024cm 10%	0,0024	0,14	0,01714
азбест-цементна плоча	0,015	0,41	0,03659
отпор пода подрума на тлу	Rg (m <sup>2</sup> K/W)		0,31394
терацо	0,02	1,51	0,01325
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,13	1,51	0,08609
ХИ	0,02	0,19	0,10526
бетон	0,08	2,33	0,03433
шљунак	0,15	2	0,075
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте	Rsi		0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте	Rse		0,040
Коефицијент пролаза топлоте	Uf [W/m <sup>2</sup> K]		2,525
dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)	m		1,398
Коефицијент пролаза топлоте	Ubf [W/m <sup>2</sup> K]		0,271
отпор зида подрума изнад тла са отворима	Rw (m <sup>2</sup> K/W)		0,120
отпор зида подрума у тлу	Rbw (m <sup>2</sup> K/W)		0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте	Rsi		0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте	Rse		0,040
Коефицијент пролаза топлоте	Uw [W/m <sup>2</sup> K]		3,509
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)	m		1,018
Коефицијент пролаза топлоте	Ubw [W/m <sup>2</sup> K]		0,911
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни	U [W/m <sup>2</sup> K]		0,969
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]		<b>1,10</b>

**У2П3 и  
У2П4**

A(површина)=257,9m <sup>2</sup>			
P(дужина изложености спољашњости)=4m			
w(дебљина подрумског зида)=0,35m	B' (m)		130,253
h(висина зида са плочом изнад тла)=1,30m			
z(висина укопаног зида са плочом подрума)=1,55m			
плоча подрума на набијеном шљунку	λ(W/mK)		2
v (средња брзина вјетра)	m/s		1
fw (фактор заклоњености од вјетра)			0,02
површина отвора на подрумском зиду	m <sup>2</sup>		9
ε (површина отвора по дужини обима пода)	m <sup>2</sup> /m		2,25
V (запремина ваздуха у подруму)	m <sup>3</sup>		544,1
V (брзина вентилације)	m <sup>3</sup> /s		0,088
n (процјењена инфилтрација у подруму)	(1/h)		0,6
отпор међуспратне таванице изнад негријаног подрума	Rf (m <sup>2</sup> K/W)		0,17896
терацо	0,020	1,510	0,01325
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	1,51	0,01325
натрон папир	0,005	0,15	0,03333

пијесак	0,023	0,58	0,03966
префабриковани бетон (2300 kg/m <sup>3</sup> ) (4+18)cm	0,06	2,33	0,02575
дрвене летве 0,024cm 10%	0,0024	0,14	0,01714
азбест-цементна плоча	0,015	0,41	0,03659
отпор пода подрума на тлу		Rg (m <sup>2</sup> K/W)	0,31394
терацо	0,02	1,51	0,01325
подложни бетон (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0,13	1,51	0,08609
ХИ	0,02	0,19	0,10526
бетон	0,08	2,33	0,03433
шљунак	0,15	2	0,075
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,170
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uf [W/m <sup>2</sup> K]	2,571
dbf(укупна еквивалентна дебљина пода подрума)		m	1,398
Коефицијент пролаза топлоте		Ubf [W/m <sup>2</sup> K]	0,051
отпор зида подрума изнад тла са отворима		Rw (m <sup>2</sup> K/W)	0,120
отпор зида подрума у тлу		Rbw (m <sup>2</sup> K/W)	0,344
набијени бетон (2400 kg/m <sup>3</sup> )	0,300	2,040	0,14706
ХИ	0,020	0,190	0,10526
пуна опека (1800 kg/m <sup>3</sup> )	0,070	0,760	0,09211
Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте		Rsi	0,125
Вањски коефицијент прелаза топлоте		Rse	0,040
Коефицијент пролаза топлоте		Uw [W/m <sup>2</sup> K]	3,509
dbw(укупна еквивалентна дебљина зида подрума)		m	1,018
Коефицијент пролаза топлоте		Ubw [W/m <sup>2</sup> K]	0,911
Коефицијент пролаза топлоте, еквивалентни		U [W/m <sup>2</sup> K]	0,460
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв		U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,56</b>

Табела Б2. Доказ вриједности U-коефицијента и g-коефицијента за елементе транспарентних дијелова омотача Узорка 2

	Прорачун еквивалентног U коефицијента $U_w = (Ag \times U_g + Af \times U_f + Ig \times \Psi_g) / (Ag + Af)$	Прорачун еквивалентног g коефицијента $g_{ekv.} = g_w \times f_s \quad g_w = Ag / (Ag + Af) \times g_g$
<b>У2ПР1 исток</b>	Ag(површина стакла)=1,83m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)
	Af(површина оквира)=0,73m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=7,9m	
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]
Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,98
УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,08</b>
<b>У2ПР1 запад</b>	Ag(површина стакла)=1,83m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)
	Af(површина оквира)=0,73m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=7,9m	
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]
Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,98

	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,08</b>
<b>У2ПР2 исток</b>	Ag(површина стакла)=1,583m <sup>2</sup> Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K Af(површина оквира)=0,68m <sup>2</sup> Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K Ig(дужина спојница стакла и оквира)=7,5m Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор 0,69 gg (g коефицијент стакла) 0,77 gw (g коефицијент прозора) 0,54 fs (фактор засјенчења) 61%	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,21</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,96
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,06</b>
<b>У2ПР2 запад</b>	Ag(површина стакла)=1,583m <sup>2</sup> и 0,627m <sup>2</sup> Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K Af(површина оквира)=0,68m <sup>2</sup> и 0,39m <sup>2</sup> Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K Ig(дужина спојница стакла и оквира)=7,5m и 3,5m Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор 0,66 gg (g коефицијент стакла) 0,77 gw (g коефицијент прозора) 0,51 fs (фактор засјенчења) 67%	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,17</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,96
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,06</b>
<b>У2ПР3 исток</b>	Ag(површина стакла)=2,81m <sup>2</sup> Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K Af(површина оквира)=0,97m <sup>2</sup> Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K Ig(дужина спојница стакла и оквира)=11,3m Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на балконска врата 0,74 gg (g коефицијент стакла) 0,77 gw (g коефицијент прозора) 0,57 fs (фактор засјенчења) 62%	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,22</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	3,00
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,10</b>
<b>У2ПР3 запад</b>	Ag(површина стакла)=2,81m <sup>2</sup> Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K Af(површина оквира)=0,97m <sup>2</sup> Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K Ig(дужина спојница стакла и оквира)=11,3m Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на балконска врата 0,74 gg (g коефицијент стакла) 0,77 gw (g коефицијент прозора) 0,57 fs (фактор засјенчења) 71%	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,17</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	3,00
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,10</b>
<b>У2ПР4 исток</b>	Ag(површина стакла)=1,33m <sup>2</sup> Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K Af(површина оквира)=0,60m <sup>2</sup> Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K Ig(дужина спојница стакла и оквира)=5,6m Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на балконска врата 0,69 gg (g коефицијент стакла) 0,77 gw (g коефицијент прозора) 0,53 fs (фактор засјенчења) 64%	
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,19</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,94
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + Утв	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,04</b>
<b>У2ПР4 запад</b>	Ag(површина стакла)=1,33m <sup>2</sup> Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K Af(површина оквира)=0,60m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на балконска врата 0,69 gg (g коефицијент стакла) 0,77	

	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	gw (g коефицијент прозора)	0,53
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=5,6m	fs (фактор засјенчења)	70%
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,16</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,94
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,04</b>
<b>У2ПР5 исток</b>	Ag(површина стакла)=0,627m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор	
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,62
	Af(површина оквира)=0,39m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,77
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	0,48
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=3,5m		53%
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,23</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	2,88
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>2,98</b>
<b>У2ПР6 запад</b>	Ag(површина стакла)=2,94m <sup>2</sup>	Ag/(Ag+Af) - удио стакла у односу на прозор	
	Ug(U коефицијент стакла)=3,20 W/m <sup>2</sup> K	gg (g коефицијент стакла)	0,74
	Af(површина оквира)=1,058m <sup>2</sup>	gw (g коефицијент прозора)	0,77
	Uf(U коефицијент оквира)=2,00 W/m <sup>2</sup> K	fs (фактор засјенчења)	0,57
	Ig(дужина спојница стакла и оквира)=12,2m		18%
	Ψg(коефицијент корекције између оквира и стакла)=0,04		
	Коефицијент фактора дотока од сунца	g [-]	<b>0,47</b>
	Коефицијент пролаза топлоте	U [W/m <sup>2</sup> K]	3,00
	УСВОЈЕНИ коефицијент пролаза топлоте U + U <sub>тв</sub>	U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>3,10</b>

## ПРИЛОГ Е

### Термоизолациони материјали доступни на тржишту Босне и Херцеговине

ТЕРМОИЗОЛАЦИОНИ МАТЕРИЈАЛИ И ПРОИЗВОЂАЧИ	КОЕФИЦИЈЕНТ ТОПЛОТНЕ ПРОВОДЉИВОСТИ $\lambda$ (W/mK)	ФОРМА ПРОИЗВОДА/ дебљине (cm)	ПОДРУЧЈЕ ПРИМЈЕНЕ
<b>URSA минерална вуна</b>	ГУСТИНА 10-30kg/m <sup>3</sup>	стандард производа EN 13162	сертификат о усклађености 0672 – CPD – I14.2. 01.U Немачка EPD-URS-2012121-D (SF)
URSA ELF	0,044	веома лагана вуна у ролни / 5,8,10,12,14,15	полагање на подлогу; плочу према негријаном поткровљу, као испуна између међуспратних дрвених конструкција
URSA DF40	0,040	вуна у ролни/ 5,10,12,16,18,20	полагање на подлогу, додатна изолација у косим крововима и као испуна у спуштеним строповима
URSA DF40/Ab	0,040	вуна у ролни каширана арм. алу. фолијом / 5,10	испуна у спуштеним строповима
URSA SF38	0,038	самоносиви филц од вуне/ 10,12,14,16,18,20	изолација косих кровова између рогова са доње стране и додатно испод рогова, те изолација монтажних дрвених зидова, те других конструкција са већим захтјевима топлотне и звучне изолативности
URSA SF35	0,035	самоносиви филц од вуне/ 5,10,14	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама кућа и у системима невентилисаних фасада без ограничења висине
URSA FDP1	0,038	лагане водоотпорне плоче од вуне / 5,8,10	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама кућа и у системима невентилисаних фасада без ограничења висине
URSA FDP2/V	0,035	водоотпорне плоче од вуне једнострано каширана црним Vf или жутиим Vк стакленим воалом / Vf - 5,8,10, 12 , Vк-5	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама без ограничења висине
URSA FDP3/Vf	0,034	водоотпорне плоче од вуне једнострано каширана црним Vf стакленим воалом / 6,8,10,12	изолација вањских зидова у системима вентилисаних зид-завјеса зграда без ограничења висине и звучна изолација у системским елементима за заштиту од буке
URSA TSP	0,032	подне плоче од вуне / 2,3,4,5	топлотна изолација и изолација од ударног звука у пливајућим подовима
<b>ISOVER минерална вуна</b>	ГУСТИНА 16-100 kg/m <sup>3</sup>	стандард производа EN 13162	сертификат о усклађености 1139-CPD-0735/09 Аустрија EPD-GHI-2011112-D (камена), EPD-GHI-2011212-D (стаклена)
PREMIUM	0,032	вуна у ролни/ 5,10,12,14,16	за све врсте изолације без оптерећења, специјално за дрвене рамовске конструкције
PREMIUM	0,032	плоче од вуне / 10,12,14,16	за све врсте изолације без оптерећења, специјално за дрвене рамовске конструкције и за вентилисане фасаде
TDPS	0,033	плоче од вуне / 2, 2,5,3, 3,5, 4,5, 5,5	топлотна изолација и изолација од ударног звука у пливајућим подовима
TDPT	0,033	1, 1,5,2, 2,5, 3, 3,5,5,6	топлотна изолација и изолација од ударног звука у пливајућим подовима
ISOVER FDPL	0,034	лагане водоотпорне плоче од вуне/ 5,6,8,10,12,14,16,18,20	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама потребно је механичко причвршћивање

ISOVER FDP L SV	0,034	водоотпорне плоче од вуне једнострано каширана црним стакленим воалом / 5,6,8,10,12,14,16,18,20	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама са нетранспрентним фасадним облогама
ISOVER FDP	0,033	водоотпорне чврсте плоче од стаклене вуне / 5,6,8,10,12,14,16,18	изолација вањских зидова и допозорника/довратника у вентилисаним фасадама са нетранспрентним фасадним облогама, на носиву подлогу могућа је искључиво монтажа грађевинским љепилом
ISOVER LP	0,033	водоотпорне чврсте плоче од стаклене вуне / 2,3,4	
UNIROLL-CLASSIC	0,038	вуна у ролни / 10,12,14,16,18,20,22,24,26,28	изолација косих кровова између рогова са доње стране и додатно испод рогова, те изолација монтажних дрвених зидова. Уграђује се самостално без додатног причвршћивања између рогова
QUATTRO	0,038	вуна у ролни / 5,8,10	полагање на подлогу између дрвених гредница, додатна изолација у косим крововима, испуна за метал, растер од 40cm
MERINO	0,038	плоче од вуне / 5,8,10	изолација дрвених рамовских конструкција, кровова, зидова и плафона
ROLLINO	0,038	вуна у ролни / 5,6,8,10,12,14,16,18,20,22	за све врсте изолације без оптерећења, за зидове са дрвеним подупирачима, за дрвене подове
MULTI-KOMFORT PASSIVHAUS KLEMMFILZ	0,034	стаклена влакна у ролни / 10,12,14,16,18,20,22,24,26,28	изолација косих кровова између рогова, кљешта и осталих решеткастих конструкција, полагање на плочу према негријаном поткровљу, поставља се без додатног причвршћивања
MULTI-KOMFORT PASSIVHAUS FILZ DUO	0,034	стаклена влакна у ролни / 5,8,10	додатна изолација, као други слој код косих кровова, и у лаганим конструкцијама, полагање се попречно на први слој изолације
KDP	0,032	минерална вуна у плочама / 6,9,12,16,18,20,22	изолација подрумског плафона, уграђује се са дрвеним чеповима (DHM) прилагођеним дебљинама плоча
RIO	0,042	вуна у ролни / 8,10,12,14,16,18,20,22,24	полагање на плочу према негријаном поткровљу и за све врсте изолација без оптерећења у дрвеним конструкцијама
RIO TWIN	0,042	22,24 RIO TWIN 12/6, 10/5	
RIO ALU		вуна у ролни каширана арм. алу. фолијом / 5,10	додатна изолација, као други слој код косих кровова, ALU фолија служи као парна брана, те за изолацију цијеви и канала
DOMO	0,039	вуна у ролни / 5,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26	за све врсте изолације без оптерећења, за непроходни таван, између потконструкције код дрвених подова
<b>KNAUF минерална вуна</b>		<b>ГУСТИНА 10-35 kg/m³ стандард производа EN 13162</b>	<b>1/05-ZGP-974 Хрватска.K1-0751-CPD-146_0-01-01-11 Њемачка</b>
стаклена вуна			EPD-KNI-2011111-D (Т1 135 U), EPD-KNI-20111311-D (ПР 435 В)
T1 140 U	0,040 FIW (0,039) IGH	ролна од вуне / 6,8,10,12,14,16,18,20,22,24	изолација косих кровова између рогова, кљешта и осталих решеткастих конструкција, полагање на плочу према негријаном поткровљу, у спуштеним плафонима
T1 135 U	0,035		



TR 435 B	0,035 FIW (0,034) IGH	плоче од вуне једнострано каширана црним стакленим воалом / 4,5,6,8,10,12,14,16	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама са нетранспрентним фасадним облогама
TR 430 KD	0,035 FIW 0,034 IGH	плоче од вуне једнострано каширана бијелим стакленим воалом / 4,5,6,8,10,12,14	изолација вањских зидова у вентилисаним фасадама
Classic 040	0,040	ролна од вуне/ 5,6,8,10,12,14,16,18,20	за све врсте изолације без оптерећења, за непроходни таван, између рогова и испод рогова као други слој, у спуштеним плэф. K1-0751-CPD-233,0-01-01/12 (Е)Њемачка,5,4-08-40(33)/11GT Тузла
камена вуна под називом TERVOL у Хрватској			
KR S (DP 3)	0,038 (0,039 IGH)	плоче од вуне/	за све врсте изолације без оптерећења, за непроходни таван, између рогова и испод рогова као други слој, у спуштеним плэф.
KR SK (KP)	0,038 (0,037 IGH)	5,6,7,8,9,10,12 (10,12,14,16,18,20)	
FKD-S (PTR 035)	0,036	плоче од вуне/ 3,4,5,6,7,8,9,10,12	за изолацију контактних фасада свих врста зграда, као додатна изолација постојећих зграда
KR DP-9 (FKL)	0,040	плоче са управним влакнима/ 5,6,8,10,12	за контактне фасаде чије потребно причвршћивање до 20cm (16cm FKL) дебљине изолације и висине зграде до 22cm (20m)
KR-L (DP 5, FPL 035)	0,035	плоче од вуне/	за сендвич зидове, вентил. фасаде до 12m (L), без огранич. (P)
KR-P (DP 7, FP)	0,035	3,4,5,6,7,8,9,10,12 (14,16)	као испуна између профилисаних елемената металне констр. за вентилисане фасаде
KR-PVF (DP 10)	0,035	5,6,7,8,9,10,12	
KR POD CLASSIC (TP)	0,039 (0,035)	плоче од вуне/	топлотна изолација и изолација од ударног звука у пливајућим
KR POD PLUS (TPS)	0,039 (0,036)	2,3,4,5	подовима, испод мокрог естриха дебљине ≤5cm, оптер. до 2kPa
KR POD EXTRA (TPT)	0,039 (0,036)	плоче од вуне/2,3,4,5,6,8	испод мокрог естриха оптер. до 10kPa и сувог ест. до 1,5kPa
DDP-RT	0,038	плоче од вуне/	топлотна изолација равних кровова на бетонској подлози или
DDP-U	0,039	4,5,6,7,8,9,10,12,14	на подлози од челичних профилисаних лимова у систему
DDP	0,040		са хидроизолационом фолијом
<b>STO минерал</b> ГУСТИНА 115-150 kg/m³ стандард производа EN 13162			1/05-ZGP-1106, EPD-GH-2008111-D, ETA-06/0127
Sto-Mineral Schaumplatte	0,045	негорива плоча без влакана/ 5,6,8,10,12,14,16,18,20	топлотна изолација у фасадном систему STO Therm Cell, за спољашњу и унутрашњу употребу, за зидне и плафонске конст.
Sto-Mineralwolle-Dämmplatte	0,040	плоча са паралелним влакнима/ 2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18	топлотна изолација у фасадном систему STO Therm Mineral, за спољашњу и унутрашњу употребу, за зидне и плафонске конст.
Tip M			специјално извођење Sto-Mineralwolle-Dämmplatte са механичким учвршћењем
Sto-Steinlamelle i Sto- Speedlamelle			специјално извођење Sto-Mineralwolle-Dämmplatte да су влакна управна на зид
Sto-Steinwolleplatte 035Xtra	0,035		користи се у фасадном систему STO Therm Mineral
Sto-Mineralwolle-Dämmplatte VHF	0,037	негорива плоча са филцом/ 6-16cm	користи се у фасадном систему STO Therm Mineral и StoVentec

<b>CAPAROL минерал</b>	ГУСТИНА 150 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13162	ETA 08/0046, Пољска
Sarapact Mineral	0,040	плоча од минералних влакана/4-20cm користи се у фасадним системима Sarapact Mineral-Line
<b>BAUMIT минерал</b>	ГУСТИНА 150 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13162	1139-CPD-0128/04 Њемачка, Сирач Хрватска
Baumit PutzträgerPlatte 040	0,040	плоча од минералних влакана/2-20cm користи се у фасадним системима Baumit Thermal insulation system Mineral
Baumit LamellenPlatte 040	0,040	плоче од влакана једнострано каширана/2-18cm плоча од минералних влакана једнострано и двострано каширана/ 4-20cm
FassadenDämmplatte Mineral plus	0,036	плоча од минералних влакана/6-18cm користи се у фасадним системима Baumit Thermal insulation system Mineral
<b>FIBRAN минерал</b>	ГУСТИНА 30-200 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13162	K1 – 0751-CPD – 223.0 – 01 – 02/11
FIBRAN geo BP-021	0,033	минерална вуна у плочама/2-20cm као контактна фасада ETICS, пливајући подови и изолација таваница минерална вуна у ролни/5-10cm
<b>STO EPS</b>	ГУСТИНА >15-30 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13163	1/05-ZGP-773 за систем STO Therm Classic 1/05-ZGP-800 за систем STO Therm Vario
STO Dämmplatte TOP 32	0,032	сребрно сива плоча од EPS/ користи се у фасадним системима Sto Therm Classic и
EPS-F сиви	1-40cm	Sto Therm Vario не користи се за подножја и по ободу зграде
Sto-Polystyrol-Hartschaumplatten EPS-P	0,040	плоча од EPS/ за сухе, носиве и равне подлоге, за изолацију спољашњих зидова, не користи се за подножја и по ободу зграде
Sto-Sockelplatte	1-40cm	користи се за подножја и по ободу зграде испод нивоа терена
PS 30 SE	0,035	плоча од EPS/ 1-30cm
<b>CAPAROL EPS</b>	ГУСТИНА 14,5-18,5 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13163	EPD-DAW-2011431-D, Њемачка, ETA-06/0137, Француска
Sarapact	0,045 (14,5-16,5kg/m <sup>3</sup> ) 0,040 (16,5-18,5kg/m <sup>3</sup> )	плоча од EPS/ користи се у фасадним системима Sarapact Basic Line
Sarapact Dalmatiner	0,035 (14,5-16,5kg/m <sup>3</sup> ) 0,032 (16,5-18,5kg/m <sup>3</sup> )	плоча од графитног EPS/ користи се у фасадним системима Sarapact Top Line
<b>BAUMIT EPS</b>	ГУСТИНА 15-18 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13163	1139-CPD-0128/04 Њемачка Сирач Хрватска
Baumit EPS-F	0,040	плоча од EPS/2-20cm користи се у фасадним системима Baumit Thermal insulation system EPS
Baumit EPS-F plus	0,032	плоча од EPS/5-20cm
Baumit open	0,040	плоча од EPS/8-20cm користи се у фасадним системима Baumit open – Die KlimaFassade
Baumit open plus	0,032	плоча од EPS/6-20cm и Baumit open S – Die SanierKlimaFassade
Baumit open reflect	0,031	плоча од EPS/6-20cm
<b>AUSTROTHERM EPS</b>	ГУСТИНА 12-27 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13163 извјештај о испитивању IGH 2920-660/08, 2920-661/08, 2920-662/08 извјештај о испитивању Magisrat der Stadt MA 39-VFA 2011-0554.01-04 (A-100, A-150) 5,4-08-48(-42)/1, ГИТ Тузла за производњу EPS у Бихаћу	
AUSTROTHERM EPS A30	0,037 (2,3-4cm)IGH 0,043 (5cm)IGH 0,043 (каталог)	плоча од EPS са равним рубом/ ка негоријаном тавану, између кровних рогова, код вјетрене фасаде, и као испуна лаких преградних зидова
AUSTROTHERM EPS AF	0,037 (5,6-8cm)IGH	плоча од EPS са равним рубом/ за изолацију фасада, као фасадни систем демит, плафони и

0,039 (12cm)IGH 0,040 (каталог)	1-40cm (1-14cm BИHаc, BИH)	унутрашњи зидови просторија без повећане влажности
<b>AUSTROTHERM EPS AF</b> Plus - grafitni	плоча од EPS са равним рубом/ 1-40cm (1-14cm BИHаc, BИH)	
<b>AUSTROTHERM EPS AFF</b>	плоча од EPS са степенастим рубом/ 5-15cm (5-14cm BИHаc, BИH)	за изолацију фасада, као фасадни систем демит, плафони и унутрашњи зидови просторија без повећане влажности
<b>AUSTROTHERM EPS AFF</b> Plus - grafitni	плоча од EPS са степенастим рубом/ 5-15cm (5-14cm BИHаc, BИH)	
<b>AUSTROTHERM EPS A-100</b>	плоча од EPS са равним рубом/ 1-40cm (1-14cm BИHаc, BИH)	за изолацију подова испод естриха са мањим притисним оптерећењем
0,035 (2,3cm)IGH 0,036 (4cm)IGH 0,037 (5cm)IGH 0,036 (5cm)MA 0,035 (8,10)MA 0,034 (12cm)MA 0,037 (каталог)		
<b>AUSTROTHERM EPS A-120</b>	плоча од EPS са равним рубом/ 1-40cm (1-14cm BИHаc, BИH)	за изолацију подова испод естриха са већим притисним оптерећењем, и за равне кровове (само људи)
0,035 (2,3cm)IGH 0,036 (4,5cm)IGH 0,034 (5,8cm)MA 0,034 (10,12cm)MA 0,036 (каталог)		
<b>AUSTROTHERM EPS A-150</b>	плоча од EPS са равним рубом/ 1-40cm (1-14cm BИHаc, BИH)	за изолацију подова испод естриха са већим притисним оптерећењем, за равне кровове и за косе кровове изнад рогова
0,033 (5,8cm)MA 0,033 (10,12cm)MA 0,035 (каталог)		
<b>FRAGMAT Izolirka EPS</b>	ГУСТИНА 12-30 kg/m³ стандард производа EN 13163 1/05-ZOG-085 IGH за DEMIT® (производња EPS у БиХ нема сертификат)	
<b>EPS 50</b>	1/05-ZGP-484 OKIPOR EPS	за изолацију без оптерећења, 50kPa
<b>EPS 70</b>	резане плоче од EPS/	за изолацију подова мањих оптерећења, 70kPa, за јусе кровове
<b>EPS 100</b>	1-30cm (1,2,3,4,5,6,8,10 - Gračanica)	за изолацију подова и равних кровова 100kPa
<b>EPS 150</b>	(1-20cm - OKIPOR, Hrvatska)	150kPa
<b>EPS 200</b>		200kPa
<b>EPS F (FP)</b>	плоче од EPS са равним рубом (step, y)	изолација у фасадним системима ETICS
<b>DEMIT EPS F и FP GRAFIT</b>	4,5,6,8,10,12 (5,6,8,10)	
<b>STIROCKL</b>	ребрасте плоче од EPS / 2-20cm	за изолацију сокла изнад терена
<b>TERMODUR®</b>	плоче од EPS са преклопом и дренажним каналима/ 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12	за изолацију сокла изнад терена, на мјестима повећане влаге,
<b>TERMODUR® G</b>		за изолацију зидова и темељних плоча већих оптерећења, 150kPa

TERMODUR® ROOF	0,035	плоче од EPS са преклопом и дренажним каналима/ 5,6,8,10,12	за изолацију у системима обрнутих равних кровова, зидова у тлу и темељних плоча, 150kPa
TERMODUR® EXTRA	0,035	плоче од EPS са преклопом и дренажним каналима / 3,5,8	за изолацију подрумских зидова и темељних плоча, 150kPa
<b>MASTERPLAST</b>			
<b>ISOMASTER EPS</b>		ГУСТИНА 12-30 kg/m³ стандард производа EN 13163	1/05-ZGP-591 IGH (Masterplast-Суботича, Србија)
EPS 30	0,04(0)	плоче од EPS са равним рубом/ 2-16cm (2-12cm без посебне наруџбе)	за изолацију без оптерећења, за полагање на плочу негријаног тавана (по којој се не хода), за дилатације између зграда
EPS 70	0,038		за мања оптерећења тавана испод бетона или OSB плоча и за вентилисане фасаде
EPS H-80	0,038	плоче од EPS са равним или степен.	за фасадни систем Thermomaster
EPS 100	0,036	рубом / 2,5-40cm (2-12cm без наруџбе)	за таване по којима се може ходати и за равне кровове по којима се не хода, у строповама, у додиру са тлом заштићена ХИ
EPS 150	0,035		за изолацију која се може оптеретити за EPS 150 (600kg/m²),
EPS 200	0,033		EPS 200 (750kg/m²), за равне и зелене проходне кровове
EPS-G	0,034	сиве плоче од EPS/ 2-20cm	за изолацију вањских зидова, посебно за изолацију око прозора
<b>Kumal d.o.o.</b>		ГУСТИНА 12-30 kg/m³ стандард производа EN 13163 1/05-ZOG-114 IGH за	Simarog Kumal, Сирач, Хрватска
<b>SIMAPOR EPS</b>			1/05-ZGP-555 за Simarog F Kumal, Брчно, БиХ
Simarog EPS 50	0,042		за изолацију без оптерећења
Simarog EPS 70	0,038		за изолацију подова мањих оптерећења, за косе кровове
Simarog EPS 100	0,036	плоча од EPS / 1-12cm	за изолацију подова и равних кровова, као иступна сендвич панела
Simarog EPS 150	0,036		за изолацију подова и равних кровова већих оптерећења
Simarog EPS 200	0,033		
Simarog EPS F	0,038	плоча од EPS са или без прек./1-12cm	за изолацију у фасадним системима ETICS, чврстоћа на притисак
Simarog λ plus	0,029	графитна плоча од EPS са прек./1-12cm	> 80kPa
<b>EPS LASTRO</b>		ГУСТИНА 13,5-30 kg/m³ стандард производа EN 13163	1476/07-520-1,2,3,4 ZAG Љубљана (EPS-F, EPS-FP)
EPS-F	0,040	плоча од EPS / 1-14cm	RPP2402-6/2006 DIOKJ.d.o.o. Загреб, 5.4-08-30/10 GIT Тузла (EPS-50)
EPS-FP	0,032	плоча од EPS са преклопом / 5-14cm	за изолацију у фасадним системима ETICS, чврстоћа на притисак
EPS-GF	0,042	графитна плоча од EPS / 1-14cm	80kPa
EPS-50	0,040		за изолацију у фасадним системима ETICS
EPS-70	0,040		за изолацију без оптерећења, није за фасаде и пливајуће подове
EPS-100	0,038	плоча од EPS / 1-14cm	за изолацију без оптерећења, испод цријепа, у бродском поду
EPS-120	0,036		за изолацију пливајућих подова, за непроходне равне кровове,
EPS-150	0,035		није за изолацију фасадних зидова
EPS-200	0,032		за изолацију пливајућих подова индустријских хала, проходне
EPS-P	0,033	плоча од EPS са преклопом / 3,4,5,6,8,10,12,14	равне кровове, није за изолацију фасадних зидова
			за изолацију подножја зграде-сопк, за обрнути равни кров,
			за зидове испод коте терена, притисна оптерећења 200kPa

<b>IGM Visoko EPS</b>	ГУСТИНА 12-30 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13163	2009. ГИТ Тузла	за изолацију без оптерећења, за косе кровове
ЕКOPOP 12			за изолацију унутрашњих површина плафона и зидова
ЕКOPOP 15			за изолацију подова и равних кровова, средње оптерећење
ЕКOPOP 20	0,035-0,040	плоча од EPS / 1-10cm	за изолацију подова и равних кровова, веће оптерећење
ЕКOPOP 25		плоча од EPS са преклопом / 5-10cm	за изолацију подова индуст., паркиралишта, равних кровова
ЕКOPOP 30			за изолацију у фасадним системима ETICS
ЕКOPOP F			5,4-97-02/12 за EPS-100 GИТ Тузла
<b>HALKO d.o.o Cazin</b>	ГУСТИНА 12-30 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13163		за изолацију у фасадним системима ETICS
HALKOTHERM EPS-F	0,031		за изолацију подова без оптерећења, за косе кровове
HALKOTHERM EPS-70	0,041	плоча од EPS / 1-10cm	за изолацију подова мањих оптерећења, за косе кровове
HALKOTHERM EPS-100	0,033 (5cm)	плоча од EPS са преклопом / 5-10cm	за изолацију подова и равних кровова, веће оптерећење
HALKOTHERM EPS-150	0,036		
<b>URSA XPS</b>	ГУСТИНА 25-50 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13164		Z-23, 15-1516, EPD-FPX-2010111-D
URSA XPS N-III-I		глатке плоче од XPS са равним рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14	за изолацију конструкција које су изложене високом оптерећењу и влажности, посебно за подножје-сокл зграде, испод темељне плоче, испод хидроизолације равног крова, испод носиве међустратне конструкције, за изолацију подова испод естриха
URSA XPS N-III-L	0,035 (d≤6cm)	рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14	
URSA XPS N-III-PZ-I	0,040 (d>6cm)	структурирана плоча од XPS са равним рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14	
URSA XPS N-III-PZ-L		структурирана плоча од XPS са степенастим рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14	
URSA XPS N-V-L		глатке плоче од XPS са степенастим рубом / 4,5,6,8,10,12,14	изолација подрумских зидова и подова у случају подземних вода, равни кровови, паркиралишта, индустријски подови
URSA XPS N-W-I	0,034	храпаве плоче од XPS са равним рубом / 2	изолација топлотних мостова и сокла, за подове са горње стране испод естриха средњег оптерећења, унутрашњи зидови
<b>ISOVER XPS</b>	ГУСТИНА 20-50 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13164		
STYRODUR 2500 C		глатке плоче од XPS са равним рубом / 2,3,4,5,6	за изолацију конструкција које су изложене оптерећењу 150-200kPa и влажности, посебно за подножје-сокл зграде, за терасе, за сендвич панеле, испод пливајућих глазура
STYRODUR 2800 C		храпаве плоче од XPS са равним рубом / 2,3,4,5,6,8,10,12	за изолацију конструкција које су изложене оптерећењу 200-300kPa и влажности, посебно за подножје-сокл зграде, за темеље, конзолне плоче
STYRODUR 3035 CS	0,030 (2cm) 0,031 (3cm) 0,032 (4cm) 0,033 (5cm)	глатке плоче од XPS са степенастим рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14,16,18	за изолацију конструкција које су изложене оптерећењу 300kPa и влажности, за подножје-сокл зграде, испод естриха, за терасе, зелене кровове, кровне вртове
STYRODUR 3035 CN	0,034 (6cm) 0,035 (8cm) 0,037 (10cm)	глатке плоче од XPS са рубом на перо и утор / 3,4,5,6,8,10	за изолацију конструкција које су изложене оптерећењу 250kPa и влажности, за паркиралишта, за терасе, зелене кровове, кровне вртове, по ободу зграде

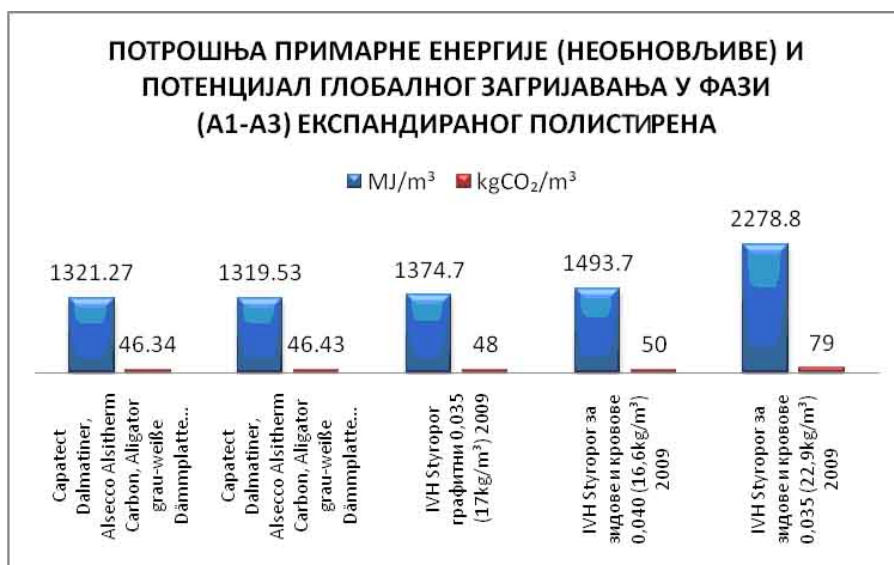
<b>STYRODUR 4000 CS</b>	0,038 (12cm) 0,038 (14cm) 0,038 (16cm) 0,040 (18cm)	глатке плоче од XPS са степенастим рубом / 3,4,5,6,8,10,12	за изолацију конструкција које су изложене оптерећењу 500kPa и влажности, за индустријске подове, за кровне терасе зелене кровове, кровне вртове, стазе од умјетног леда, по ободу зграде на великим дубинама испод које терена
<b>STYRODUR 5000 CS</b>		глатке плоче од XPS са степенастим рубом / 3,4,5,6,8	за изолацију конструкција које су изложене оптерећењу 700kPa и влажности, за индустријске подове, за кровне терасе зелене кровове, кровне вртове, стазе од умјетног леда, по ободу зграде на великим дубинама испод које терена
<b>KNAUF XPS</b>	ГУСТИНА 30 kg/m <sup>3</sup>	стандард производа EN 13164	0672-CPD-I 13.10.113
Polyfoam C-350 LJ		глатке плоче од XPS са степенастим рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14	за изолацију подова и конструкција које су изложене високом оптерећењу и влажности
Polyfoam C-300 SE	0,033 (2-4cm)	глатке плоче од XPS са равним рубом / 2,3,4,5,6,8,10,12	
Polyfoam ULTRAGRIP LJ	0,035 (5-6cm)	ребрасте плоче од XPS са степен. рубом / 3,4,5,6,8,10,12,14	за изолацију подова и конструкција које су изложене високом оптерећењу и влажности, посебно за подножје-сокл зграде
Polyfoam ULTRAGRIP SE	0,037 (8-12cm)	ребрасте плоче од XPS са равним рубом / 2,3,4,5,6,8,10,12	
<b>AUSTROTHERM XPS</b>	ГУСТИНА 30-40 kg/m <sup>3</sup>	стандард производа EN 13164	
AUSTROTHERM XPS 30	0,032 (2-6cm) 0,037 (7-12cm) 0,039 (13-20cm)	глатка плоча од XPS са равним/ и степенастим рубом / 2-20сп	изнад и испод темељне плоче, индустријски и влажни подови подрумски зид споља и унутра, сендвич зид и све врсте равних и косих кровова унутра и споља
AUSTROTHERM XPS 30-P	0,037 (2-8cm) 0,039 (9-10cm) 0,042 (11-18cm)	храпава плоча од XPS са равним и степенастим рубом / 2-20сп	унутрашња страна зида, подручје око темеља, ободни зидови сокл и топлотни мостови
AUSTROTHERM XPS 50	0,035 (3-14cm) 0,037 (15-20cm)	глатка плоча од XPS са равним/ и степенастим рубом / 3-20сп	изолација већих оптерећења кровно паркиралиште, зелени кровови, равне терасе, облагање споља подрумских зидова
AUSTROTHERM XPS 70	0,035 (5-8cm) 0,037 (9-10cm) 0,039 (11-12cm)	глатка плоча од XPS са равним/ и степенастим рубом / 5-12сп	индустријски подови и влажне просторије
<b>FRAGMAT Izolirka XPS</b>	ГУСТИНА 30 kg/m <sup>3</sup>	стандард производа EN 13164	
XPS 200-300kPa		плоче од XPS са равним рубом/ 2-10 и степенастим/3,4,5,6,8,10	за изолацију подова и испод темељне плоче, за зидове испод нивоа терена и за равне кровове
XPS 250-300kPa		храпава плоче од XPS са равним/ 2-10 и степенастим рубом/ 3,4,5,6,8,10	за изолацију зидова, подножја-сокла и за спречавање топлотних мостова
XPS 300kPa		плоче од XPS са степенастим рубом/ 3,4,5,6,8,10	за изолацију подова с већим оптерећењима, гаража и равних кровова

<b>ISOMASTER XPS</b>	ГУСТИНА 30-40 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13164	за изолацију подножја-сокла зграде и за топлотне мостове
XPS SVR	0,032 (±3cm) 0,034 (4-6cm) 0,036 (>6cm)	хрпава плоча од XPS жуге боје/ 2,4,5,6,8,10,12
<b>FIBRAN NORD XPS</b>	ГУСТИНА 30-40 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13164	ZAG Лубљана, FIV Минхен
FIBRAN xps 300-L	0,033 (±3cm) 0,036 (4-5cm) 0,038 (≥6cm)	плоче од XPS са степенастим рубом/ 5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20
FIBRAN xps 400-L	0,038	плоче од XPS са степенастим рубом/ 10,12,14,16
FIBRAN xps 500-L	0,038	плоче од XPS са степенастим рубом/ 5-16cm
FIBRAN xps ETICS GF	0,033 (±3cm) 0,036 (4-5cm) 0,038 (≥6cm)	плоче од XPS/2-20cm за изолацију фасада, сокла и серклажа
<b>KNAUF дрвена вуна</b>	ГУСТИНА 200 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13171	
Tektalan HS	дрво 5mm 0,110 минер. вуна 0,044	трослојна плоча од дрвене вуне са језгром од минер. вуне / 5, 7, 5, 10
Heraklith C	0,090	дрвена вуна са цем./ 2,5, 3,5, 5, 7, 5, 10
Heratekta C3	дрво 5mm 0,110 EPS 0,040	трослојна плоча од дрвене вуне са EPS језгром/2,5, 3,5, 5, 7, 5, 10
<b>STO дрвена влакна</b>	ГУСТИНА 110-190 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13171	изолација међустратних конструкција и гаража, спољашњих зидова, таваница изнад негрјаних прос., као заробљена оплата
Sto-Weichfaserplatte M	0,042	2,4,6,8,10,12,14,16
Sto-Mineralwolle	0,040	користи се у фасадном систему STO Therm Wood
Dämmplatte (Heraklith)		користи се у фасадном систему STO Therm Mineral
<b>WOODWOOL</b>	ГУСТИНА 180-240 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13171	
WOODWOOL C	0,074	дрвена вуна са цем./ 2,5, 3,5, 5
WOODWOOL EPS	дрво 5mm 0,110 EPS 0,040	трослојна плоча од дрвене вуне са EPS језгром/2,5, 3,5, 5, 7, 5, 10
WOODWOOL ROCK	дрво 5mm 0,110 минер. вуна 0,044	трослојна плоча од дрвене вуне са језгром од минер. вуне / 5, 7, 5, 10
<b>KRIVAJA ТКМ</b>	ГУСТИНА 395 kg/m <sup>3</sup> стандард производа EN 13171	5,4-08-108/10 GIT Тузла
HERAKLIT	0,059 (5cm)	плоче од дрвених влакана са цемент/ 1,5-10cm (2,5, 3, 4, 5, 7,5 стандардно)
SENDVIČ (КОМБИ) ПЛОЌА	0,045(5cm)	двослојна и трослојна плоча од EPS и хераклита / 1,5-10cm изолација међустратних конструкција и гаража, спољашњих зидова, таваница изнад негрјаних прос., као заробљена оплата

## ПРИЛОГ Ж

Потрошња примарне енергије и потенцијал глобалног загријавања при производњи топлотно изолационих материјала разних произвођача на подручју Европске уније

У производњи модификованог графитног експандираног полистирена из декларације из 2011. године, сви произвођачи имају идентичне параметре и са мањом специфичном тежином мања је потрошња примарне енергије, најчешће испитан је материјал тежине  $15,5\text{kg/m}^3$ , који има утрошак необновљиве примарне енергије за прву фазу од ископавања сировине до производње је око  $1320\text{MJ/m}^3$  (око  $46\text{kgCO}_2/\text{m}^3$ ), а за  $18,5\text{kg/m}^3$  утрошак је већи за око 15% (Графикон Ж1.).



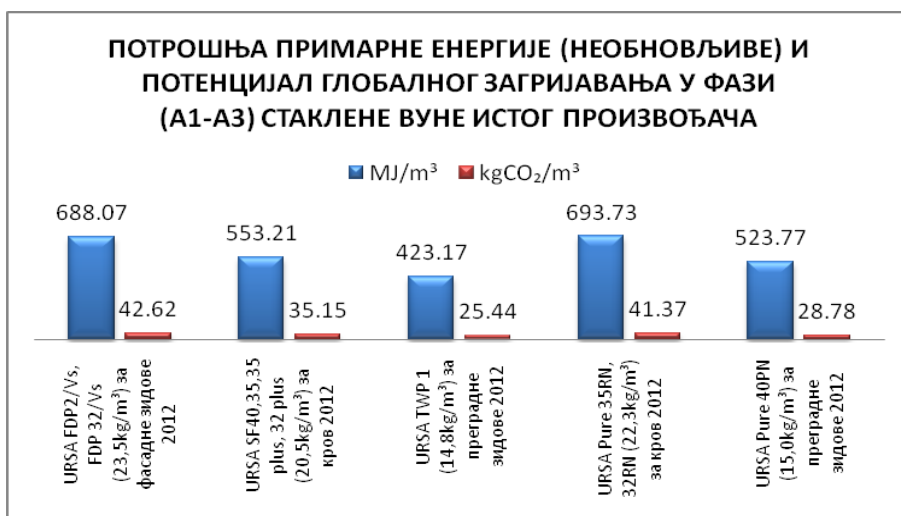
Графикон Ж1. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи експандираног полистирена у Њемачкој према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Утрошак примарне необновљиве енергије и потенцијал глобалног загријавања, према подацима из 2009. године, у производњи графитног експандираног полистирена специфичне тежине  $17\text{kg/m}^3$  и коефицијента топлотне проводљивости  $0,035\text{W/mK}$  нижи је за око 40% од производње обичног експандираног полистирена ( $22,9\text{kg/m}^3$ ), такође истог коефицијента топлотне проводљивости од  $0,035\text{W/mK}$ .

За остале произвођаче изолационих материјала у зависности од форме производа и такође специфичне тежине немогуће је извести упоређивање, него извести рангирање декларисаних материјала унутар самог произвођача.

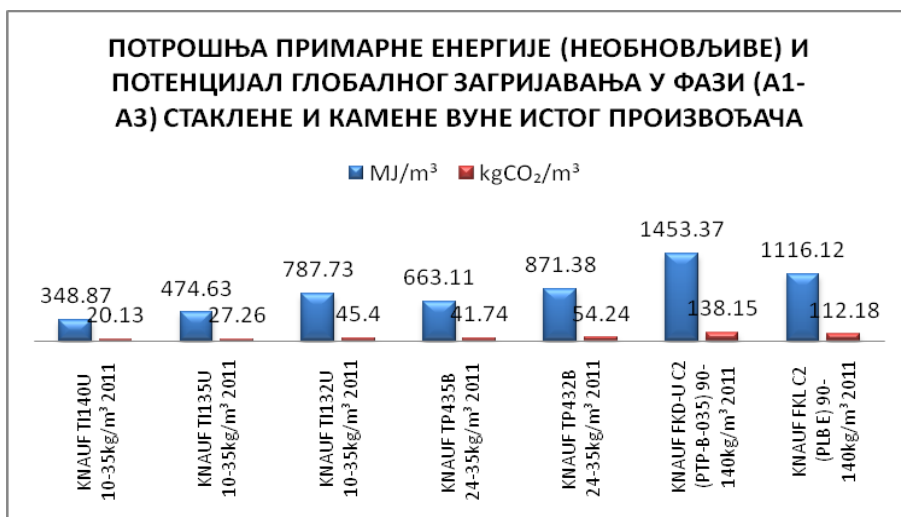
Од произвођача URSA стаклена вуна каширана црним стакленим воалом за вентилисане фасаде према подацима из 2012. године, са специфичном тежином од  $23,5\text{kg/m}^3$  има утрошак необновљиве примарне енергије око  $688\text{MJ/m}^3$  (око  $42,6\text{kgCO}_2/\text{m}^3$ ), за кровове са спец. тежином од  $20,5\text{kg/m}^3$  има утрошак необновљиве примарне енергије нижи за око 19,5% (потенцијал глобалног загријавања за око 17,5%), док за лаке преградне зидове са  $14,8\text{kg/m}^3$  има утрошак необновљиве примарне енергије нижи за око 23,5% од стаклене вуне за кровове (потенцијал глобалног загријавања нижи за око 17,5%) - Графикон Ж2.





Графикон Ж2. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи стаклене вуне URSA из Њемачке према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Камена вуна произвођача KNAUF каширана црним стакленим воалом за вентилисане фасаде према подацима из 2011. године, недефинисане тачне специфичне тежине (наведен распон од 24-35kg/m<sup>3</sup>), него одређеног коефицијента топлотне проводљивости од 0,035 W/mK има утрошак необновљиве примарне енергије око 663 MJ/m<sup>3</sup> (око 41,7 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), док исти материјал коефицијента топлотне проводљивости 0,032 W/mK има утрошак необновљиве примарне енергије виши за око 24% (потенцијал глобалног загријавања за око 23%) - Графикон Ж3.

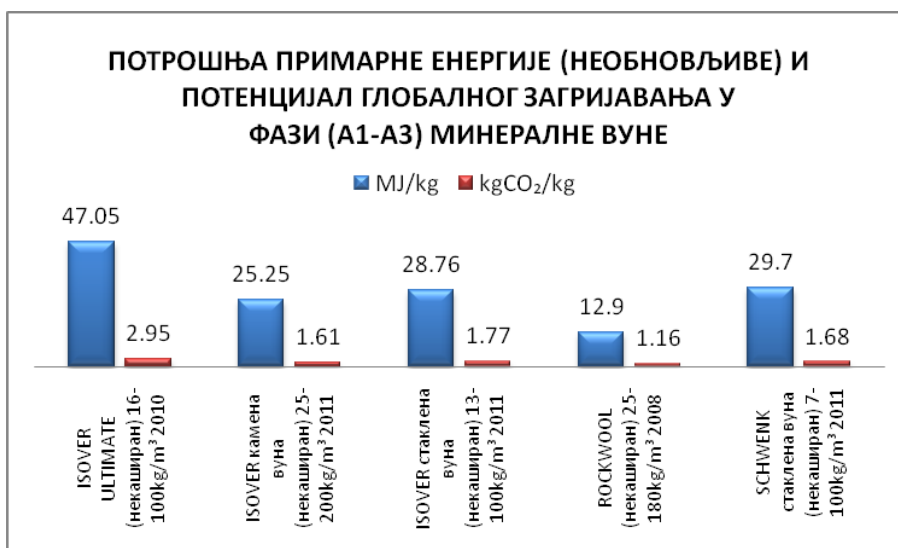


Графикон Ж3. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи стаклене и камене вуне KNAUF-а из Њемачке према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Камена вуна истог произвођача у ролни (некаширана) предвиђена за косе кровове и полагање на плочу поткровља коефицијента топлотне проводљивости 0,032 W/mK има утрошак необновљиве примарне енергије око 787,7 MJ/m<sup>3</sup> (око 45,4 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), док је са нижим коефицијентом топлотне проводљивости нижа и

потрошња (за 0,035 за око 40%, а за 0,040 за 56%). Највише примарне необновљиве енергије утроши се за производњу камене вуне (0,035W/mK) за невентилисане фасадне системе (контактне фасаде) око 1453,37 MJ/m<sup>3</sup> (138,15 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), док са управним влакнима (0,040W/mK) је 1116,12 MJ/m<sup>3</sup> (112,18 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).

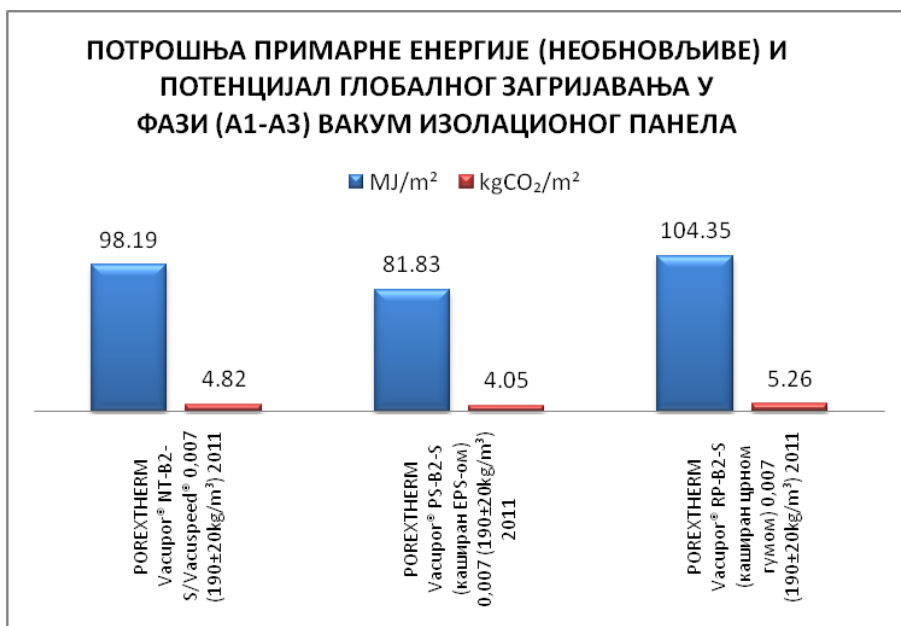
Поједини произвођачи минералне вуне (стаклене и камене) су декларисали материјал према 1kg, такође недефинисаних специфичних тежина, те у зависности од производа и учествовању сировина при производњи стаклене вуне истог произвођача (ISOVER) има утрошак необновљиве примарне енергије око 28,76 MJ/kg (око 1,77 kgCO<sub>2</sub>/kg), док стаклена вуна од других сировина под називом ULTIMATE има за око 40% вишу необновљиву примарну енергију и потенцијал глобалног загријавања, док камена вуна истог произвођача има нижу потрошњу необновљиве примарне енергије за 12% од уобичајене стаклене вуне (потенцијал глобалног загријавања за око 9%) - Графикон Ж4.



Графикон Ж4. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи стаклене и камене вуне (некаширане) у Њемачкој према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

Наведени параметри из 2011. године уобичајене стаклене вуне произвођача ISOVER одговарају параметрима, такође из 2011. године, стаклене вуне произвођача SCHWENK, док камена вуна произвођача ROCKWOOL према подацима из 2008. године има скоро дупло нижу потрошњу примарне необновљиве енергије (за 49%) од камене вуне произвођача ISOVER, док је потенцијал глобалног загријавања нижи за 28%.

Нови материјали као што је вакуум изолациони панел, чији је коефицијент топлотне проводљивости има најнижу вриједност међу свим изолационим материјалима (0,004-0,008), декларисана вриједност код произвођача Rextherm је 0,007. У производњи овог материјала који се јавља у три облика: некаширан, каширан експандираним полистиреном и црном гумом, утроши се најмање примарне енергије (необновљиве) и најмањи је потенцијал глобалног загријавања при производњи вакуум панела кашираног EPS-ом (Графикон Ж5.).



Графикон Ж5. Упоредни приказ потрошње примарне енергије и потенцијала глобалног загријавања при производњи вакуум изолационог панела POREX THERM-а из Њемачке према декларацијама EPD-а IBU института из Њемачке

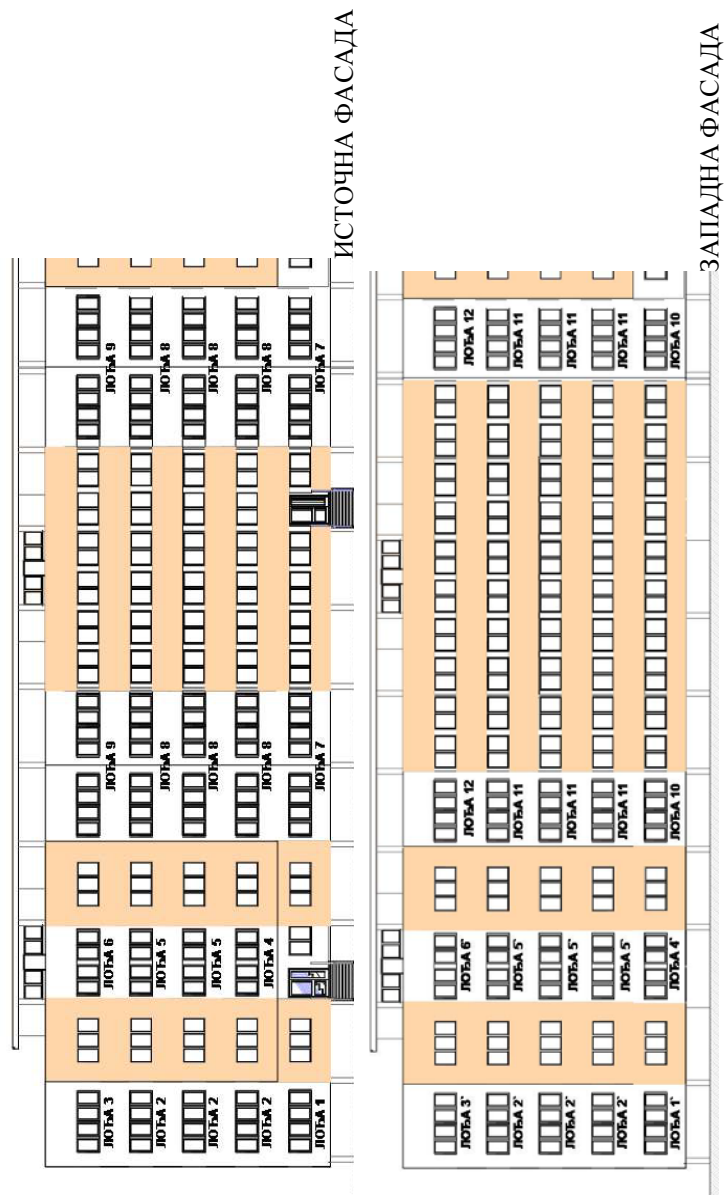
Интересантно је да не постоје подаци о утицају на животну средину транспарентне изолације, материјала који такође спада у „иновативне“, као што су модификовани графитни експандирани полистирен и вакуум изолациони панел.

### ПРИЛОГ 3

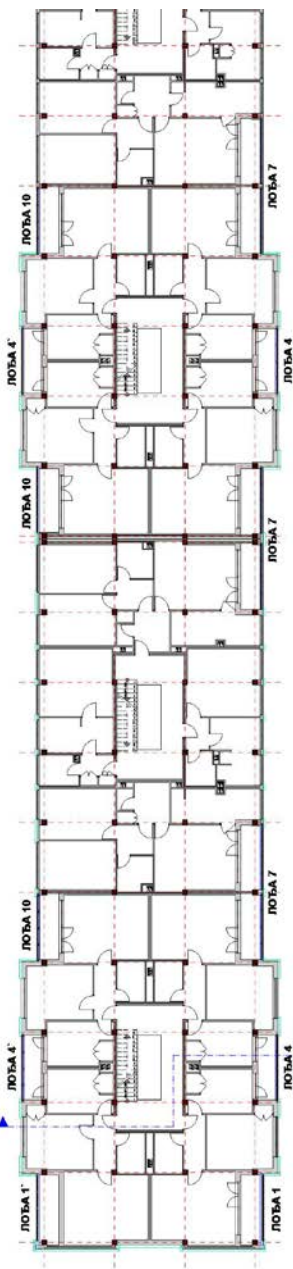
Приказ прорачуна потрошње енергије за гријање прије и након мјера застакљивања лођа код Узорка 2

ДОЗРАЧЕНА КОЛИЧИНА ТОПЛОТЕ И ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА - БАЊАЛУКА										
Gv (просјечна дозраченост сунчеве енергије на вертикалну површину) према METEONORM-у										
Оријентација / зимски (гријни период)										
И (исток)	69	37	30	45	59	85	107			W/m <sup>2</sup>
З (запад)	74	42	40	45	61	86	112			W/m <sup>2</sup>
Tsr (просјечна температура спољашњег вазуха) према РХМЗРС	11,9	7,3	2,2	1,1	3	7,4	12,1			°C
	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25			K

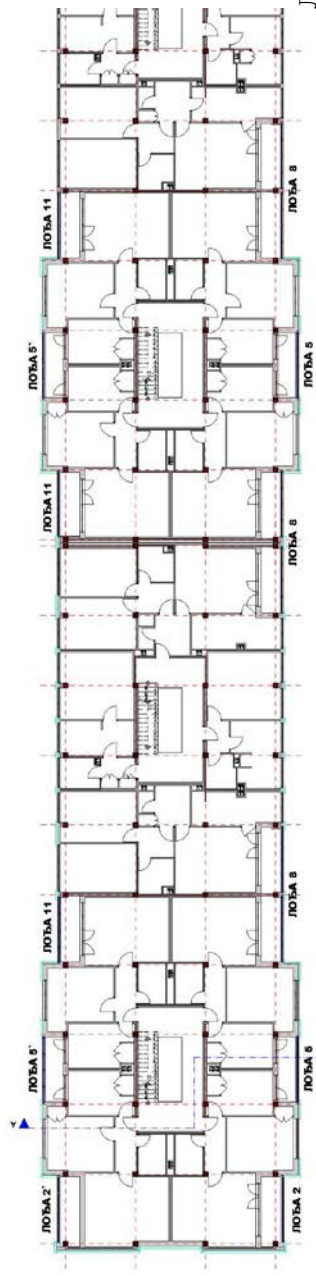
### РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛ ОБНОВЕ УЗОРКА 2



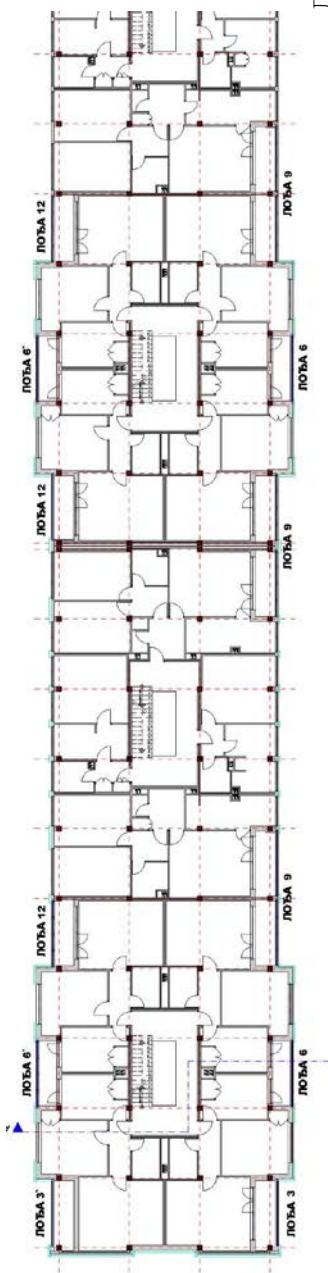
ДЕФИНИСАЊЕ ВРСТА ЛОЂА ПРЕМА ПОЗИЦИЈИ НА ЕТАЖИ/ КАРАКТЕРИСТИЧАН ОМОТАЧ ОКО ЛОЂЕ И ЗАПРЕМИНА



ЛОЂЕ – ЗИДОВИ И ПОД



ЛОЂЕ - ЗИДОВИ



ЛОЂЕ – ЗИДОВИ И КРОВ

РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛ ОБНОВЕ - ЗАСТАКЪНЕ ЛОЃА - УЗОРКА 2

		г - коефицијент	
	И	З	
<b>Лођа 1</b>			
спољашњи омотач			
A1	5,46	U1	0,3 A1*U1
A2	3,36	U2	0,3 A2*U2
A3	5,46	U3	1,55 A3*U3
A4	4,68	U4	0,3 A4*U4
			<b>12,513</b>
		0,42	0,35
<b>Лођа 2</b>			
спољашњи омотач			
A1	5,46	U1	0,3 A1*U1
A2	3,36	U2	0,3 A2*U2
A3	5,46	U3	1,55 A3*U3
A4		U4	A4*U4
			<b>11,109</b>
		0,42	0,35
<b>Лођа 3</b>			
спољашњи омотач			
A1	5,46	U1	0,3 A1*U1
A2	3,36	U2	0,3 A2*U2
A3	5,46	U3	1,55 A3*U3
A4	4,68	U4	0,2 A4*U4
			<b>12,045</b>
		0,42	0,35
<b>Лођа 4</b>			
спољашњи омотач			
A1	5,46	U1	0,3 A1*U1
A2		U2	A2*U2
A3	5,46	U3	1,55 A3*U3
A4	4,095	U4	0,3 A4*U4
			<b>11,3295</b>
		0,42	0,35

A1	Ложа 5	сполгашњи омотач	1,638 зид	0,42	0,35
A2	U1	0,3 A1*U1	0 зид		
A3	U2	A2*U2	8,463 прозор		
A4	U3	1,55 A3*U3	0		
	U4	A4*U4	<b>10,101</b>		
A1	Ложа 6	сполгашњи омотач	1,638 зид	0,42	0,35
A2	U1	0,3 A1*U1	0 зид		
A3	U2	A2*U2	8,463 прозор		
A4	U3	1,55 A3*U3	0,819 кров		
	U4	0,2 A4*U4	<b>10,92</b>		
A1	Ложа 7	сполгашњи омотач	3,276 зид	0,42	0,35
A2	U1	0,3 A1*U1	0 зид		
A3	U2	A2*U2	16,926 прозор		
A4	U3	1,55 A3*U3	2,808 под		
	U4	0,3 A4*U4	<b>23,01</b>		
A1	Ложа 8	сполгашњи омотач	3,276 зид	0,42	0,35
A2	U1	0,3 A1*U1	0 зид		
A3	U2	A2*U2	16,926 прозор		
A4	U3	1,55 A3*U3	0		
	U4	A4*U4	<b>20,202</b>		
A1	Ложа 9	сполгашњи омотач	3,276 зид	0,42	0,35
A2	U1	0,3 A1*U1	0 зид		
A3	U2	A2*U2	16,926 прозор		
A4	U3	1,55 A3*U3	1,872 кров		
	U4	0,2 A4*U4	<b>22,074</b>		

	А1	А2	А3	А4	У1	У2	У3	У4	спольгашны омотач			
Лоўга 10	5,46	0,3	1,55	0,3	1,638	0	8,463	1,404	зид	0,42	0,35	11,505
	U1	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
	U2	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
	U3	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
	U4	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
Лоўга 11	5,46	0,3	1,55	0,3	1,638	0	8,463	0	зид	0,42	0,35	10,101
	U1	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
	U2	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
	U3	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
	U4	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	прозор			
Лоўга 12	5,46	0,3	1,55	0,2	1,638	0	8,463	0,936	зид	0,42	0,35	11,037
	U1	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	зид			
	U2	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	зид			
	U3	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	зид			
	U4	A1*U1	A2*U2	A3*U3	A4*U4	0 зид	0 зид	0 зид	зид			



A1	Лођа 1	унутрашњи омотач				
A2	4,87	U1	1,22	A1*U1	5,9414	зид
A3	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462	прозор
A4	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718	балконска врата
	3,36	U4	1,22	A4*U4	4,0992	
					<b>28,7048</b>	
A1	Лођа 2	унутрашњи омотач				
A2	4,87	U1	1,22	A1*U1	5,9414	зид
A3	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462	прозор
A4	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718	балконска врата
	3,36	U4	1,22	A4*U4	4,0992	
					<b>28,7048</b>	
A1	Лођа 3	унутрашњи омотач				
A2	4,87	U1	1,22	A1*U1	5,9414	зид
A3	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462	прозор
A4	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718	балконска врата
	3,36	U4	1,22	A4*U4	4,0992	
					<b>28,7048</b>	
A1	Лођа 4	унутрашњи омотач				
A2	5,08	U1	1,22	A1*U1	6,1976	зид
A3	2,03	U2	2,98	A2*U2	6,0494	прозор
A4	3,81	U3	3,04	A3*U3	11,5824	балконска врата
	5,88	U4	1,22	A4*U4	7,1736	
					<b>31,003</b>	

A1	5,08	Loжа 5	унутрашњи омотач	зид	6,1976
A2	2,03	U1	1,22	прозор	6,0494
A3	3,81	U2	2,98	балконска врата	11,5824
A4	5,88	U3	3,04		7,1736
		U4	1,22		<b>31,003</b>
A1	5,08	Loжа 6	унутрашњи омотач	зид	6,1976
A2	2,03	U1	1,22	прозор	6,0494
A3	3,81	U2	2,98	балконска врата	11,5824
A4	5,88	U3	3,04		7,1736
		U4	1,22		<b>31,003</b>
A1	9,74	Loжа 7	унутрашњи омотач	зид	11,8828
A2	4,54	U1	1,22	прозор	13,8924
A3	7,56	U2	3,06	балконска врата	23,436
A4	6,72	U3	3,1		8,1984
		U4	1,22		<b>57,4096</b>
A1	9,74	Loжа 8	унутрашњи омотач	зид	11,8828
A2	4,54	U1	1,22	прозор	13,8924
A3	7,56	U2	3,06	балконска врата	23,436
A4	6,72	U3	3,1		8,1984
		U4	1,22		<b>57,4096</b>
A1	9,74	Loжа 9	унутрашњи омотач	зид	11,8828
A2	4,54	U1	1,22	прозор	13,8924
A3	7,56	U2	3,06	балконска врата	23,436
A4	6,72	U3	3,1		8,1984
		U4	1,22		<b>57,4096</b>

Лођа 10		унутрашњи омотач			
A1	4,87	U1	1,22	A1*U1	5,9414
A2	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462
A3	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718
A4	6,72	U4	1,22	A4*U4	8,1984
					<b>32,804</b>
					зид
					прозор
					балконска врата

Лођа 11		унутрашњи омотач			
A1	4,87	U1	1,22	A1*U1	5,9414
A2	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462
A3	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718
A4	6,72	U4	1,22	A4*U4	8,1984
					<b>32,804</b>
					зид
					прозор
					балконска врата

Лођа 12		унутрашњи омотач			
A1	4,87	U1	1,22	A1*U1	5,9414
A2	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462
A3	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718
A4	6,72	U4	1,22	A4*U4	8,1984
					<b>32,804</b>
					зид
					прозор
					балконска врата



Лођа 5		постојеће стање омотача	
A1	5,08	U1	1,366
A2	2,03	U2	2,98
A3	3,81	U3	3,04
A4	5,88	U4	1,366
			<b>32,60316</b>

зид  
прозор  
балконска врата

0,23  
0,19  
0,17  
0,17

Лођа 6		постојеће стање омотача	
A1	5,08	U1	1,366
A2	2,03	U2	2,98
A3	3,81	U3	3,04
A4	5,88	U4	1,366
			<b>32,60316</b>

зид  
прозор  
балконска врата

0,23  
0,19  
0,17  
0,17

Лођа 7		постојеће стање омотача	
A1	9,74	U1	1,366
A2	4,54	U2	3,06
A3	7,56	U3	3,1
A4	6,72	U4	1,366
			<b>59,81276</b>

зид  
прозор  
балконска врата

0,23  
0,19  
0,17  
0,17

Лођа 8		постојеће стање омотача	
A1	9,74	U1	1,366
A2	4,54	U2	3,06
A3	7,56	U3	3,1
A4	6,72	U4	1,366
			<b>59,81276</b>

зид  
прозор  
балконска врата

0,23  
0,19  
0,17  
0,17

Лођа 9		постојеће стање омотача	
A1	9,74	U1	1,366
A2	4,54	U2	3,06
A3	7,56	U3	3,1
A4	6,72	U4	1,366
			<b>59,81276</b>

зид  
прозор  
балконска врата

0,23  
0,19  
0,17  
0,17

	Лођа 10	постојеће	стање	омотача			
A1	4,87	U1	1,366	A1*U1	6,65242	зид	
A2	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462	прозор	0,21
A3	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718	балконска врата	0,22
A4	6,72	U4	1,366	A4*U4	9,17952		0,17
					<b>34,49614</b>		

	Лођа 11	постојеће	стање	омотача			
A1	4,87	U1	1,366	A1*U1	6,65242	зид	
A2	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462	прозор	0,21
A3	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718	балконска врата	0,22
A4	6,72	U4	1,366	A4*U4	9,17952		0,17
					<b>34,49614</b>		

	Лођа 12	постојеће	стање	омотача			
A1	4,87	U1	1,366	A1*U1	6,65242	зид	
A2	2,27	U2	3,06	A2*U2	6,9462	прозор	0,21
A3	3,78	U3	3,1	A3*U3	11,718	балконска врата	0,22
A4	6,72	U4	1,366	A4*U4	9,17952		0,17
					<b>34,49614</b>		

ДОЗРАЧЕНА КОЛИЧИНА ТОПЛОТЕ након мјера

	ОР.	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	ДОЗРАЧЕНА КОЛИЧИНА ТОПЛОТЕ прије мјера						
									Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]
лођа 1	И	158	85	69	103	135	195	245	90	48	39	59	77	111	140
лођа 1'	З	141	80	76	86	117	164	214	76	43	41	46	63	88	115
лођа 2	И	158	85	69	103	135	195	245	90	48	39	59	77	111	140
лођа 2'	З	141	80	76	86	117	164	214	76	43	41	46	63	88	115
лођа 3	И	158	85	69	103	135	195	245	90	48	39	59	77	111	140
лођа 3'	З	141	80	76	86	117	164	214	76	43	41	46	63	88	115
лођа 4	И	158	85	69	103	135	195	245	82	44	36	54	70	101	127
лођа 4'	З	141	80	76	86	117	164	214	73	42	40	45	61	85	111
лођа 5	И	158	85	69	103	135	195	245	82	44	36	54	70	101	127
лођа 5'	З	141	80	76	86	117	164	214	73	42	40	45	61	85	111
лођа 6	И	158	85	69	103	135	195	245	82	44	36	54	70	101	127
лођа 6'	З	141	80	76	86	117	164	214	73	42	40	45	61	85	111
лођа 7	И	316	170	138	206	271	390	491	171	92	74	112	146	211	265
лођа 8	И	316	170	138	206	271	390	491	171	92	74	112	146	211	265
лођа 9	И	316	170	138	206	271	390	491	171	92	74	112	146	211	265
лођа 10	З	170	96	92	103	140	197	257	76	43	41	46	63	88	115
лођа 11	З	170	96	92	103	140	197	257	76	43	41	46	63	88	115
лођа 12	З	170	96	92	103	140	197	257	76	43	41	46	63	88	115

ДОЗРАЧЕНА КОЛИЧИНА ТОПЛОТЕ прије мјера

	ОР.	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	ДОЗРАЧЕНА КОЛИЧИНА ТОПЛОТЕ након мјера						
									Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]	Qz [W]
лођа 1	И	158	85	69	103	135	195	245	90	48	39	59	77	111	140
лођа 1'	З	141	80	76	86	117	164	214	76	43	41	46	63	88	115
лођа 2	И	158	85	69	103	135	195	245	90	48	39	59	77	111	140
лођа 2'	З	141	80	76	86	117	164	214	76	43	41	46	63	88	115
лођа 3	И	158	85	69	103	135	195	245	90	48	39	59	77	111	140
лођа 3'	З	141	80	76	86	117	164	214	76	43	41	46	63	88	115
лођа 4	И	158	85	69	103	135	195	245	82	44	36	54	70	101	127
лођа 4'	З	141	80	76	86	117	164	214	73	42	40	45	61	85	111
лођа 5	И	158	85	69	103	135	195	245	82	44	36	54	70	101	127
лођа 5'	З	141	80	76	86	117	164	214	73	42	40	45	61	85	111
лођа 6	И	158	85	69	103	135	195	245	82	44	36	54	70	101	127
лођа 6'	З	141	80	76	86	117	164	214	73	42	40	45	61	85	111
лођа 7	И	316	170	138	206	271	390	491	171	92	74	112	146	211	265
лођа 8	И	316	170	138	206	271	390	491	171	92	74	112	146	211	265
лођа 9	И	316	170	138	206	271	390	491	171	92	74	112	146	211	265
лођа 10	З	170	96	92	103	140	197	257	76	43	41	46	63	88	115
лођа 11	З	170	96	92	103	140	197	257	76	43	41	46	63	88	115
лођа 12	З	170	96	92	103	140	197	257	76	43	41	46	63	88	115

		T <sub>s</sub> средње мјесечне температуре											
ОР.	ΣΔI*Uj <sup>s</sup> [W/K]	ΣΔI*Uj <sup>u</sup> [W/K]	ΣΔI*κj <sup>u</sup> <sub>p</sub> [W/K]	T <sub>u</sub> [K]	T <sub>u</sub> [°C]	ОКТ [K]	НОВ [K]	ДЕЦ [K]	ЈАН [K]	ФЕБ [K]	МАРТ [K]	АПР [K]	
лођа 1	И	12,51	28,70	29,91	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 1'	3	12,51	28,70	29,91	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 2	И	11,11	28,70	29,91	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 2'	3	11,11	28,70	29,91	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 3	И	12,05	28,70	29,91	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 3'	3	12,05	28,70	29,91	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 4	И	11,33	31,00	32,60	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 4'	3	11,33	31,00	32,60	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 5	И	10,10	31,00	32,60	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 5'	3	10,10	31,00	32,60	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 6	И	10,92	31,00	32,60	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 6'	3	10,92	31,00	32,60	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 7	И	23,01	57,41	59,81	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 8	И	20,20	57,41	59,81	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 9	И	22,07	57,41	59,81	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 10	3	11,51	32,80	34,50	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 11	3	10,10	32,80	34,50	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25
лођа 12	3	11,04	32,80	34,50	293,15	20,00	285,05	280,45	275,35	274,25	276,15	280,55	285,25



		T <sub>L</sub> температура лође											
ОР.	ΣΔI*U <sup>с</sup> [W/K]	ΣΔI*U <sup>у</sup> [W/K]	ΣΔI*U <sup>р</sup> [W/K]	T <sub>u</sub> [K]	T <sub>u</sub> [°C]	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	
						[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	
лођа 1 И	12,51	28,70	29,91	293,15	20,00	21,38	18,20	16,27	16,77	18,12	20,90	23,55	
лођа 1' З	12,51	28,70	29,91	293,15	20,00	20,97	18,09	16,45	16,35	17,67	20,16	22,79	
лођа 2 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,71	18,59	16,76	17,32	18,65	21,38	23,96	
лођа 2' З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,29	18,47	16,95	16,89	18,18	20,61	23,17	
лођа 3 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,49	18,33	16,43	16,95	18,30	21,06	23,69	
лођа 3' З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,08	18,22	16,61	16,52	17,84	20,31	22,92	
лођа 4 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,57	18,61	16,86	17,38	18,65	21,23	23,68	
лођа 4' З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,17	18,50	17,04	16,97	18,20	20,51	22,94	
лођа 5 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,86	18,94	17,30	17,87	19,11	21,65	24,03	
лођа 5' З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,45	18,83	17,49	17,45	18,66	20,90	23,27	
лођа 6 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,66	18,72	17,00	17,54	18,80	21,37	23,80	
лођа 6' З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,26	18,61	17,19	17,13	18,35	20,64	23,05	
лођа 7 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,62	18,48	16,62	17,16	18,50	21,24	23,84	
лођа 8 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,97	18,88	17,14	17,74	19,06	21,74	24,27	
лођа 9 И	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,73	18,61	16,79	17,35	18,68	21,41	23,98	
лођа 10 З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,73	18,88	17,45	17,42	18,74	21,18	23,75	
лођа 11 З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	22,05	19,25	17,95	17,96	19,26	21,63	24,13	
лођа 12 З	0,00	0,00	0,00	293,15	20,00	21,83	19,00	17,61	17,60	18,91	21,33	23,87	

P <sub>p</sub> потребна снага прије мјера											P <sub>L</sub> потребна снага након мјера										
ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР								
[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]								
151,97	289,54	442,06	474,96	418,14	286,55	145,99	-17,27	22,49	46,73	40,47	23,50	-11,31	-44,48								
166,13	303,70	456,22	489,12	432,30	300,71	160,15	-12,16	23,88	44,41	45,69	29,19	-2,03	-34,97								
151,97	289,54	442,06	474,96	418,14	286,55	145,99	-19,04	15,69	35,98	29,79	14,94	-15,33	-43,98								
166,13	303,70	456,22	489,12	432,30	300,71	160,15	-14,35	16,97	33,85	34,59	20,17	-6,80	-35,23								
151,97	289,54	442,06	474,96	418,14	286,55	145,99	-17,93	20,14	43,04	36,79	20,53	-12,76	-44,40								
166,13	303,70	456,22	489,12	432,30	300,71	160,15	-12,96	21,49	40,78	41,87	26,07	-3,72	-35,14								
181,92	331,89	498,17	534,03	472,09	328,63	175,40	-17,79	15,80	35,56	29,69	15,34	-13,96	-41,72								
190,62	340,59	506,87	542,73	480,79	337,33	184,10	-13,29	17,03	33,51	34,29	20,35	-5,78	-33,33								
181,92	331,89	498,17	534,03	472,09	328,63	175,40	-18,78	10,67	27,28	21,56	8,95	-16,62	-40,69								
190,62	340,59	506,87	542,73	480,79	337,33	184,10	-14,65	11,80	25,40	25,78	13,55	-9,11	-32,99								
181,92	331,89	498,17	534,03	472,09	328,63	175,40	-18,18	14,02	32,71	26,88	13,11	-14,93	-41,44								
190,62	340,59	506,87	542,73	480,79	337,33	184,10	-13,80	15,22	30,72	31,36	17,99	-6,97	-33,28								
71,08	208,65	361,17	394,07	337,25	205,66	65,10	-37,22	35,06	77,82	65,38	34,50	-28,59	-88,40								
71,08	208,65	361,17	394,07	337,25	205,66	65,10	-39,78	22,61	57,79	45,66	18,96	-35,22	-86,20								
71,08	208,65	361,17	394,07	337,25	205,66	65,10	-38,23	30,73	70,91	58,55	29,07	-31,02	-87,86								
166,13	303,70	456,22	489,12	432,30	300,71	160,15	-19,87	12,93	29,36	29,67	14,46	-13,57	-43,09								
166,13	303,70	456,22	489,12	432,30	300,71	160,15	-20,69	7,53	20,73	20,65	7,49	-16,47	-41,68								
166,13	303,70	456,22	489,12	432,30	300,71	160,15	-20,21	11,04	26,37	26,54	12,02	-14,64	-42,71								

број лођа	волумен	п број сати гријања по мјесецима													
		ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР
лођа 1	2,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 1'	2,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 2	6,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 2'	6,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 3	2,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 3'	2,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 4	3,00	11,50	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 4'	3,00	11,50	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 5	9,00	11,50	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 5'	9,00	11,50	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 6	3,00	11,50	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 6'	3,00	11,50	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 7	4,00	27,20	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 8	12,00	27,20	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 9	4,00	27,20	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 10	4,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 11	12,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00
лођа 12	4,00	13,10	384,00	720,00	744,00	744,00	744,00	744,00	672,00	744,00	744,00	744,00	744,00	744,00	360,00

		Q <sub>p</sub> потрошња енергије по лођи прије мјера							Q <sub>L</sub> потрошња енергије по лођи након мјера						
		ОКТ [кWh]	НОВ [кWh]	ДЕЦ [кWh]	ЈАН [кWh]	ФЕБ [кWh]	МАРТ [кWh]	АПР [кWh]	ОКТ [кWh]	НОВ [кWh]	ДЕЦ [кWh]	ЈАН [кWh]	ФЕБ [кWh]	МАРТ [кWh]	АПР [кWh]
-															
лођа 1	И	58,36	208,47	328,89	353,37	280,99	213,19	52,56	-6,63	16,19	34,77	30,11	15,79	-8,42	-16,01
лођа 1'	З	63,79	218,67	339,43	363,91	290,51	223,73	57,65	-4,67	17,19	33,04	33,99	19,62	-1,51	-12,59
лођа 2	И	58,36	208,47	328,89	353,37	280,99	213,19	52,56	-7,31	11,30	26,77	22,16	10,04	-11,41	-15,83
лођа 2'	З	63,79	218,67	339,43	363,91	290,51	223,73	57,65	-5,51	12,22	25,18	25,73	13,55	-5,06	-12,68
лођа 3	И	58,36	208,47	328,89	353,37	280,99	213,19	52,56	-6,89	14,50	32,02	27,37	13,80	-9,49	-15,98
лођа 3'	З	63,79	218,67	339,43	363,91	290,51	223,73	57,65	-4,98	15,47	30,34	31,15	17,52	-2,77	-12,65
лођа 4	И	69,86	238,96	370,64	397,32	317,24	244,50	63,14	-6,83	11,38	26,46	22,09	10,31	-10,39	-15,02
лођа 4'	З	73,20	245,23	377,11	403,79	323,09	250,98	66,28	-5,10	12,26	24,93	25,51	13,67	-4,30	-12,00
лођа 5	И	69,86	238,96	370,64	397,32	317,24	244,50	63,14	-7,21	7,69	20,29	16,04	6,01	-12,37	-14,65
лођа 5'	З	73,20	245,23	377,11	403,79	323,09	250,98	66,28	-5,62	8,50	18,90	19,18	9,11	-6,78	-11,88
лођа 6	И	69,86	238,96	370,64	397,32	317,24	244,50	63,14	-6,98	10,10	24,34	20,00	8,81	-11,11	-14,92
лођа 6'	З	73,20	245,23	377,11	403,79	323,09	250,98	66,28	-5,30	10,96	22,86	23,33	12,09	-5,18	-11,98
лођа 7	И	27,29	150,23	268,71	293,19	226,63	153,01	23,44	-14,29	25,24	57,90	48,64	23,18	-21,27	-31,82
лођа 8	И	27,29	150,23	268,71	293,19	226,63	153,01	23,44	-15,28	16,28	42,99	33,97	12,74	-26,20	-31,03
лођа 9	И	27,29	150,23	268,71	293,19	226,63	153,01	23,44	-14,68	22,12	52,76	43,56	19,53	-23,08	-31,63
лођа 10	З	63,79	218,67	339,43	363,91	290,51	223,73	57,65	-7,63	9,31	21,84	22,07	9,72	-10,09	-15,51
лођа 11	З	63,79	218,67	339,43	363,91	290,51	223,73	57,65	-7,94	5,42	15,43	15,36	5,04	-12,25	-15,00
лођа 12	З	63,79	218,67	339,43	363,91	290,51	223,73	57,65	-7,76	7,95	19,62	19,74	8,08	-10,89	-15,38

		ΔQ разлика у потрошњи енергије у просторији										
	број лођа	волумен	ОКТ [кWh]	НОВ [кWh]	ДЕЦ [кWh]	ЈАН [кWh]	ФЕБ [кWh]	МАРТ [кWh]	АПР [кWh]	МАЈ [кWh]	ЈУН [кWh]	
лођа 1	И	2,00	129,97	384,56	588,25	646,52	530,39	443,21	137,14			
лођа 1'	З	2,00	136,93	402,95	612,78	659,83	541,78	450,48	140,48			
лођа 2	И	6,00	394,01	1.183,02	1.812,75	1.987,23	1.625,67	1.347,59	410,32			
лођа 2'	З	6,00	415,83	1.238,68	1.885,50	2.029,03	1.661,71	1.372,73	422,03			
лођа 3	И	2,00	130,48	387,94	593,75	652,00	534,38	445,36	137,08			
лођа 3'	З	2,00	137,54	406,38	618,18	665,51	545,97	452,99	140,61			
лођа 4	И	3,00	230,06	682,77	1.032,55	1.125,70	920,81	764,68	234,48			
лођа 4'	З	3,00	234,90	698,90	1.056,53	1.134,84	928,24	765,83	234,82			
лођа 5	И	9,00	693,61	2.081,51	3.153,10	3.431,56	2.801,06	2.311,85	700,13			
лођа 5'	З	9,00	709,39	2.130,57	3.223,92	3.461,50	2.825,84	2.319,78	703,35			
лођа 6	И	3,00	230,51	686,60	1.038,91	1.131,97	925,30	766,84	234,19			
лођа 6'	З	3,00	235,48	702,81	1.062,77	1.141,38	933,00	768,48	234,77			
лођа 7	И	4,00	166,35	499,94	843,25	978,18	813,79	697,12	221,04			
лођа 8	И	12,00	510,84	1.607,37	2.708,63	3.110,56	2.566,67	2.150,55	653,60			
лођа 9	И	4,00	167,90	512,42	863,83	998,52	828,39	704,37	220,26			
лођа 10	З	4,00	285,69	837,42	1.270,36	1.367,34	1.123,15	935,29	292,67			
лођа 11	З	12,00	860,87	2.558,96	3.888,06	4.182,51	3.425,63	2.831,76	871,91			
лођа 12	З	4,00	286,23	842,86	1.279,26	1.376,66	1.129,71	938,48	292,12			
			<b>5.957</b>	<b>17.846</b>	<b>27.532</b>	<b>30.081</b>	<b>24.661</b>	<b>20.467</b>	<b>6.281</b>			
											кWh/год.	<b>132.825</b>

ефикасност система гријања Узорка 2		ΔQ разлика у потрошњи енергије на извору																																																																											
емисиона дистриб. аутомат. туз/пле		ОКТ [kWh]	НОВ [kWh]	ДЕЦ [kWh]	ЈАН [kWh]	ФЕБ [kWh]	МАРТ [kWh]	АПР [kWh]	МАЈ [kWh]	ЈУН [kWh]	ЈУЛ [kWh]	АВГ [kWh]	СЕП [kWh]	ОКТ [kWh]	ГОДИШЊА СУМА [kWh]																																																														
0,80	0,91	0,90	0,92	1,67	216,81	641,49	981,28	1.078,48	884,75	739,34	228,76	234	228	672	1.022	1.101	904	751	234	228,67	234,55	391,15	391,71	1.167,91	1.173,29	390,66	391,62	277,49	833,97	1.406,66	1.631,74	1.357,51	1.162,89	368,73	852,16	2.681,31	4.518,35	5.188,84	4.281,56	3.587,40	1.090,29	280,08	854,78	1.440,98	1.665,66	1.381,87	1.174,98	367,42	476,57	1.396,93	2.119,13	2.280,91	1.873,56	1.560,20	488,21	1.436,05	4.268,69	6.485,81	6.976,99	5.714,41	4.723,76	1.454,47	477,47	1.406,01	2.133,98	2.296,45	1.884,51	1.565,52	487,29	9.936	29.769	45.928	50.179	41.139	34.142	10.478	221.571
<b>132.825</b> kWh/год.																<b>221.571</b> kWh/год.																																																													

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а \_\_\_\_\_ Дарија Гајић \_\_\_\_\_

број индекса \_\_\_\_\_ 2005/12 \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

### **ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора \_\_\_\_\_ Дарија Гајић \_\_\_\_\_

Број индекса \_\_\_\_\_ 2005/12 \_\_\_\_\_

Студијски програм Технологије у архитектури и менаџмент \_\_\_\_\_

Наслов рада \_\_\_\_\_ **ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА**  
**РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА**  
**БАЊАЛУКА**

Ментор \_\_\_\_\_ Проф. др Александра Крстић – Фурунџић \_\_\_\_\_

Потписани/а \_\_\_\_\_ Дарија Гајић \_\_\_\_\_

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ОМОТАЧА РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ УЗОРАКА ПОСТОЈЕЋИХ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА ГРАДА БАЊАЛУКА**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Ауторство - Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.