

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Бојана Д. Станковић

**Модели унапређења енергетских перформанси  
породичних кућа изграђених у периоду 1946-1970 у Србији**

Докторска дисертација

Београд, 2017

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ARCHITECTURE

Bojana D. Stanković

**Models for improvement of energy performance  
of family houses built between 1946-1970 in Serbia**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2017

Ментор

Др Милица Јовановић Поповић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Чланови комисије

Др Милица Јовановић Поповић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Др Ана Никезић, доцент  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Др Бранислав Живковић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

## Модели унапређења енергетских перформанси породичних кућа изграђених у периоду 1946 -1970 у Србији

### Апстракт

Предмет истраживања је дефинисање адекватних модела обнове стамбеног грађевинског фонда Србије у циљу унапређења његових енергетских перформанси. На основу претходних истраживања уочен је значај типова породичног становања у стамбеном грађевинском фонду Србије, као и изразито негативне карактеристике у погледу њихових енергетских перформанси. Куће изграђене у периоду 1946-1970 осим што представљају најзаступљенији тип породичних кућа у стамбеном грађевинском фонду Србије (35% укупног броја кућа, и 31% од укупног броја зграда), такође представљају и тип кућа на коме је могуће испитивање утицаја примене разноврсних модела обнове на унапређење енергетских перформанси, због уочених изразито хомогених карактеристика.

Адекватно дефинисани модели унапређења енергетских перформанси представљају значајан инструмент у планирању активности обнове грађевинског фонда. Модели обнове који су коришћени у досадашњим истраживањима представљају јединствено дефинисане моделе на нивоу целог грађевинског фонда, без усклађивања са специфичним карактеристикама појединих типова или групама сличних типова. Примећена је неадекватност појединих предложених мера унапређења за одређене типове зграда, и препозната потреба за иновацијом методологије обнове развојем модела обнове који би поштовао специфичне карактеристике појединих типова. Проблем истраживања представља управо дефинисање и испитивање **комплексног модела обнове**, који укључује и мере унапређења енергетских перформанси које произилазе из уочених недостатака функционалних карактеристика анализираних типова, а које укључују интервенције на просторној концепцији зграда и примену пасивних мера унапређења енергетских перформанси. Уочени недостаци које елиминише примена комплексног модела обнове могу представљати препреке остваривању значајних уштеда енергије кроз процес обимне обнове (*deep refurbishment*).

Енергетске перформансе које се постижу применом комплексног модела обнове испитују се и пореде са постојећим перформансама 5 карактеристичних типова зграда изграђених током предметног периода и перформансама које се остварују применом модела обнове који су дефинисани у склопу досадашњих истраживања, а који укључују

типске мере унапређења (**модел стандардне и амбициозне обнове**). Анализе енергетских перформанси спроведене су коришћењем две методе: **методом прорачуна** потребне енергије за грејање у складу са поступком дефинисаним у домаћој регулативи (потпуно дефинисан квази стационарни месечни метод) и **методом термичке симулације** и одређивањем потребне енергије за грејање и хлађење, у софтверу „Ecotect“. Проценом потребне енергије за грејање испитује се учинак предложених модела кроз обе методе испитивања енергетских перформанси, док се процена енергије потребне за хлађење која се добија методом термичке симулације уводи као додатни параметар који не постоји у тренутној домаћој регулативи, ради процене значаја његовог утицаја код анализираних типова кућа.

Поређењем перформанси испитиваних модела са аспекта уштеде енергије закључено је да се перформансе које се постижу применом комплексног модела обнове налазе у оквирима или надмашују вредности које се постижу применом амбициозног модела обнове, уз значајно увећање просторних капацитета, материјалне вредности зграде и комфора коришћења. Чак и код комплексног модела обнове који не укључује увећање габарита, долази до истог нивоа уштеда као код модела амбициозне обнове, упркос слабијем интензитету обнове термичког омотача, што значи да се пасивним мерама енергетске санације, као што је промена односа структуре омотача у корист делова ка негрејаним просторима, као и увођењем стакленика, могу надоместити разлике које настају опредељењем за мањи обим обнове самих позиција термичког омотача. Испитивањем утицаја различитих фактора од којих зависе вредности прорачунате потребне енергије за грејање закључено је да пресудан утицај имају геометријске карактеристике, односно фактор облика, што такође опредељује за примену комплексног модела обнове, којим је наслеђена ограничења у геометријским карактеристикама могуће превазићи. Проценом енергије потребне за хлађење код свих испитиваних модела, закључено је да је њен удео, у односу на енергију потребну за грејање, готово занемарљив, што је у складу са карактеристикама испитиваних типова кућа, али и да расте са унапређењем термичког омотача и побољшање заптивености кроз обнову.

Кључне речи: енергетска санација зграда, обимна обнова зграда, типске породичне куће, пасивне мере побољшања енергетских перформанси, симулације енергетских перформанси

Основна научна област: Архитектура и урбанизам

Ужа научна област: Технологије у архитектури и менаџмент и биоклиматска и еколошка архитектура

УДК: 728:620.9"1946-1970"(497.11)(043.3)

### **Abstract**

The main objective of this research is definition of adequate models for refurbishment of residential building stock in Serbia with the aim of improving its energy performance. Significance of single family housing types was established during previous researches, as well as their highly negative energy performance characteristics. Single family houses built between 1946-1970 represent one of the most common single family housing types, making 35% out of total number of single family buildings, and 31% out of total number of residential buildings. They also represent type of houses which are suitable for a research of diverse energy performance improvement models, due to their expressed homogenous characteristic.

Adequately defined models for energy performance improvements of buildings represent a significant instrument in planning building stock refurbishment activities. Refurbishment models used in recent researches are uniquely defined for all building types within the building stock, without adjustments to specific characteristics of each type or group of similar types. Inadequacy of certain energy conservation measures within defined models for some housing types was noticed, and a need for inovating methodology for refurbishment model definition by introducing and examining a model which is sensitive to specific characteristics of building types was recognized. Problem of this research is the definition and investigation of a complex refurbishment model, which includes energy conservation measures which are derived from the noted limitations and malfunctions in the buildings' layout and functional organization. These measures include interventions in the spatial structure of the building and introduction of passive design measures. Noted limitations which are eliminated through the complex refurbishment model definition may represent obstacles for achieving significant energy savings in the process of deep refurbishment of buildings.

Energy performance achieved through complex refurbishment model are investigated and compared with the existing energy performance of 5 typical single family housing types built during the analyzed period, and with energy performance resulting from two refurbishment models defined within recent research, which consist only of typical energy conservation measures (standard and ambitious improvement models). Energy performance analysis are conducted using two methods: first is the calculation method defined within current legislation,

for assessment of energy need for heating (completely defined quasi-stationary monthly method) and the second is thermal simulation of energy need for heating and cooling, using the “Ecotect” software. By the assessment of energy need for heating using two methods, range of savings is estimated for analyzed models, while the energy need for cooling assessed using the simulation is introduced as an additional parameter which is currently not assessed by domestic regulations, with the aim of assessing its relevance for these housing types.

By comparison of investigated models it was concluded that energy performance achieved through the complex refurbishment model lies in range or outcomes the results of ambitious refurbishment scenario, with significant increase of usable floor area, property value and spatial comfort. Even in complex refurbishment models which do not include increase in volume and improvement of geometric characteristics (shape factor), same savings were achieved as in ambitious scenario refurbishment, in spite of lower levels of thermal envelope improvement. This means that by passive measures of energy efficiency improvement (attached sunspaces) and increase of thermal envelope segments towards unheated areas, differences which are related to lower values of thermal envelope upgrade can be balanced. Through investigation of various factors which influence energy need for heating, it is concluded that dominant influence lies in geometric characteristics, which also recommends the complex refurbishment scenario, since it is the only one that can overcome the inherited limitations in geometric characteristics. Through the assessment of energy need for cooling in all investigated models, it was concluded that, compared to energy need for heating, its share within selected building types is almost negligible (below 10%), which is in accordance with the characteristics of investigated housing types, but that both its share and nominal values rise with the improvement of thermal envelope and airtightness through refurbishment.

Keywords: energy efficiency in buildings, deep refurbishment measures, single family housing, passive design measures, energy modelling

Scientific field: Architecture and urbanism

Area of expertise: Technologies in architecture and management and bioclimatic and ecological architecture

UDC: 728:620.9"1946-1970"(497.11)(043.3)

## САДРЖАЈ

|         |  |    |
|---------|--|----|
| I       | УВОД 1   |    |
| I.1     | Проблем и предмет истраживања.....   | 1  |
| I.2     | Циљеви истраживања.....  | 2  |
| I.3     | Задаци истраживања.....  | 3  |
| I.4     | Полазне хипотезе.....  | 4  |
| I.5     | Научне методе истраживања.....   | 4  |
| I.6     | Научна оправданост, очекивани резултати, практична примена.....                  | 5  |
| II      | ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ изграђене у периоду 1946-1970.....                                | 7  |
| II.1    | Историјски и друштвено-политички контекст.....                                   | 8  |
| II.2.1  | Стамбена криза и стамбена политика.....  | 10 |
| II.2.2  | Регулатива.....  | 20 |
| II.2.3  | Типологија породичног становања.....   | 29 |
| II.2    | Карактеристике индивидуалне стамбене изградње.....                               | 33 |
| II.2.1  | Примена типских пројеката.....   | 33 |
| II.2.2  | Материјално-технолошке карактеристике.....                                       | 40 |
| II.2.3  | Функционалне карактеристике и просторни комфор.....                              | 43 |
| II.2.4  | Архитектонске одлике.....  | 48 |
| II.3    | Дефинисање типова и репрезентата за даљу анализу кроз моделе унапређења.....     | 53 |
| II.3.1  | Карактеристике обрађеног узорка.....   | 53 |
| II.3.2  | Одабрани типови и репрезенти типова.....   | 57 |
| II.3.3  | Смернице за унапређење.....  | 63 |
| III     | ПРОБЛЕМИ ОБНОВЕ ЗГРАДА.....  | 66 |
| III.1   | Обнова зграда као парадигма одрживости.....                                      | 69 |
| III.1.1 | Предности обнове зграда.....   | 71 |
| III.1.2 | Енергетска санација: обнова зграда у циљу побољшања енергетских перформанси..... | 74 |



|         |   |            |
|---------|---|------------|
| III.2   | Стратегије и циљеви енергетске санације.....  | 76         |
| III.2.1 | Индикатори енергетских перформанси.....   | 78         |
| III.2.2 | Различити нивои енергетске санације.....  | 80         |
| III.3   | Фактори који утичу на потребну енергију за грејање и хлађење код породичних кућа.....               | 83         |
| III.3.1 | Облик и положај грађевина.....  | 83         |
| III.3.2 | Пасивни системи повећања соларних добитака.....   | 90         |
| III.3.3 | Термички омотач зграде (нетранспарентне површине).....  | 97         |
| III.3.4 | Термички омотач зграде (транспарентне површине).....  | 103        |
| III.3.5 | Заштитни елементи транспарентних делова омотача.....  | 107        |
| III.4   | Савремени принципи обнове породичних кућа.....  | 110        |
| III.4.1 | Енергетска санација и зграде јако ниске потрошње енергије (nZEB).....                               | 110        |
| III.4.3 | Стратегије обнове породичних кућа у циљу смањења потребне енергије за грејање и хлађење.....        | 112        |
| III.4.1 | Примери енергетске санације породичних кућа у континенталном климату.....                           | 114        |
| III.4.4 | Одабир мера обнове за примену у предложеним моделима.....   | 120        |
| IV      | <b>МОДЕЛИ ОБНОВЕ.....</b>   | <b>122</b> |
| IV.1    | Карактеристике постојећег стања одабраних типова од значаја за процену енергетских перформанси..... | 122        |
| IV.2    | Претходно испитивани модели обнове.....   | 128        |
| IV.2.1  | МОДЕЛ 1 – стандардна обнова.....  | 128        |
| IV.2.2  | МОДЕЛ 2 – амбициозна обнова.....  | 130        |
| IV.3    | Недостаци претходно дефинисаних модела.....   | 132        |
| IV.4    | Модел комплексне обнове – МОДЕЛ 3.....  | 133        |
| IV.4.1  | Тип Ц1.1.....   | 133        |
| IV.4.2  | Тип Ц1.2.....   | 135        |
| IV.4.3  | Тип Ц1.3.....   | 136        |
| IV.4.4  | Тип Ц2.1.....   | 137        |
| IV.4.5  | Тип Ц2.2.....   | 139        |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| IV.4.6      | Преглед карактеристика модела комплексне обнове.....                         | 140        |
| IV.5        | Методe испитивања енергетских перформанси.....                               | 144        |
| IV.5.1      | Верификационе методe.....  | 145        |
| IV.5.1.1    | „KnaufTerm“ софтвер.....   | 145        |
| IV.5.2      | Симулационе методe.....  | 148        |
| IV.5.2.1    | „Ecotect“ софтвер.....   | 149        |
| IV.6        | Параметри поређења дефинисаних модела.....                                   | 155        |
| <b>V</b>    | <b>РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА.....</b>  | <b>156</b> |
| V.1         | Квантификација параметара енергетских перформанси<br>испитиваних модела..... | 156        |
| V.1.1       | Потребна енергија за грејање.....  | 156        |
| V.1.1.1     | Утицај побољшања квалитета термичког омотача.....                            | 156        |
| V.1.1.2     | Утицај стакленика.....   | 171        |
| V.1.1.3     | Преглед и дискусија резултата.....   | 172        |
| V.1.2       | Потребна енергија за хлађење.....  | 176        |
| V.1.2.1     | Утицај побољшања квалитета термичког омотача.....                            | 176        |
| V.1.2.2     | Утицај ноћне вентилације.....  | 177        |
| <b>VI</b>   | <b>ЗАКЉУЧАК.....</b>   | <b>179</b> |
| VI.1        | Закључна разматрања.....   | 179        |
| VI.2        | Могући правци даљег истраживања.....   | 187        |
| <b>VII</b>  | <b>ПРИЛОЗИ</b>   |            |
| VIII.1      | ПРИЛОГ 1 – графички прилози.....   | 188        |
| VIII. 2     | ПРИЛОГ 2 – резултати прорачуна и симулација.....                             | 227        |
| <b>VIII</b> | <b>СПИСАК КОРИШЋЕНЕ ЛИТАРАТУРЕ</b>   |            |
| <b>IX</b>   | <b>БИОГРАФИЈА АУТОРА</b>   |            |
|             | <b>ИЗЈАВЕ АУТОРСТВА</b>  |            |

## СПИСАК ИЛУСТРАЦИЈА, ГРАФИКОНА, ТАБЕЛА

### СЛИКЕ (ФОТОГРАФИЈЕ, ИЛУСТРАЦИЈЕ)

Слика П-1. М.Чанак, пројекат приземне породичне куће у систему префабрикације. Извор: Пејановић С., Изградња 5 (1968), стр.20.

Слика П-2. Диспозиција предложених типова кућа на конкурс 1951. са просечним величинама парцела и позицијама зграда. Извор: цртеж аутора

Слика П-3. Илустрација матрице предграђа која настају током истраживаног периода, са карактеристичним типовима индивидуалних кућа. Просторни приказ и поглед одозго, Земун (блок између улица Мачванска и Крајишка), Београд. Извор: <https://www.bing.com/maps> (приступљено 01.06.2017.)

Слика П-4. Типологија породичног становања са наглашеним предметним периодом (С). Извор: Јовановић Поповић и други, Атлас породичног становања (2012), стр.16

Слика П-5. Пројекти из каталога типских пројеката малих стамбених зграда (1953). Извор: Економски институт НР Србије (1953) Преглед типских пројеката малих стамбених зграда.

Слика П-6. Пројекти из каталога типских пројеката малих стамбених зграда (1958) Извор: Економски институт НР Србије (1958) Преглед типских пројеката малих стамбених зграда.

Слика П-7. Низови породичних кућа у склопу насеља Шумице (INPROS, 1969). Извор: Изградња 10 (1969), стр.21.

Слика П-8. Радничко стамбено насеље фабрике Каблова у Јагодини, арх. Драгиша Брашован. Извор: фотографије аутора, из 2011 године.

Слика П-9. Насеље Channel Heights (1942) Ричарда Нојтре. Извор: Минић О., Архитектура Урбанизам, бр.17 (1962), стр.55.

Слика П-10. Насеље Мургле у Љубљани и куће у низу на Воћарској цести у Загребу. Извор: Архитектура Урбанизам, бр. 55 (1969), стр. 22. (пример из Љубљане); Архитектура Урбанизам, бр. 32 (1965), стр. 55 (пример из Загреба)

Слика П-11. Породичне куће у низу у насељу Кијево-Кнежевац. Извор: Архитектура Урбанизам, бр. 55 (1969), стр. 25-31

Слика П-12. Карактеристични примери три заступљена типа основе (Б1, Б2, Б3). Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика П-13. Карактеристични примери три типа заступљених фасадних омотача (Ц1, Ц2, Ц3). Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика П-14.. Карактеристични примери начина коришћења таванског простора. Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика П-15. Карактеристичне трансформације. Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика П-16. Матрица Националне типологије стамбених зграда са назначеним типовима породичног становања предметног периода

Слика П-17. Примери репрезентата типа Ц1.1. Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика **II-18**. Примери репрезентата типа Ц1.2. Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика **II-19**. Примери репрезентата типа Ц1.3. Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика **II-20**. Примери репрезентата типа Ц2.1. Извор: база података формирана у склопу пројекта TABULA

Слика **II-21**. Примери репрезентата типа Ц2.2. Извор: фотографије Д.Трифуновић

Слика **III-1**. Облици енергије (прилагођено према Hermelink et al, 2013, стр.287)

Слика **III-2**. Механизми преноса енергије код пасивних система: директан, индиректан и изолован добитак. Извор:

<https://www.e-education.psu.edu/egee102/node/2098> (приступљено 20.02.2017.)

Слика **III-3**. Lacaton & Vassal, концепт организације додатих тампон зона стакленика. Извор: <http://www.bmiaa.com/wp-content/uploads/2015/10/Lacaton-Vassal-.-Neppert-gardens-59-dwellings-.-Mulhouse-32.png> (приступљено 20.02.2017.)

Слика **III-4**. Различити примери системских решења конструкције стакленика произвођача Schuco. Извор: <https://www.alumen.co.uk/Images/Gallery/Showcase/Schuco-Conservatory-Roofs/Schuco-CMC50-Aluminium-Roof-Hipped.jpg>; <https://www.alumen.co.uk/Images/Gallery/Aluminium-Roofs/CMC50-Reverse-Lean-To-Side.jpg>; <https://www.alumen.co.uk/Images/Gallery/Showcase/Schuco-Conservatory-Roofs/Hipped-Aluminium-Conservatory-Roof.jpg> (приступљено 20.02.2017.)

Слика **III-5**. Пасивна кућа у Дорфену (архитекте Architekturwerkstatt Vallentin, Dorfen). Извор: <http://www.vallentin-architektur.de/projekt/residentials/> (приступљено 20.02.2017.)

Слика **III-6**. Принцип ноћне вентилације уведен кроз реконструкцију типа куће у низу (Warwall 61, London, Retrofit for the future project, Penoyre&Prasad Architects). Извор: <http://www.penoyreprasad.com/projects/retrofit-for-living/> (приступљено 20.02.2017.)

Слика **III-7**. Анализирани случајеви утицаја система заштите од сунца: тип Ц1.1 (лево) и тип Ц2.2 (десно).

Слика **III-8**. Илустрација концепта nZEB радара креираног да би пружио преглед различитих домета обнове и њиховог односа са различитим дефиницијама nZEB-а (прилагођено према Atanasiu et al, 2013, стр.26)

Слика **III-9**. Пример обновљене куће, дворишна и улична фасада након обнове (Hounslow Council Passivhaus Retrofit). Извор: <http://www.bere.co.uk/projects/grove-road-retrofit-future> (приступљено 25.02.2017.)

Слика **III-10**. Кућа у Бристолу пре и након обнове. Извор: <http://www.lowenergybuildings.org.uk/viewproject.php?id=389> (приступљено 25.02.2017.)

Слика **III-11**. Naus +, Немачка. Извор: <http://www.archdaily.com/32003/house-anne-menke> (приступљено 25.02.2017.)

Слика **IV-1**. Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц1.1

Слика **IV-2**. Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц1.2

Слика **IV-3**. Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц1.3

Слика **IV-4**. Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц2.1

Слика **IV-5.** Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц2.2

Слика **IV-6.** Параметри детаљног прорачуна стакленика (прилагођено према SRPS EN ISO 13790 (Анекс Е) и улазним параметрима за прорачун у софтверу „KnaufTerm“)

Слика **IV-7.** Главни процеси и односи уврштени у принцип прорачуна протока топлоте у нестационарним условима адмисионом методом

Слика **IV-8.** Радно окружење софтвера и изглед модела за тип Ц1.1

Слика **IV-9.** Параметри подешавања везани за интерне добитке, режим коришћења и режим рада система за грејање и хлађење

Слика **V-1.** Упоредни приказ годишње расподеле и структуре губитака и добитака топлоте, изражени вентилациони губици и у моделу постојећег стања (Ц1.3 М0 - лево) и у моделу амбициозне обнове (Ц1.3 М2 - десно)

Слика **V-2.** Упоредни приказ годишње расподеле и структуре губитака и добитака топлоте у моделу постојећег стања (Ц1.3. М0 - лево) и комплексном моделу обнове (Ц1.3. М3 - десно), добијених методом симулације

Слика **V-3.** Температурни профил за 28.октобар (модел Ц1.1 М3)

Слика **V-4.** Температурни профил за 28.март (модел Ц1.1 М3)

Слика **V-5.** Годишња расподела енергије потребне за грејање (црвена поља на графику) и хлађење (плава поља)

Слика **V-6.** Илустрација ефекта термичке масе на примеру модела М3 за тип Ц2.2

## **ГРАФИКОНИ**

Графикон **II-1.** Број изграђених станова у предметном периоду по секторима изградње

Графикон **IV-1.** Процентуални удео позиција термичког омотача у његовој укупној површини код модела постојећег стања (М0) анализираних типова кућа.

Графикон **IV-2.** Процентуални удео позиција термичког омотача у структури трансмисионих губитака модела постојећег стања (М0) анализираних типова кућа

Графикон **IV-3.** Процентуални удео позиција термичког омотача ка негрејаном и спољном простору у структури термичког омотача код модела постојећег стања (М0) анализираних типова кућа

Графикон **IV-4.** Процентуално учешће делова омотача ка негрејаном и спољном простору у структури трансмисионих губитака код модела постојећег стања (М0) анализираних типова кућа

Графикон **IV-5.** Однос између вентилационих и трансмисионих губитака у моделима постојећег стања

Графикон **IV-6.** Процентуални удео позиција термичког омотача у његовој укупној површини код модела комплексне обнове (М3) анализираних типова кућа

Графикон **IV-7.** Процентуални удео позиција термичког омотача у структура трансмисионих губитака модела комплексне обнове (М3) анализираних типова кућа

Графикон **IV-8.** Процентуални удео позиција термичког омотача ка негрејаном и спољном простору у структури термичког омотача код модела комплексне обнове (М3) анализираних типова кућа

Графикон **IV-9.** Процентуално учешће делова омотача ка негрејаном и спољном простору у структури трансмисионих губитака код модела постојећег стања (M0) анализираних типова кућа

Графикон **V-1.** Утицај изложености ветру и заптивености на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање на моделима постојећег стања (M0)

Графикон **V-2.** Утицај изложености ветру и класе заптивености на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање на моделима постојећег стања типа C1.1 – вредности добијене методом симулације

Графикон **V-3.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код одабраних типова кућа у постојећем стању (M0) добијене методом прорачуна

Графикон **V-4.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код одабраних типова кућа у постојећем стању (M0), добијене методом симулације

Графикон **V-5.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код модела комплексног унапређења анализираних типова кућа, без додатих стакленика (метод прорачуна)

Графикон **V-6.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код модела комплексног унапређења (M3) анализираних типова кућа, добијене методом прорачуна

Графикон **V-7.** Удео соларних добитака од стакленика у укупним соларним добицима у грејној сезони, код модела комплексне обнове (M3) (вредности добијене методом прорачуна)

Графикон **V-8.** Утицај варирања фактора умањења соларних добитака у моделима M1 и M2, методом прорачуна на вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање

Графикон **V-9.** Упоредни приказ вредности специфичне енергије потребне за грејање ( $Q_{h,nd}$ ) код испитиваних модела, добијених методом прорачуна

Графикон **V-10.** Вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање код испитиваних модела, добијене методом симулације

Графикон **V-11.** Поређење вредности годишње специфичне потребне енергије за грејање ( $Q_{h,an}$ ) добијене методом прорачуна и симулације, сведене на грејну сезону

## **ТАБЕЛЕ**

Табела **II-1.** Регионална дистрибуција и дистрибуција узорка по окрузима

Табела **II-2.** Карактеристике узорка према типу основе

Табела **II-3.** Карактеристике узорка према типу фасаде

Табела **II-4.** Карактеристике узорка према начину коришћења таванског простора

Табела **II-5.** Заступљеност типова периода Ц према броју зграда, површини, броју станова и потребној енергији за грејање у односу на целокупан стамбени фонд

Табела **II-6.** Одабрани типови за даљу анализу

Табела **III-1.** Неки урбанистички параметри за становање у приградским насељима у Београду (ГУП 2021, 2009, стр. 4-5, табеле 23 и 24)

Табела III-2. Преглед максималних дозвољених вредности коефицијената пролаза топлоте за елементе термичког омотача постојећих зграда које се обнављају и фактора корекција температуре. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011, Табела 3.4.1.3., Табела 3.4.1.1.

Табела III-3. Највеће допуштене вредности специфичних трансмисионих губитака топлоте за стамбене зграде. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011, Табела 3.4.2.3.1.

Табела III-4. Карактеристике неких од најчешћих прозорских компоненти у стамбеним зградама. Извор: Carmody et al., 2007, стр.213.

Табела III-5. Стандардни прозорски системи у употреби у Србији и њихове карактеристике.

Табела III-6. Напредни прозорски системи и њихове карактеристике.

Табела III-7. Фактори умањења соларних добитака у зависности од система за заштиту од сунца. Извор: Hegger et al., 2008, стр.99.

Табела III-8. Преглед анализираних фактора који утичу на потребну енергију за грејање и хлађење

Табела IV-1. Илустрације модела постојећих стања

Табела IV-2. Карактеристике одабраних типова – постојеће стање (M0)

Табела IV-3. Реконструисане позиције термичког омотача по типовима, у склопу модела обнове 1 – стандардна обнова

Табела IV-4. Карактеристике одабраних типова – Модел 1 (M1): стандардна обнова

Табела IV-5. Реконструисане позиције термичког омотача по типовима, у склопу модела обнове 2 – амбициозна обнова

Табела IV-6. Карактеристике одабраних типова – Модел 2 (M2): амбициозна обнова

Табела IV-7. Карактеристике геометрије и материјализације модела комплексне обнове (M3) и поређење са постојећим стањем (M0)

Табела IV-8. Реконструисане позиције термичког омотача и друге мере обнове, по типовима, у склопу комплексног модела обнове – M3

Табела IV-9. Улазни подаци за прорачун у софтверу „KnaufTerm“

Табела IV-10. Карактеристике примењених материјала од значаја за симулациони метод

Табела IV-11. Улазни подаци за симулацију у софтверу „Ecotect“

Табела V-1. Процентуално смањење трансмисионих губитака топлоте побољшањем термичког омотача у различитим моделима обнове у односу на модел постојећег стања, одређено методом прорачуна

Табела V-2. Утицај геометријских карактеристика на смањење вентилационих губитака у комплексном моделу обнове (M3)

Табела V-3. Преглед геометријских карактеристика и енергетских перформанси, модели постојећег стања, метод прорачуна

Табела V-4. Преглед геометријских карактеристика и енергетских перформанси, модели комплексне обнове, метод прорачуна

Табела V-5. Варијације расподеле грејаног простора и утицаја на енергетске перформансе у моделу постојећег стања, тип Ц1.1, вредности добијене методом прорачуна

Табела V-6. Процентуалне уштеде специфичне енергије потребне за грејање ( $Q_{h,an}$ ) испитиваних модела обнове, у односу на модел постојећег стања

Табела V-7. Годишња енергија потребна за хлађење испитиваних модела изражена кроз проценат вредности годишње енергије потребне за грејање

Табела V-8. Процентуално смањење потребне енергије за хлађење симулацијом ефекта ноћне вентилације у моделу комплексне обнове (М3)

## СПИСАК СКРАЋЕНИЦА, ОЗНАКА И СИМБОЛА

$\alpha$  – коефицијент апсорпције зрачења

$g$  – фактор пропустљивости соларног зрачења стакла

$H_T$  – коефицијент трансмисионог губитка топлоте [W/K]

$H_{Tb}$  - коефицијент трансмисионог губитка топлоте услед термичких мостова [W/K]

$H'_T$  - специфични трансмисиони губитак топлоте зграде (или дела зграде) [W/m<sup>2</sup>K]

$H'_{T,max}$  – највеће допуштене вредности специфичних трансмисионих губитака топлоте [W/m<sup>2</sup>K]

$\lambda$  – топлотна проводљивост материјала [W/mK]

$U$  - коефицијент пролаза топлоте [W/m<sup>2</sup>K]

$U_s$  - средња вредност коефицијента пролаза топлоте [W/m<sup>2</sup>K]

$Y$  – адмисија материјала [W/m<sup>2</sup>K]

$\theta$  - температура [K] или [°]

$n$  – број измена ваздуха на сат [h<sup>-1</sup>] [1/h]

$\eta$  - фактор пригушења амплитуде осцилације температуре

$\eta_{h,gn}$  – фактор искоришћења добитака топлоте за период грејања

$\phi$  - кашњење осцилације температуре [h]

$Q_{h,nd}$  - годишња потребна енергија за грејање [kWh/a]

$Q_{h,an}$  - специфична годишња потребна енергија за грејање [kWh/m<sup>2</sup>a]

nZEB – скраћено од *nearly zero energy buildings*, зграде скоро нулте потрошње енергије



# I. УВОД

## I.1 Проблем и предмет истраживања

Док је у развијеним земљама енергија која се троши у домаћинствима, од које се највећи део (преко 50%) троши на загревање, у последњим деценијама смањена на испод 30% од укупне потрошње, у Србији то нажалост није случај. Грађевински фонд, слично грађевинском фонду европских земаља, у највећој мери сачињен је од зграда насталих пре увођења првих прописа о термичкој заштити и енергетским перформансама. Организована обнова постојећих зграда и масовна изградња нових, енергетски ефикаснијих, због последица ратова и непрестане економске кризе је изостала. У комбинацији, ова два фактора дају јако лошу слику енергетских перформанси грађевинског фонда Србије. Предмет истраживања је дефинисање адекватних модела обнове стамбеног грађевинског фонда Србије у циљу унапређења његових енергетских перформанси. На основу претходних истраживања уочен је значај типова породичног становања у стамбеном грађевинском фонду Србије, пре свега у великој заступљености по свим критеријумима (број зграда, станова, укупна стамбена површина) али и у погледу карактеристика које говоре о њиховој енергетској ефикасности, у изразито негативном смислу. Куће изграђене у периоду 1946-1970 осим што представљају најзаступљенији тип породичних кућа у стамбеном грађевинском фонду Србије (35% укупног броја зграда), такође представљају и тип кућа на коме је могуће испитивање утицаја примене разноврсних модела обнове на унапређење енергетских перформанси, због уочених изразито хомогених карактеристика.

Адекватно дефинисани модели унапређења енергетских перформанси представљају значајан инструмент у планирању активности обнове грађевинског фонда. У зависности од области примене, могу се користити у разне сврхе, као што је процена могућих уштеда енергије, обима инвестиција, потребног грађевинског материјала и компоненти, учешћа власника и корисника у активностима обнове итд. Модели обнове који су коришћени у досадашњим истраживањима

представљају јединствено дефинисане моделе на нивоу целог грађевинског фонда, без усклађивања са специфичним карактеристикама појединих типова или групама сличних типова. Тако су предложене мере унапређења у оквиру дефинисаних модела обнове породичних кућа исте као мере унапређења код вишепородичних стамбених зграда (солитера, ламела и сл.). Иако се кроз испитивање предложених модела на нивоу типологије дошло до валидних закључака о могућностима значајних унапређења енергетских перформанси стамбеног грађевинског фонда Србије и уштеда енергије у стамбеном сектору, примећена је неадекватност појединих предложених мера унапређења за поједине типове зграда, и препозната потреба за иновацијом методологије обнове и развојем модела обнове који би поштовао специфичне карактеристике појединих типова. Испитивање модела обнове који доводе до значајних уштеда енергије (преко 65% уштеда) значајан је и у контексту препорука европске директиве о енергетској ефикасности (2012) о подстицању спровођења обимних обнова (*deep renovation*).

Проблем истраживања представља дефинисање и испитивање модела обнове који уважава значај локалног контекста и специфичних карактеристика појединих типова кућа, а чији се принципи и поставке могу користити и на осталим типовима у оквиру сложене типологије. Предложен је **комплексни модел обнове**, који укључује специфичне мере унапређења енергетских перформанси, које произилазе из функционалних карактеристика анализираних типова и које укључују интервенције на просторној концепцији зграда. Овај модел испитује се и пореди са моделима обнове који су примењивани у досадашњим истраживањима, а који укључују само типске мере унапређења термичког омотача.

## **I.2 Циљеви истраживања**

Циљ истраживања је иновација метода обнове стамбеног грађевинског фонда кроз развој модела обнове који би поштовао специфичне карактеристике појединих типова. Предложено истраживање модела комплексне обнове представља управо рад на развоју једног таквог модела, кроз његово дефинисање за изабрани тип кућа и поређење резултата његове примене у односу на примену модела обнове који се заснивају искључиво на типским мерама

унапређења, дефинисаних у склопу Националне типологије. Кроз поређење ових модела, односно њихових резултата у погледу побољшања енергетских перформанси, очекује се провера усвојених принципа формирања комплексног модела, а као специфичан циљ јавља се формулисање смерница за примену овог модела и ван испитиваних типова.

### **I.3 Задаци истраживања**

Према циљевима истраживања формулисани су следећи задаци истраживања, груписани према претходно наведеним целинама истраживања:

- 1.1. Прикупљање и систематизација релевантних извора о предмету рада, како би се подаци прикупљени током рада на терену допунили, а прелиминарни закључци о релевантним карактеристикама одабраних типова потврдили.
- 1.2. Дефинисање карактеристичних типова зграда за даље истраживање. У ту сврху биће извршена анализа и систематизација прикупљених података, а за дефинисане типове припремљене графичке подлоге и описи релевантних карактеристика.
- 2.1. Истраживање савремених принципа енергетске санације зграда, нарочито за типове породичних кућа, и дефинисање релевантних мера обнове које ће бити разматране приликом дефинисања модела обнове.
- 2.2. Формулисање принципа формирања модела обнове чији ће се утицај на енергетске перформансе испитивати и поредити. За одабране типове кућа креирати моделе унапређења према дефинисаним принципима.
- 2.3. Дефинисање метода испитивања енергетских перформанси формираних модела, и параметара који ће се пратити и поредити.
- 3.1. Извршити прорачуне и симулације енергетских перформанси на дефинисаним моделима према установљеним принципима и формирати преглед резултата испитивања (упоредне табеле и графикони).
- 3.2. Извршити компаративну анализу и систематизацију резултата симулација ради формулисања закључака.
- 3.3. Формулисати закључке и препоруке за ширу примену модела комплексне обнове.

## I.4 Полазне хипотезе

Основна хипотеза рада је да се применом модела обнове, који укључује специфичне мере обнове прилагођене локалном контексту и карактеристикама одабраних типова, постижу значајнија унапређења енергетских перформанси него типским мерама обнове, чак и највишег степена. Претпоставка је да се комплексним моделом обнове постижу значајнија унапређења енергетских перформанси него у моделу 2 (амбициозна обнова) који представља скуп напредних мера унапређења термичког омотача.

Секундарна хипотеза је да се кроз поређење резултата примене овог модела са резултатима примене типских модела обнове (модели 1 и 2), кроз дефинисане параметре, могу установити односи међу њима који важе независно од испитиваних типова кућа. Тако би се, иако мере унапређења у моделу комплексне обнове произилазе из специфичних карактеристика анализираних и испитиваних типова кућа, омогућило формулисање смерница за ширу примену овог модела обнове, у разноврсним локалним условима.

## I.5 Научне методе истраживања

У првом делу истраживања, који је за полазиште подразумевао рад на прикупљању података на терену за потребе формулисања Националне типологије, примењене методе спадају у **аналитичко синтетичке** методе, чији је циљ препознавање заједничких карактеристика на одабраном узорку и формирање карактеристичних типова према препознатим сличностима. Затим следи **интердисциплинарна теоријска анализа**, која за циљ има додатно информисање о изабраним типовима кућа и појашњавање и расветљавање порекла одређених уочених карактеристика.

У другом делу се кроз **теоријску анализу** секундарних извора, који се баве проблемом одрживе обнове зграда, такође синтетишу релевантни савремени принципи обнове породичних кућа, класификују мере обнове и параметри верификације енергетских перформанси. У анализи савремених принципа обнове

породичних кућа биће примењен и метод **студије случаја**, кроз анализу савремених примера обнове породичних кућа у климатским условима сличним климату Србије.

У трећем делу се дефинисање модела обнове врши кроз **квантитативне и квалитативне методе** анализе, пошто се за потребе дефинисања модела на сваком од одабраних типова анализирају бројни параметри, како мерљиви (термичке карактеристике омотача, површине, фактор облика, оријентација) тако и немерљиве (функционална организација). На крају, валоризација дефинисаних модела врши се путем **компаративне квантитативне анализе**, путем поређења предефинисаног сета мерљивих критеријума (потребна енергија, термичке карактеристике омотача, фактор облика) на основу резултата прорачуна и симулација.

## **1.6 Научна оправданост, очекивани резултати, практична примена**

Основни допринос истраживања огледа се у дефинисању модела обнове који се до сада није користио у разматрању стратегија за унапређење грађевинског фонда, и испитивању његовог односа према примењиваним моделима, са аспекта побољшања енергетских перформанси.

Практична примена овог модела огледа се у могућности његове директне примене у дефинисању стратегија обнове за анализирани типове породичних кућа, који представљају значајан део грађевинског фонда Србије. Предложени модел обнове доприноси не само побољшању њихових енергетских перформанси, већ и унапређењу целокупног комфора становања, као и употребне и материјалне вредности овог дела грађевинског фонда.

Кроз испитивање односа са постојећим моделима обнове који се заснивају на примени типских мера обнове, односно поређење резултата примене ових модела у погледу побољшања енергетских перформанси изабраних типова кућа, очекује се провера домета унапређења кроз примену комплексног модела обнове. У зависности од резултата испитивања биће омогућено формулисање принципа

формирања комплексног модела, и смерница за ширу примену овог модела у оквиру типологија стамбених зграда.

Такође, поређење дефинисаних модела врши се кроз симулацију енергетских перформанси, која укључује прорачун енергије потребне за грејање, али и хлађење, што у досадашњем истраживању дефинисаних модела није био случај, пошто су процене уштеда енергије вршене само на основу прорачуна енергије потребне за грејање и верификационих метода базираних на постојећој домаћој регулативи. На овај начин се утицај хлађења укључује у проблематику обнове зграда, а очекује се и допринос у поређењу симулационих и верификационих метода провере енергетских перформанси.

## II. ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ ИЗГРАЂЕНЕ У ПЕРИОДУ 1946-1970

Током трогодишњег истраживања стамбеног грађевинског фонда Србије, уз подршку GIZ-а<sup>1</sup>, група истраживача са Архитектонског факултета Универзитета у Београду, формирала је Националну типологију стамбених зграда Србије (Јовановић Поповић *и други*, 2013) у складу са принципима међународног пројекта TABULA<sup>2</sup>. Значај структурирања грађевинског фонда и дефинисања типичних зграда по карактеристикама од значаја за процену енергетских перформанси препознато је и од стране регулаторних тела Европске Уније, али и Републике Србије, као предуслов за дефинисање стратегија обнове. Тако је методологија развијена на пројекту TABULA препоручена као једна од две релевантне за потребе дефинисања референтних зграда, али једина која дефинише све неопходне податке за одређивање енергетских перформанси (ЕС, 2012), а подаци произашли из рада на Националној типологији стамбених зграда Србије укључени су у Други акциони план енергетске ефикасности Републике Србије (РС, 2013). Локалне специфичности које су условиле типологију стамбеног фонда изучаване су у склопу претходних истраживања (Јовановић Поповић и Игњатовић, 2003), пре свега периодизација изградње и карактеристике везане за урбанистичке параметре. За потребе дефинисања Националне типологије, подаци су прикупљени обимним истраживањем на терену у форми пописа зграда на основу релевантног статистичког узорка у току 2011. и 2012. године, детаљно описаним у претходним публикацијама (Јовановић Поповић и Радивојевић, 2012; Јовановић Поповић *и други*, 2012). Карактеристике стамбених зграда, породичних и вишепородичних, њихова заступљеност у грађевинском фонду, енергетске перформансе и

---

<sup>1</sup> Немачка организација за техничку сарадњу, *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, у оквиру пројекта "Енергетска ефикасност у зградарству" помаже имплементацију "Националног програма енергетске ефикасности зграда". Више информација доступно је на: <https://www.giz.de/en/worldwide/21212.html> и <http://mgu.mgsi.gov.rs/lat/energetska-efikasnost-zgrada.php> (приступљено 26.7.2015).

<sup>2</sup> TABULA: Typology Approach for Building Stock Energy Assessment, пројекат под покровитељством организације Intelligent Energy Europe. Више информација доступно је на: <http://episcopo.eu/building-typology/> (приступљено 26.7.2015).

карактеристике које их одређују, као и могућности за уштеде енергије и смањење емисије CO<sub>2</sub> дефинисаним мерама енергетске ефикасности у складу са методологијом пројекта TABULA, детаљно су приказане у публикованом материјалу (Јовановић Поповић *и други*, 2012; 2013a,b; 2016). Током 2015. године Национална типологија је проширена типологијом зграда грађених након 2013., на основу анализе података из базе издатих енергетских сертификата<sup>3</sup>, при Министарству грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре (Јовановић Поповић *и други*, 2016).

Један од главних закључака овог истраживања је да по свим дистрибуцијама заступљености типова (дистрибуција типова по површини, по броју зграда и по броју станова) доминирају типови зграда породичног становања. Међу њима најзаступљнији типови припадају периду изградње 1946-1970 (35% укупног броја зграда). Такође, примећена је изузетна хомогност узорка у погледу карактеристика кућа, што је навело на даље истраживање узрока ове појаве, проучавањем грађе везане за карактеристике стамбене изградње овог периода, нарочито на проблематику изградње породичних кућа. Резултати ових истраживања омогућили су боље разумевање примећених карактеристика и сагледавање могућности за дефинисање разноврсних модалитета обнове у даљем раду.

У овом поглављу биће представљени резултати анализе прикупљеног материјала о индивидуалном становању у истраживаном периоду, са аспекта историјског и друштвено-политичког контекста, релевантне регулативе, као и заступљености у склопу Националне типологије стамбених зграда. Затим ће бити представљене основне карактеристике индивидуалног становања са материјално-технолошког и аспекта архитектонских карактеристика, на основу анализе секундарних извора, као и запажене карактеристике анализираног узорка зграда у склопу истраживања за потребе израде Националне типологије. Упоредна анализа уочених карактеристика резултује одабиром карактеристичних типова за даљу анализу кроз моделска унапређења, као и смерницама за унапређење сваког дефинисаног типа.

---

<sup>3</sup> ЦРЕП – централни регистар енергетских пасоша <http://www.crep.gov.rs/>



## II.1 Историјски и друштвено-политички контекст

За разлику од вишепородичног становања истраживаног периода, којим се директно или непосредно детаљно бавило више претходних истраживања<sup>4</sup>, фокусираних како на архитектонске квалитете тако и на енергетске перформансе и могућности обнове, породично становање у овом периоду није било предмет обимнијих истраживања. За то постоји неколико разлога. Први лежи у изузетним карактеристикама вишепородичних зграда, углавном из друге половине посматраног периода, грађених у оквиру тзв. *усмерене стамбене изградње*, у склопу нових насеља и делова градова, која су предмет изучавања различитих области (историја и теорија архитектуре, функционалне карактеристике станова, технологија грађења итд.). Други је у чињеници да су вишепородичне зграде грађене организовано, уз комплетно сачувану пројектну документацију, која представља основни извор за њихово проучавање, као и велики број секундарних извора (периодика, монографске публикације итд.). Грађу за изучавање преваходно индивидуалне изградње породичних зграда је тешко пронаћи, а архивска документација не гарантује да изведено стање одговара пројекту. Једино што преостаје је анкетавање власника у склопу директног истраживања одабраног узорка, какво је било спроведено при формирању Националне типологије, о чему ће бити речи у даљем раду.

Ипак, проучавањем грађе везане за изградњу предметног периода стиче се увид у друштвени и политички контекст, релевантну регулативу, као и ретке примере реализованих угледних насеља породичних кућа, **чиме се продубљује разумевање предметног периода и тадашњих тенденција развоја индивидуалне стамбене изградње, које су условиле њене главне карактеристике.**

---

<sup>4</sup> (Меџанов, 2008а, 2008б; Ћуковић Игњатовић, 2010; Ћукановић 2015, Живанчевић, 2012; Ћуковић Игњатовић, 2016)

## II.1.1 Стамбена криза и стамбена политика

Основна одлика периода 1946-1970 је амбициозан план изградње, и обнова разрушене земље, због чега се овај период и назива периодом послератне обнове, под којим се углавном подразумевају 50те године. Након ослобођења, дефинисан је „*Први петогодишњи план обнове и индустријализације земље*“<sup>5</sup>, који је предвиђао интензивну изградњу земље у периоду 1947-1951, по Совјетском моделу планског развоја. Примарни циљ плана био је развој индустрије у свим крајевима земље, првенствено кроз интензивну изградњу фабрика, али и кроз преображај првенствено сеоског становништва у радничко (кулаци у трудбенике). Дух заједништва и прогреса кроз индустријски развој сматран је неприкосновеним. Није било места индивидуалним стремљењима било какве врсте, осим у марљивом (ударничком) раду на изградњи земље.

Самим тим, став према индивидуалном становању је такав да је то решавање стамбеног питања од стране појединца и његове жеље да насупрот „усвојеним“ друштвеним нормама гради сопствену кућу са великим двориштем. У складу са тим, тежња за поседовањем куће на приватној парцели окарактерисана је као *малограђанска*, што је формулација В. Рибникара на првој конференцији Југословенских архитеката у Дубровнику 1950.:

„Друга општа напомена коју коју мислим да је нужно рећи јесте ова: жеља радног човека да се у свом слободном времену осети „као код своје куће“ – природна је и оправдана жеља. Погрешно је мислити да је та жеља својствена само малограђанима, да је идентична са малограђанском тежњом да се има кућа у личном поседу и власништву.“ (Крстић, 2014, стр. 82)

Иако је жеља за својим домом, за сопственим "мирним кутком" оправдана и сматрана природном стварном психичком и физиолошком потребом трудбеника да после свршеног дневног посла нађу одмора и тишине, жеља за *поседовањем* куће није сматрана оправданом, већ негде између малограђанских, буржоаских стремљења за луксузом и примитивних, кулачких потреба за кућом и окућницом као доприноса прехрани и привређивању. Ипак, Рибникар закључује да је „и у

---

<sup>5</sup> Закон о Петогодишњем плану развоја народне привреде ФНРЈ у годинама 1947-1951, (објављено у листу Борба, 1. маја 1947.), Београд, 1947.

социјализму, идеалан стан, стан који најбоље одговара потребама и жељама радног човека – индивидуална засебна кућа“ и да архитекте треба да теже да се при планирању што више приближи овом најповољнијем решењу стана (Крстић, 2014, стр. 83). Из наведеног је јасно да ни у једном тренутку није оспораван квалитет становања који се остварује у засебним кућама, већ да му треба тежити, тако да заправо ту и не лежи проблем концепта градње индивидуалних кућа. Проблем је у индивидуалном начину грађења и коришћења, неконтролисаном и ненадзираном од стране државе, као и у стварању личне својине, насупрот улагања у колективну.

Друштвено прихватљив и једини апсолутно признати облик решавања стамбеног проблема, био је социјалистички императив становања – *стан у колективној стамбеној згради за радничку класу* (Теодоровић, 1967). Самим тим, искључиво овај облик становања завређивао је пажњу планера и архитеката. Чак је и у легитимном облику улагања личних средстава у решење стамбеног питања, учлањивањем у задругу, у којима је у првој половини 50их преовлађивао облик изградње малих, индивидуалних кућа задружним средствима и државним кредитима, које нису одступале од карактеристика кућа грађених од стране индивидуалних градитеља, било сузбијања оваквих облика изградње „због ситносопственичке психологије („мала кућица и баштица“)“<sup>6</sup>.

У складу са тим, сеоски стил живота требало је да буде замењен градским, а разлике између села и града избрисане, као наслеђе претходног капиталистичког система (Илић, 1950). У склопу борбе против „капиталистичких елемената на селу“ органичена је и величина окућнице, на максимално 1 ha (Живанчевић, 2012, стр. 422). Ограничење поседа и колективизација, као и обавезно социјалистичко задругарство, донели су значајно ограничење потенцијала развоја села (Марић, 2010, стр.93). Сеоско становништво је овом политиком охрабривано да се пресели у градове и нове центре индустријског развоја, ближе фабрикама, што је само додатно погоршало стамбену кризу. У периоду између 1949. и 1960. око два

---

<sup>6</sup> На основу примера једне Нишке стамбене задруге, наводи се да је задруга добила сугестије Градског већа, па је задруга престала да уписује у чланство оне који не прихватају удружену изградњу станова, на принципу стамбене својине и преоријентисала се у правцу изградње већих зграда. Наводи се да „известан број радника и службеника напушта Задругу“, као и скроман обим изградње током 1954. и 1955. године – само 22 куће. И.В. (1956) „Станбено задругарство у Нишу“, Комуна бр.1, стр. 30-31.

милиона сеоских становника се преселило у градове, што је било за 7% више од целокупног природног прираштаја становника у том периоду (Добривојевић, 2013). Специфични услови убрзане индустријализације и вишак пољопривредне снаге довели су до стварања нове категорије „сељак-радник“<sup>7</sup>.

Интензивне миграције сеоског становништва у новоформиране градове и постојеће градске центре резултирале су конфузијом. Уместо урбанизације села, градови су постали рурализовани, формирајући тако непрекидни рурално-урбани континуум, где је 1960. преко 40% радника радило у градовима а живело у селима (Добривојевић, 2013). Иако су начелима изградње земље током петогодишњег плана били обухваћени и стамбени, друштвени и културни објекти, поред индустријских, питања животног стандарда, у који спадају и стамбена питања, нису била примарна у спровођењу плана.

Стамбена криза била је највећим делом резултат ратних разарања, али и логичан наставак стамбене оскудице која је владала у већим градовима у периоду између два рата<sup>8</sup>. Скоро четвртина предратног грађевинског фонда уништена је, од чега су више од половине, око 85000 зграда, чинили стамбени објекти (Добривојевић, 2013). У општој немаштини и несташици како финансијских средстава тако и грађевинских материјала и оперативе, приоритет је било подизање привреде, и очекивало се да ће масовна стамбена изградња, у којој је виђен излас из стамбене кризе, наступити чим привреда ојача. Тако је предратна стамбена криза продубљивана и пролонгирана, при чему су се сви облици већ постојећег неадекватног животног простора у постојећем градском ткиву, али и новим радничким насељима, умножавали (заједнички станови, бараке, уџерице итд.). Градила су се радничка насеља у близини нових фабрика, али спорим темпом, неадекватним за брзину прилива радника.

Хватање у коштац са све озбиљнијом стамбеном кризом, и незадовољавајућим квалитетом стамбене изградње у периоду послератне обнове

---

<sup>7</sup> према: Радовановић С. (1999) Основне тенденције у демографском развоју сеоског становништва и неки проблеми његове ревитализације. Центар за демографска истраживања – Институт друштвених наука. Цитирано у (Аврамовић, 2011, стр.34)

<sup>8</sup> ситуација у Београду детаљно је описана у студији о становању сиромашних у периоду 1919-1945 (Вуксановић-Маџура, 2012)

уследило је током 50их година. Од стране стручне јавности критикована је тенденција пораста индивидуалне изградње малих породичних зграда по ободима градова, било у индивидуалној режији, било кроз стамбене задруге<sup>9</sup>. Међутим, такође се спорадично могла чути и критика досадашњем приступу решавања стамбеног питања, кроз фаворизовање изградње у градовима, насупрот напуштању села, и кроз постављање питања не би ли било економичније успоставити јавни превоз који би саобраћао између села са вишком стамбеног простора и градова којима она гравитирају. Такође, указивано је на проблем сеоског становништва при досељавању у градове и привикавање на услове градског живота, и погрешно схватање како ће нови стамбени услови сами по себи изменити дух људи<sup>10</sup>.

Овај отклон од првих послератних начела стамбене изградње треба сагледати и кроз политички отклон Југославије и СССР-а<sup>11</sup>, те и начелни отклон од совјетских узора стамбене изградње. Док се период 1945-1949 назива *административним*, због централистичког, државног управљања стамбеном политиком, стамбене реформе почетком 50их година означавају почетак *самоуправног периода* (Меџанов, 2008а), од ког је очекивано да допринесе решавању стамбене кризе. Доношењем *Закона о радничком самоуправљању* (1950) и **првом стамбеном реформом** радници удружени у радне колективе постају, уместо државе, одговорни за осигуравање стамбених извора. Уводе се доприноси за стамбену изградњу и стамбени фондови у оквиру предузећа или локалних самоуправа, преко којих се врши куповина станова или кредитирање радника под повољним условима (Аврамовић, 2011, 35-36). Тада се оснива и највећи број стамбених задруга, које су промовисале приватну иницијативу у стамбеном збрињавању својих чланова, а биле подржане кредитима поменутих стамбених фондова.

---

<sup>9</sup> излагања Бранка Петровића и Богдана Несторовића на Саветовању о станбеном питању у Љубљани (1956), као и Оливера Минића у реферату "Станбена изградња и урбанистичко планирање" на Саветовању Друштва архитеката Србије о станбеним питањима у Београду (1956) (приказ оба саветовања објављен у часопису *Комуна* бр.3/1956, стр.37-38 и 66)

<sup>10</sup> саопштење Лазе Поповића из Вуковара и Виде Томић из Љубљане на поменутом саветовању (приказ у часопису *Комуна*, бр.3/1956, стр.28-30)

<sup>11</sup> сукоб Тита и Стаљина и избацивање Југославије из *Информбиро-а* 1948.

Иако значајне, ове реформе нису значајније утицале на решење стамбене кризе. 1957. процењено је да би стопа изградње требало да буде 100000 станова годишње како би се решио недостатак станова, што би премашило годишњи војни буџет (Блуменау, 1957, стр.24). У истом тексту, као одговор на кључна питања која леже иза стамбеног проблема, аутор као закључак поставља императив масовне колективне стамбене изградње, која се мора регулисати низом законских прописа, којима се фаворизује организована изградња од стране грађевинских компанија, финансирана од стране друштвених средстава, **насупротив индивидуалне, под којом се подразумева сваки облик изградње финансиран од стране сопствених средстава и у сопственој организацији** (Блуменау, 1957, стр.25). Централизована, друштвена изградња станова одвијала се у виду масовне изградње колективних зграда скромног стандарда становања, где су преовлађивали мали станови. Ова пракса је довела до деградације употребне вредности стана, и преображавања, уместо решавања, стамбене кризе (Вујовић, 1980, стр.19).

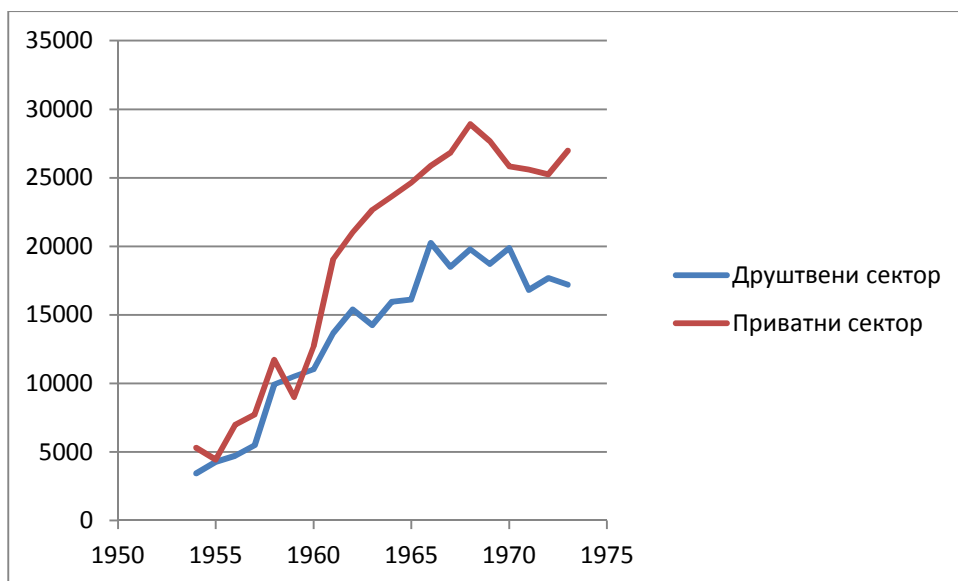
Решење је пронађено у *Резолуцији о перспективном развоју грађевинарства* (1957), којом се уводи изградња станова за непознатог купца, односно „производња станова за тржиште“ од стране грађевинских компанија (Анђелковић, 1962). Овај подухват, као и **друга стамбена реформа** (1965) која укида финансирање стамбене изградње из општинских извора (кредитирање преузимају банке) представља *стратегију усмерене стамбене изградње*, која доприноси порасту и развоју стандарда становања, али пре свега у оквиру колективне изградње вишепородичних стамбених зграда.

Међутим, и даље је постојао проблем како обезбедити доступне станове за раднике са ниским примањима. Ова категорија становништва окренула се индивидуалном решавању стамбеног проблема и изградњи породичних кућа, које су, иако невољно<sup>12</sup>, препознате као значајан део увећаног стамбеног фонда

---

<sup>12</sup> закључци дубровачког саветовања архитеката (Крстић, 2014, стр.20) наводе да је приземна градња потпуно занемарена, али и неки савремени прикази изградње овог периода потпуно игноришу обим индивидуалне изградње (Мецанов, 2008б).

предметног периода. Обим индивидуалне стамбене изградње током предметног периода најбоље илуструју статистички подаци<sup>13</sup> (Графикон II-1).



Графикон II-1. Број изграђених станова у предметном периоду по секторима изградње

У поређењу са подацима из других европских земаља (Велика Британија 72%, Белгија 94.4%, Данска 67%, Холандија 61%, Норвешка 70% <sup>14</sup>) изводи се закључак да је у већини привредно развијених земаља наглашенији обим индивидуалне стамбене изградње у односу на укупну стамбену изградњу, што скреће пажњу са чињенице да је у Југославији тај обим изградње постигнут као вид најјефтиније изградње и да никако не говори у прилог порасту стандарда. Ови подаци нису помињани у периодици предметног периода, а ширење приземне индивидуалне изградње у појединим земљама (САД) истицано је као непримерени вид изградње због велике узурпације обрадивог земљишта (Вуков,1955, стр.27). Примери других европских земаља, које су се окренуле програмима подстицаја самосталним градитељима<sup>15</sup> нису навођени као релевантан узор.

Доминантан тренд индивидуалне изградње током предметног периода коментарисан је спорадично, као нпр. у опису карактеристика послератне изградње

<sup>13</sup> изведени подаци из Статистичких годишњака за територију Србије (без Косова и Метохије)

<sup>14</sup> „Приземна стамбена изградња у градовима“, Савезни завод за урбанизам и комунална и стамбена питања, Београд, 1967, цитирано у (Де Негри, 1979, стр. 31-32)

<sup>15</sup> self-building workers corporations, опширније видети у (Castela, 2012)

у Београду, где се истиче да је велика већина станова (72%) изграђена без помоћи државе, приватно, тј. у оквиру индивидуалне изградње, од чега мањи број са грађевинском дозволом (Пиха, 1956, стр.54). Ипак, истиче се да 84.6% те масовне приватне изградње чине приземне куће, од чега само 31% има воду и канализацију и закључује да је 42.3% станова у приватној изградњи испод стандарда, а чак 32% нездраво и неупотребљиво (Пиха, 1956, стр.56-57). **Аутор такође закључује и да овај вид изградње треба помоћи да би опстала као допунски вид решавања стамбене кризе** (Пиха, 1956, стр.66).

Иако постоје примери организоване друштвене изградње мањих кућа, као на пример у Новом Саду<sup>16</sup>, или још раније, у Суботици<sup>17</sup>, ови примери ипак остају занемарљиви, и изградња ниских породичних кућа на засебним парцелама до краја периода остаје доминантна карактеристика градње у сопственој организацији и приватном власништву, као главним одредницама индивидуалног становања. Због ових, али и доминантних физичких карактеристика се у литератури периода често користе термини приземна-једносратна изградња, породична изградња, једнопородична изградња, ниска изградња и приватна изградња, као синоними индивидуалном становању (Де Негри, 1979, стр.8).

Како су се стамбени проблеми само продубљивали, а значајан део земљишта је и даље био у приватном власништву, донета је *Уредба о изградњи станбених зграда радника и службеника* (Службени лист ФНРЈ бр.23 и 36/51) у циљу промовисања финансијске помоћи за оне који желе индивидуалном изградњом да реше стамбено питање, а надајући се да ће велики број преосталих средстава за изградњу они обезбедити продајом земље у приватном поседу. Земљиште за изградњу кућа било је дефинисано првим планским документима која се доносе средином 50их, а средства за изградњу додељивана су само запосленим

---

<sup>16</sup> срески народни одбор 1957.године одлучио је да примени нови метод подизања зграда, а то је зидање мањих приземних кућа са два до три стана, без великог комфора (Р.К., Изградња 2/1957, стр.38)

<sup>17</sup> током 1947. године Покрајинско грађевинско предузеће добило је задатак да изгради 1310 једнопородичних кућа са тремом, собом кухињом и оставом, и стајом и свињцем у дворишту, где су објекти грађени са темељима од камена и осталог од набијене земље, што је истицано као „леп пример коришћења локалног материјала“ (Живанчевић, 2012, стр.173)



појединцима, за локације удаљене не више од 5 km од радног места. Пројекти су стављени на располагање индивидуалним градитељима у оквиру публикације типских пројеката у издању Економског института (1953), на основу резултата **архитектонског конкурса расписаног 1951**. Иако је овом конкурс у претходило неколико конкурса за добијање типских пројеката, углавном већих колективних зграда, мада је било и типова мањих породичних објеката, али намењених друштвеној изградњи, овај конкурс представља својеврсни преседан по искључивој оријентацији према индивидуалним градитељима. На овај начин организатори конкурса, тј. држава, излазе у сусрет индивидуалним градитељима и признају постојање интересовања које влада за овај вид изградње. Типови кућа добијени на овом конкурс у препознати су као основ за изградњу индивидуалних кућа током читавог периода, на основу карактеристика анализираних узорка, тако да ће о њима бити речи у засебном поглављу.

Прелазак на усмерену стамбену изградњу (1957) није донео промене у области породичног становања, иако су полагане велике наде у продор индустријске изградње и у ову област, јер је због доминантно индивидуалног начина изградње представљала изгубљено тржиште за грађевинске компаније (Пејановић, 1968). Ипак, преласка на индустријализоване начине изградње у индивидуалном становању није било, о чему сведочи и чињеница да се при изради пројеката за друго издање каталога типских пројеката, проширеног програма (Економски Институт НР Србије, 1958), од пројектаната није тражило да пројекат прилагоде стандардизованим и типизираним елементима, јер је заузет став да још нема услова да се за потребе индивидуалних градитеља раде типски пројекти ове врсте.

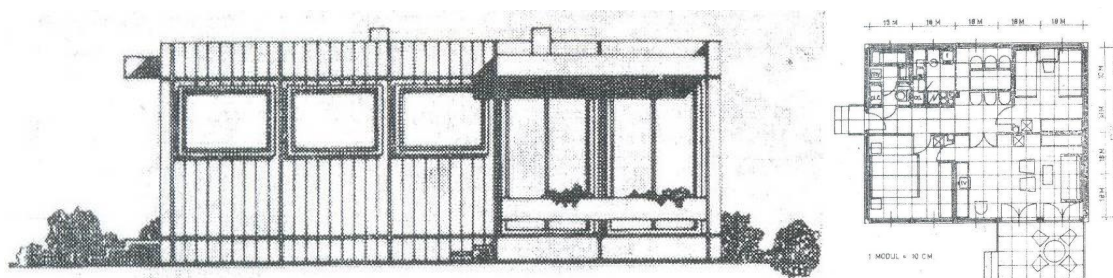
Током 60их година попушта занемаривање обима индивидуалне изградње, али и став према индивидуалној изградњи породичних кућа се мења, из више разлога. Пре свега, доктрина раних година развоја социјалистичког система је почела да попушта, а жеља за поседовањем приватне куће није више осуђивана, већ прихваћена као реалност, уз истицање предности оваквог начина изградње и критика досадашње праксе изразитог фаворизовања колективне изградње, уз тврдњу да у овој области „*треба почети све изнова*“ (Шорли, 1970). Водећи архитекти критиковали су масовну колективну изградњу због немогућности да створи одговарајуће животне услове за раднике, највећим делом због тога што се није

водило рачуна о њиховим стварним потребама и начину живота, који су и даље у великој мери, сељачког порекла:

„Пројектирали смо тако као да већ имамо потпуно развијене услове колективног живота (прехрана, одгој деце, и сл.) и тип чисто индустријског радника“ (Ј. Неидхардт, цитирано у: Теодоровић, 1967).

Такође, материјална ситуација се значајно побољшала у односу на прве послератне године, тако да је значајан проценат становништва сада кућу могао и да приушти, као вид побољшања стамбеног комфора. Редовно се током 60их уз статистичке извештаје о обиму друштвене изградње у укупној стамбеној изградњи коментарише значајан обим индивидуалне изградње, која у градовима износи око 60%, а у осталим местима и до 90% (Настасовић, Вјерко 1964). Међутим, никад се у сличним приказима не скреће пажња на заступљеност зграда индивидуалног становања у броју укупно изграђених зграда, пошто се увек говори само о броју станова.

Тек пред крај предметног периода појављују се сјајни примери организоване изградње насеља индивидуалних кућа (Миленковић, 1969), као и типских пројеката породичних кућа намењених индустријализованој производњи применом развијених технологија и система префабрикације (**Слика II-1**), који су остали на нивоу пројеката, без значајнијег броја реализација у пракси.



**Слика II-1.** М.Чанак, пројекат приземне породичне куће у систему префабрикације (Пејановић, 1968, стр. 20)

Још касније, током 70их и 80их, када већ постаје очигледан проблем који је са собом донела неконтролисана индивидуална изградња, овај вид становања постао је и предмет истраживања и бављења стручне јавности у покушају да се спречи даље ширење ове појаве<sup>18</sup>. Недељко Боровница нуди три основна

<sup>18</sup> истраживачки пројекат у оквиру ИАУС-а: Друштвено усмеравање индивидуалне стамбене изградње, којим је руководио Недељко Боровница, 1986; скуп

„прелазна“ типа становања између породичне стамбене зграде на засебној парцели и вишеспратне стамбене зграде: **двојне зграде, зграде у низу и атријумске зграде.** Оно што наводи као заједничко за све ове типове је да захтевају високу културу становања и постојање техничких услова (опремљеност комуналијама и даљинско грејање), како се не би јавили додатни неподвижни елементи на парцелама (шупе, нужници, пољопривредна добра итд.) (Боровница, 1986, стр.9). У закључку наводи да за непостојање и неразвијеност ових облика становања у дотадашњој пракси кривицу носе сви учесници у стамбеној изградњи који су нису у стању да организују изградњу ових прелазних типова, и да је вероватно економски узрок доминантан, те да се оваква изградња оставља за време када друштво буде богатије (Боровница, 1986, стр.14).

Као закључак намеће се питање, зашто се, ако су тенденције индивидуалних градитеља биле препознате, а бројност им је константно била у порасту, није приступило организовању, планирању и субвенционисању повољнијих облика индивидуалне градње (полуатријумски и атријумски типови, низови), уместо препуштања стихијском ширењу градова према најнеповољнијем облику изградње, слободностојећих приземних кућа? У условима у којима је ауторитет државе био неоспоран, зар није било могуће наћи компромис између индивидуалних тежњи и рационалних планерских концепција? Једини могућ одговор чини се онај по коме је држава свесно одлучила да игнорише тежње и потребе оних који се нису уклапали у жељени профил социјалистичког грађанина. У жељи да "раскрсти" са тековинама капитализма, невољност државе да регулише и уреди овај облик изградње и својине бацила је индивидуалну изградњу радничке класе на маргине стручних и друштвених преокупација, док је истовремено неспремност да се озбиљније позабави проблемом бесправне изградње у настајању прећутно омогућила стихијски развој овог облика изградње.

---

„Најјефтинија стамбена изградња у градовима“, Смедерево 19; публикација „Приземна стамбена изградња у градовима“, Савезни завод за урбанизам и комунална и стамбена питања, Београд, 1967; специјалистички радови са темом индивидуалног становања настали као резултат рада на последипломским студијама на АФУБ, курс Становање (I, II, III, IV) (Де Негри, 1979; Филиповић, 1980; Ђуровић, 1982; Ланг, 1986; Софић, 1985; Радовић, 1987).

## II.1.2 Регулатива

На стамбену изградњу истраживаног периода најзначајнији утицај имале су групе легислативних докумената из области урбанизма, пројектовања стамбених зграда и стамбеног права. Детаљан преглед регулативе везане за стамбену изградњу предметног периода дат је у претходним истраживањима (Ђукановић, 2015; Минић-Шинжар, 2003; Меџанов, 2008а), тако да ће у наредним деловима бити дат преглед карактеристичних утицаја који су поједини регулаторни акти имали на индивидуалну изградњу.

### II.1.2.1 Урбанистичка регулатива

Предметни период обележен је преласком на *планерски* урбанизам, којим се напушта предратна пракса изградње на основу правила грађења, дефинисаних *Грађевинским законом* из 1931. Први генерални планови се у складу са *Савезном уредбом о генералном урбанистичком плану* (1949.) доносе почетком 50их, а затим следи и њихова ревизија 60их, према *Закону о урбанистичком и регионалном просторном планирању* (1961.), углавном у истим просторним границама<sup>19</sup>. Иако је нова генерација урбанистичких планова предвиђала организовану обнову одређеног броја стамбених јединица<sup>20</sup>, до тога углавном није дошло, и у наредним деценијама преовлађивала је изградња нових објеката по новим стандардима.

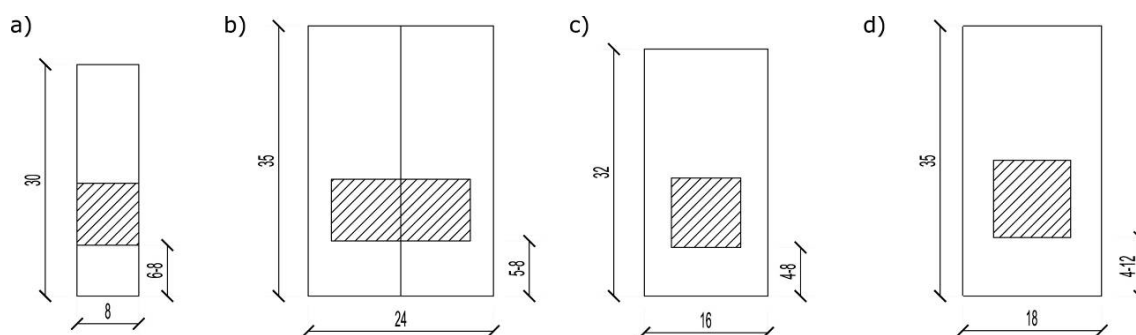
И док „планерски закони“ уређују израду и примену планова, закона који се баве спровођењем изградње насеља нема (Минић-Шинжар, 2003., стр.23-24), тако да се градови стихијски развијају. Пошто је тек *Закон о планирању и уређењу простора и насеља* (1995) увео правила градње насеља кроз уређење урбанистичке целине, све до његовог доношења *de facto* су примењивани урбанистички параметри и смернице из *Грађевинског закона* из 1931.

---

<sup>19</sup> Пожаревац 1953. па 1966. (Пејановић-Константиновић, 1985); Суботица 1954. па 1962/3 (Де Негри, 1979); Београд 1951. па 1972. (Минић-Шинжар, 2003), Књажевац 1953. па 1973. (Радовић, 1987); Јагодина (Светозарево) 1956. па 1976. (Аврамовић, 2011)

<sup>20</sup> око 150-200 хиљада према ГУП-у Београда из 1972. (Минић-Шинжар, 2003)

Овим законом дефинисани су неки урбанистички параметри и смернице, као што је типологија насеља према густини („густо насеље“ – озидани цели фронтови, „средње насеље“ – двојне зграде, „ретко насеље“ – слободностојеће зграде) и одговарајућа правила регулације и парцелације за индивидуалну изградњу: међусобна удаљеност породичних стамбених објеката (4 m за насеља средње и ретке густине), спратност објеката, минималне и максималне површине и ширине парцела, коефицијенти изграђености, степен искоришћења земљишта, итд. Анализа пројеката (Недић, 1954) добијених на поменутом конкурс у Економског института за типске пројекте једнопородичних кућа (1951), потврђује наводе о примењиваној регулативи у пракси овог периода, јер иако у распису конкурса није било детаљних услова везаних за величину парцеле и положај зграда, сви аутори усвојили су сличну диспозицију, што се види на **Слици II-2**.



**Слика II-2.** Диспозиција предложених типова кућа на конкурс у 1951. са просечним величинама парцела и позицијама зграда: а) зграда у низу, П+1, 4 постеље; б) двојна зграда, П+1, 4 постеље по јединици; в) слободностојећа зграда, П, 3 постеље; д) слободностојећа зграда, П, 4 постеље

То је и у складу са парцелацијом коју је спроводила општина у одређивању плацева за индивидуалну изградњу, који су се могли набавити преко друштвених институција (општине, стамбено комунална предузећа, СИЗ-а за становање итд.) путем непосредне погодбе или путем конкурса-лицитације, што је био ређи случај. Такође се наводи податак за Суботицу да је у почетку минимална дозвољена ширина плацева била око 15 m, да би касније расла на 18 m и 20 m на захтев градитеља као последица повећања личног стандарда (Де Негри, 1979, стр.49), што само сведочи о промени мотива индивидуалне градње, са решавања стамбеног питања на побољшавање стамбеног комфора, што ће бити основни мотив индивидуалних градитеља у наредним деценијама.

Две појаве карактеристичне су за питања урбанизације предметног периода, а то је појава **бесправне изградње** и раст и развој **приградских насеља**, а обе се везују искључиво за проблематику индивидуалне изградње.

#### II.1.2.1.1 Бесправна градња

Како је процес доношења планова текао споро, развијање градова под „планерским законима“ текло је стихијски. Пошто планови насеља још увек нису били дефинисани, а интересовање индивидуалних градитеља стално је расло, појавио се проблем непланске изградње, која је у првој половини 60их година представљала скоро половину од укупне приватне изградње (Пејановић, 1968, стр 16), а у 1965. достиже и преко 80%<sup>21</sup>! Први покушај легализације бесправно подигнутих објеката, па и читавих насеља забележен је већ 1955.<sup>22</sup> („Увођење урбаног реда“). Мере за сузбијање ове појаве у Београду донете су 1961., кроз покушаје забране комуналним предузећима да издају прикључке бесправно подигнутим објектима, рушења бесправно подигнутих објеката и сл. (Минић-Шинжар, 2003., стр.75).

Бесправна градња била је и једна од кључних тема у стручним круговима. У дискусији са *Саветовања о рационалној стамбеној изградњи*, 1963. године, узрок настанка непланске изградње приписује се неспособности државе да подигне одговарајуће станове и истиче се значај урбанистичких планова, кроз проналажење одговарајућих локација за станове нижег стандарда. Приватна изградња по градовима такође се карактерише као стихијска активност, која рађа проблеме дивље приградске изградње (Мацура, 1963, стр 12). Профил бесправног градитеља дефинише се у категорији полуквалификованих и неквалификованих радника, који или поседују имање на ком се паралелно баве пољопривредом (које би, у случају решавања стамбеног питања који би обухватао улагање извесних средстава у индивидуално грађење, било продавано задрузи) или немају земљиште у приватном поседу, и након пресељења у град почетком 50их и читаву деценију

---

<sup>21</sup> податак Сталне конференције градова, цитирано у (Марић, 1969, стр.33)

<sup>22</sup> „Методолошко упутство за решавање бесправне изградње објеката“ Министарство за урбанизам Србије, Београд, 1955 (цитирано у Минић-Шинжар, 2003., стр.75)

стрпљиво чека решење свог стамбеног проблема (Боровница, 1967). Спровођена су и истраживања појаве бесправне стамбене изградње, представљена на *Саветовању о бесправној стамбеној изградњи* (Сплит, 1967). Каснија истраживања (Радовић, 1987) мотива бесправног грађења, потврђују да међу бесправним индивидуалним градитељима преовлађује радничка структура која је формално стекла могућност да поседује друштвени стан, и она која је изгубила сваку наду да може да га добије. Већина сопственика који су себи подигли кућу, наводи да би се преселило у вишеспратницу ближе центру, ако би се за то стекли услови, а као мотив индивидуалне градње наводе жељу за поседовањем сопствене породичне стамбене зграде са двориштем, могућност етапне градње и градње у сопственој режији (због финансијских погодности), као и немогућност да на други начин реше стамбено питање (Марић, 1969, стр.32). Међу регулаторним узроцима појаве бесправне изградње наводи се рестриктиван систем планирања, где је погрешним планским одлукама покушано спречавање нежељеног развоја и ограничење ширења градске територије, тиме што нису предвиђене нове зоне за индивидуалну изградњу унутар ужег и ширег грађевинског рејона. Тиме је настао сукоб интереса између планских поставки и заинтересованих учесника у изградњи, што је резултирало пробијањем зацртаних граница ужег грађевинског рејона и обимне појаве бесправне градње (Де Негри, 1979, стр.20-21). Ипак, ова појава довела је до одређених планерско-интервентних акција у виду отварања нових периферних локалитета искључиво за индивидуалну изградњу, чиме су створени услови за изградњу за становништво скромног имовног стања. Цене плацева су биле веома ниске, а одређени су минимални и веома еластични урбанистичко-технички услови за изградњу (величина, габарит, висине и врсте грађевинског материјала) и обезбеђен само прикључак на електричну мрежу. То је у складу са каснијим критикама планерске праксе и очигледном раскорак између планираног и реализованог<sup>23</sup>, а може се предпоставити да је слична ситуација била и у другим општинама. Такође, помиње се пракса „приватне урбанизације“, пре доношења ГУП-ова, у форми продаје плацева и пре доношења ДУП-ова, као неизграђено пољопривредно земљиште, која

---

<sup>23</sup> Илустративан је податак за Калуђерицу, која је обухваћена ГУП-ом из 1951, и планирана као „становање великих густина“, али због недостатка урбанистичког плана и приватног власништва над земљом постала највећа зона непланске стамбене изградње (Ђуровић, 1982, стр 62.)

је донекле регулисана тек формирањем СИЗ-а за становање, управљање и коришћење грађевинског земљишта 1975 (Де Негри, 1979, стр.46). **Све ово утиче да се пракса индивидуалне градње одвијала у два правца: у складу са малобројним плановима и у правцу дивље изградње.**

Иако су закључци о узроцима појаве масовне бесправне изградње усклађени и тачни, они пре указују на симптоме, него на узроке. Ретко који од њих погађа суштину проблема: друштвену неподобност индивидуалне стамбене изградње и њено потпуно маргинализовање, јер би то значило суштинску критику социјалистичке концепције пожељног облика становања. А тиме „*Породична кућа постаје забрањена стварност, а тиме и ружна стварност*“ (Филиповић, 1980, стр. 27). Практика бесправне изградње у неуређеним или делимично уређеним условима са собом је донела још једну карактеристику индивидуалне изградње предметног периода, а то је формирање приградских насеља - предграђа.

#### II.1.2.1.2 Предграђа

Иако предграђа представљају легитиман и препознат облик урбанистичког пројектовња индивидуалних стамбених насеља, уз периферну и централну градску изградњу (Пејановић, 1968, стр. 17) предграђа се током предметног периода најчешће помињу у тесној вези са бесправном изградњом, и виђена су „*више као покушаји да се приватна изградња усмери и смањи дивља изградња, а мање као могућност да се на њима организује производња станова за тржиште.*“ (Пејановић, 1968, стр. 17). Проблем формирања и неконтролисаног ширења предграђа карактеристичан је за већину земаља које су се суочиле са послератном стамбеном кризом, а ова појава у српским градовима датира још од пре Првог светског рата, са приливом великог броја становника у градове. Ова појава код нас у свим периодима настаје по сличним механизмима, а то су спекулација земљиштем и нелегална изградња, а резултује скромним а често и нехигијенским стамбеним условима. Слика предграђа која настају у предметном периоду подлеже у потпуности каснијој критици субурбије у западним земљама, као скупа типских објеката без икакве везе са окружењем и осећаја заједништва (Chow, 2002, стр. 109) (илустрација, **Слика II-3**).





**Слика II-3.** Илустрација матрице предграђа која настају током истраживаног периода, са карактеристичним типовима индивидуалних кућа. Просторни приказ и поглед одозго, Земун (блок између улица Мачванска и Крајишка), Београд

Тековине планирања предграђа малих густина становања, у којима такође преовлађује индивидуална градња, попут вртних градова, биле су део урбанистичког дискурса и пре Првог светског рата (Ђоровић, 2009, стр. 44, стр. 41), али примери овако конципираних реализованих насеља ретки су<sup>24</sup>. Убрзо долази до потпуног попуњавања расположивих капацитета овако конципираних насеља, тако да се у примени концепта вртног града није се отишло много даље од одређивања предграђа за решавање стамбених питања радничке класе и формирање радничких колонија.

Један од водећих урбаниста предметног периода и истакнути архитекта и урбаниста предратног периода, Бранко Максимовић, који се нарочито истакао у пројектовању и планирању стамбених зграда за раднике у оквиру радничких колонија пре Другог светског рата, истиче непостојању пројеката за приградске зоне као главни разлог стихијског развоја градова, у „*празнинама урбанистичког законодавства које ту проблематику није обухватило*“ (Максимовић, 1964). Он приградске зоне сматра идеалним за нова насеља, по угледу на градове сателите и приградска радничка насеља.

Тек почетком 60их почињу да се израђују регулациони планови за приградска насеља, у циљу каналисања индивидуалне стамбене породичне изградње. Резултати ових напора углавном су оцењивани као неповољни, пошто темпо изградње није пратила изградња инфраструктуре и објеката друштвеног стандарда (Лукић, 1970, стр. 37), а и показана је немогућност јефтине стамбене

<sup>24</sup> Нова колонија у Крагујевцу (1936-38); Енглеска колонија у Звечану (1930); Професорска колонија (1926), Котеж Неимар (1922), Чиновничка колонија (1930) - све у Београду.

изградње при малим густинама, тако да су планови мењани у правцу повећања броја становника и промене односа броја станова у породичним зградама у корист колективних.

У истраживању облика становања у приградским насељима наводи се пример Сремчице, као контролисано изграђене и са минимумом бесправне изградње, са великим слободним међупросторима (псеудоурбано ткиво) као могућностима за **друштвено усмерену индивидуалну стамбену изградњу** (Ђуровић, 1982, стр.76). Иако би урбанистички планови требало да имају усмеравајућу улогу у развоју предграђа, закључује се да је утицај планирања на начин и облик становања у анализираним предграђима био слаб, из разлога непоштовања планова и неадекватним уређењем и комуналним опремањем планираног грађевинског земљишта (Ђуровић, 1982, стр.94). Тек је новија генерација урбанистичких планова (након 1970), пре свега планова детаљне регулације, предвиђала је, у зонама постојећих предграђа становање у постојећим индивидуалним породичним кућама (које се могу заменити новим објектима) и становање у породичним кућама друштвено усмерене стамбене изградње, груписаним у низове на заједничкој парцели.

#### II.1.2.2 Регулатива из области пројектовања стамбених зграда

Највећи утицај на изградњу током прве половине предметног периода имао је **Грађевински закон из 1931.**, који се, иако је формално суспендован 1946. године, *de facto* примењивао све до краја 50их година. Како ни први закони који су донесени у новој држави нису регулисали суштину архитектуре – објекат (зграду), већ поступке – радње и односе актера изградње (Ђукановић, 2015, стр.99), Грађевински закон Краљевине Југославије умногоме је утицао и на грађење у другој деценији истраживаног периода, нарочито на пољу индивидуалне изградње, руковођену више наслеђеним обрасцима него применом нових правила.

Најближа дефиниција која се односи на породичне куће је дефиниција **малог стана** (Грађевински закон из 1931, члан 46. *Олакшице за мале станове*) као стана подигнутог у ретким насељима, површине не веће од 100 m<sup>2</sup>, укључујући и помоћне просторије. Зграде са овим становима могле су бити високе приземље и

један спрат (или мансарда), и могле су се састојати највише од три мала стана. Обавезну структуру малог стана чинили су соба, минималне површине 16 m<sup>2</sup>, кујна и остава. Чиста висина соба могла је бити 2.5 m, на мансарди не испод 2 m, док је у осталим становима прописана чиста висина приземља од 3 m, спрата 2.8 m, а на мансарди 2,5 m. **Овај податак сведочи о другачијем комфору предвиђеном за мале станове.** Критику овако постављене дефиниције малих станова износио је Бранко Максимовић (1933) пошто је изградња оваквих станова ограничавана на куће, **са неадекватном максимално дозвољеном квадратуром у односу на предвиђени просторни комфор**, и знатна одступања од рационалнијих решења која су постојала у другим европским земљама (Вуксановић-Мацура, 2012, стр. 63).

На застарелост прописа из области грађења указују аутори почетком 60их година, нарочито прописа из области топлотне и звучне изолације, топлотне акумулације, контактне топлоте, осветљавања и проветравања, противпожарних мера, као и техничких прописа, где су још увек важили „Привремени технички прописи“ из 1947, који су, на пример, забрањивали примену шупљих блокова у конструкцији (Блуменау, 1962, стр 28). Мисли се на *Привремене прописе за стамбене зграде масовне изградње*, које је донело Министарство грађевина ФНРЈ, на основу испитивања које је вршио Институт Министарства грађевина<sup>25</sup>. Испитивања су публикована у каталогу типских пројеката *Преглед основа станова* (1948), а према њима су предвиђене три величине станова (Бајлон, 1975, стр.27):

- **мали**, за 3 особе, укупне бруто површине 62-68.5 m<sup>2</sup>, односно корисне површине од око 50 m<sup>2</sup>,
- **средњи**, за 4 особе, укупне бруто површине 75-82.5 m<sup>2</sup>, корисне површине од око 60 m<sup>2</sup>, и
- **велики**, за 5-6 особа, укупне бруто површине 85-93.5 m<sup>2</sup>, корисне површине од око 70 m<sup>2</sup>.

Наредна група закона из области пројектовања и грађења донесена је **1948.** године: *Основне уредбе о грађењу*, *Уредба о грађевинској инспекцији* и *Основне уредбе о пројектовању*. Ове уредбе дефинишу процедуре израде и усвајања, како и садржај, пројектне документације. У наредном периоду доноси се низ специјализованих прописа, који коригују површине прописане Привременим

---

<sup>25</sup> касније прераста у Институт за испитивање материјала СР Србије (ИМС), у ком се 1972. формира Центар за становање.

прописима из 1947. године било смањујући их, или повећавајући<sup>26</sup>. Са функционалне тачке гледишта, највећи проблем правио је третман дневног боравка, и питање да ли се допушта лежај за члана домаћинства у оквиру дневног боравка или стамбене кухиње. Углавном, у свим упутствима која прописују питања из пројектовања и изградње станова, сем у Привременим прописима из 1947. године, **предвиђа се за једног члана породице лежај у дневној соби** (Бајлон, 1975, стр.28).

Од значајних прописа донесених у овом периоду треба поменути *Правилник о привременим техничким прописима за грађење у сеизмичким подручјима* (1964), донесеним након скопског земљотреса 1963. Пошто су старе масивне зграде, зидане опеком у кречном малтеру, без серклажа и затега од пљоштег гвожђа, претрпеле знатна оштећења без могућности реконструкције, овај правилник уводи **неопходност пројектовања и извођења армиранобетонских серклажа**, и важи све до доношења новог, 1981. године (Ђукановић, 2015, стр.109).

Први општи пропис који третира питања просторног и термичког комфора у стамбеним објектима, слично закону из 1931., је *Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова* из 1967. године<sup>27</sup>. У погледу структуре стамбених просторија доње границе су смањене у односу на Грађевински закон из 1931. (минимална површина собе 12 m<sup>2</sup>), иако се **губи појам малог стана!** Од обавезних просторија наводе се улаз, кухиња, соба и купатило. Код станова са једном собом, кухињу је неопходно одвојити, а дозвољава се и издвајање клозета ван целине стана у случају непостојања канализације. У погледу минималних светлих висина, такође долази до смањења стандарда у односу на оне из 1931.: у стамбеним просторијама 2.40 m, на мансарди 1.50 m, а у просторијама за складиштење 2.10 m. Ширина собе није могла бити мања од половине њене дужине, а дубина већа од две и по светле висине. У погледу светлосног комфора одређена је само минимална површина прозора у односу на површину стана (седмина корисне површине), а обавезу природног осветљења имају само собе и кухиње, док

---

<sup>26</sup> односи се на станове у зградама грађеним за потребе ЈНА, детаљније видети у (Бајлон, 1975, стр. 28)

<sup>27</sup> Службени лист ФНРЈ, бр. 45/1967

се код купатила може решавати вештачким осветљењем, а проветравање вентилационим каналима. У погледу примењених материјала и елемената конструкције наводи се само да морају да задовољавају мере сигурности и отпорности према спољним утицајима, и да обезбеде **минимални животни век објекта од 60 година**. Члан 21. дефинише мере топлотне заштите, према климатским зонама, за неке елементе термичког омотача (фасадни зид, међуспратне конструкције и равни кровови), а такође се наводи да се "мора водити рачуна о летњој и зимској акумулацији топлоте, дифузији паре и отпорности конструкције и спојева конструкције према продирању ваздуха" (Радивојевић, 2003, стр. 101). Иако се овим прописом условљава само неколико елемената термичког комфора, то представља значајан корак, пошто је све до тад зид од цигле дебљине 38цм, обострано малтерисан, сматран довољним у погледу термичке заштите. Тек Правилник из 1970. године представља први нормативни акт који се односио искључиво на проблеме топлотне заштите објеката и знатно детаљније је дефинисао како њихове услове, тако и саме мере заштите (Радивојевић, 2003, стр. 102). Као и овој области, и у другим областима тек се група норматива донесена почетком 70их година може сматрати **реализованом на основу стварних стамбених потреба, уместо из потребе за рационализацијом грађења**, а показује резултате тек у наредном периоду (Ђукановић, 2015, стр.109).

### II.1.3 Типологија породичног становања

Постоји више могућих дефиниција и типологија објеката породичног становања. Основна је дефиниција да су то зграде индивидуалног становања, насупротив зградама колективног становања, које садрже до три стамбене јединице (стана) и до три надземне етажe (П+2 или П+1+Пк) (Минић-Шинжар, 2003). Неки аутори (Миленковић, 1991) дефинишу објекте породичног становања по својој основној карактеристици, а то је директан контакт објекта и спољашњег простора на нивоу приземља, па се кућом сматра јединство унутрашњег простора и окружујућег дворишног простора. Такође, интересантну типологију кућа према карактеру суседства (комшилука) које сачињавају даје Јурај Неидхардт (Neidhardt, 1954), и разликује следеће типове: индивидуални (једна стамбена јединица),

полуиндивидуални (две стамбене јединице једна изнад друге) и у низовима. Неколико аутора даје различите типологије према броју груписаних стамбених јединица и положају објекта на парцели (Минић-Шинжар, 2003):

- слободностојећа, двојна, зграда у низу, двојни низ (Н.Боровница);
- самостална зграда, спојена зграда, зграде у низу (Б.Максимовић);
- кућа (слободностојећа), двокућа, четворокућа, кућа у низу (Б.Миленковић).

Типологија стамбених зграда дефинисана у попису становништва, разликује следеће типове зграда:

- издвојена зграда с једним станом,
- издвојена зграда са два стана (један изнад другог),
- полуиздвојена зграда (два припојена стана),
- зграда у низу (с најмање три припојена стана од којих сваки има свој улаз),
- стамбена зграда са 3-9 станова, и
- стамбена зграда са 10 и више станова (Попис становништва, 2011).

Како је главни фокус овог истраживања анализа карактеристика релевантних за перформансе у погледу енергетске ефикасности, дефинисана су три типа породичних кућа на основу релевантних карактеристика:

- слободностојећа,
- централна зграда у низу, и
- крајња зграда у низу.

Како је чест случај да у оквиру слободностојећих кућа постоји подела унутрашњег простора на стамбене јединице по вертикали и хоризонтали, **усвојено је да се зграде са до 4 стана сматрају зградама породичног становања**. Типолошка матрица зграда породичног становања, са процентуалном заступљеношћу типова приказана је на **Слика II-4** (Јовановић Поповић и други, 2012). Током даљег рада на дефинисању Националне типологије направљене су неке промене у типолошкој матрици, сходно резултатима истраживања и обрађеним статистичким подацима.

Зграде колективног становања одају утисак доминатног облика становања у градовима. Ипак, територија града већа је од његовог урбаног дела, и укључује приградске делове, као и подручја руралног карактера, у којима доминира породично становање. Породично становање обухвата зграде које у свом саставу имају углавном једну или две, а највише четири стамбене јединице (стана). У попису стамбених објеката, свака зграда је представљена својим поштанским

бројем, што значи да породична кућа одговара згради са једним улазом, док се број станова занемарује. На основу овако постављеног узорка, дистрибуција по броју зграда показује да невероватних 97.32% стамбеног фонда чини породично становање. Дистрибуција по броју станова показује да је 73.09% станова налази у објектима породичног становања, што чини значајних 60.77% укупне површине стамбеног фонда Србије.

Породичне куће изграђене у периоду 1946-1970 чине 35% фонда породичног становања (Јовановић Поповић *и други*, 2012), што је илустровано на **Слици II-4**, и око 31% укупног стамбеног фонда према броју зграда (Јовановић Поповић *и други*, 2013b). Већ овај податак о заступљености овог дела стамбеног фонда довољно говори о његовом значају и потенцијалним ушедама енергије његовом обновом.



**Слика II-4.** Типологија породичног становања са наглашеним предметним периодом (C) (Јовановић Поповић и други, 2012, стр.16)

Према методологији примењеној у изради националне типологије сваки тип представљен је реалним репрезентом који највише одговара моделском типу. Моделски тип се дефинише на основу најзаступљенијих карактеристика на нивоу целог типа, одређених на основу прегледа и анализе целокупног узорка. Процена енергетских перформанси дела грађевинског фонда врши се према процени енергетских перформанси реалног репрезента и мултипликовањем са укупном површином према подацима о заступљености типа. Ова методологија детаљно је објашњена у претходним публикацијама (Јовановић Поповић и Радивојевић, 2012). Оно што је интересантно за грађевински фонд породичног становања предметног периода је изузетна хомогеност узорка према којем је извршен избор реалног репрезента. То значи да је даља процена могућности унапређења на одабраним реалним репрезентима изузетно релевантна за процену унапређења целог грађевинског фонда одабраног типа. Закључак о изузетној хомогености узорка потврђен је и кроз даљи рад, приликом испитивања могућности примене Националном типологије на локалном нивоу. У склопу пилот пројекта на међународном пројекту EPISCOPE<sup>28</sup>, закључено је да се најмање разлике у локалним типологијама стамбених зграда, независно од примењеног метода узорковања<sup>29</sup>, јављају управо код типова породичног становања предметног периода, односно да локални репрезенти типова, тј. њихове карактеристике, одговарају репрезентима из Националне типологије. Дефинисана методологија за израду локалних типологија предвиђа преузимање ових типова из националне типологије, чиме њихово даље истраживање додатно добија на значају.

---

<sup>28</sup> <http://episcope.eu/communication/download/> приступљено 20.07.2015.

<sup>29</sup> Пилот пројекат који је за циљ имао проверу методологије за израду локалних типологија у склопу помоћи општинама при изради Локалних акционих планова енергетске ефикасности (ЛЕАП) реализован је током краја 2014. и прве половине 2015. године у сарадњи са општином Вршац, у склопу међународног пројекта EPISCOPE, уз подршку GIZ-а. Резултат пројекта представља поређење локалних типологија насталих применом два метода узорковања: *одозго на доле* (TOP DOWN) преузимањем узорка из узорка пописаних зграда током израде Националне типологије, и *одоздо на горе* (BOTTOM UP) формирањем новог узорка на локалном нивоу, и објављени су у извештају који обухвата извештаје свих земаља учесника пројекта које су пилот пројекте спроводиле на локалном нивоу (Јовановић Поповић и други, 2016).



## II.2 Карактеристике индивидуалне стамбене изградње

Као што је већ поменуто, на основу испитаног узорка за потребе израде Националне типологије, установљено је да узорак кућа истраживаног периода одликују изузетно хомогене карактеристике, а кроз рад на испитивању историјског контекста и доступне грађе потврђена је претпоставка о доминантној примени типских пројеката, који су идентификовани. Такође, расветљени су и друштвено-политички обрасци који су условили формирање карактеристичних типова, урбане матрице предграђа која они сачињавају, као и организација индивидуалног облика изградње. У наредном делу биће речи о материјално-технолошким и архитектонским карактеристикама породичних кућа грађених током предметног периода, као и о запаженим карактеристикама испитаног узорка.

### II.2.1 Примена типских пројеката

Примена типских пројеката не представља нову појаву у архитектури. Мате Бајлон наводи да Себастијано Серлио (Sebastiano Serlio) још у рукопису из шеснаестог века предлаже различите типове стамбених зграда за различите профиле корисника, почев од сиромашног сељака па све до богатог трговца (Бајлон, 1980, стр. 86). Према типским пројектима реномираних архитеката рађене су и куће у поменутиим предратним насељима по узору на вртне градове (Ћоровић, 2009, стр.46, 51,52). Значај типских пројеката у истраживаном периоду истиче се искључиво у контексту развоја индустријализованог грађења, у строго контролисаним условима, без могућности одступања од пројектованих типова.<sup>30</sup> Тек се у каснијим истраживањима приступило дефинисању појма типског (каталогског) пројектовања, као облика посредног пројектовања са ограниченим

---

<sup>30</sup> У тексту „*Типизација као услов економске ефективности у грађевинарству*“ (Јовановић, 1969) аутор наводи иностране примере примене типских пројеката (Америка, Немачка, Данска, Холандија), истичући да се ради о капиталистичким земљама, а наводи се и податак да се типски пројекти за сеоске објекте помињу и у предратном грађевинском закону из 1931., чиме се стиче утисак да аутор покушава да оправда наставак примене типских пројеката, у индустријализованом начину грађења, пошто очигледно не сматра да је њихова дотадашња примена дала добре резултате.

или отвореним скупом елемената, и испитивању могућности које овај облик пројектовања пружа у индустријализованим условима изградње (Лазовић, 1986, 29-30).

Треба поменути да је пре конкурса из 1951. постојао још и *Општи конкурс за типове стамбених зграда* расписан јануара 1947. године, по совјетским узорима, на коме су добијена и решења приземних кућа и мањих стамбених зграда. Заправо, за ове типове се ни не може рећи да су „једнопородичне“ или „слободностојеће куће“ пошто не означавају објекат за једну породицу на сопственој парцели, јер таквих у радничким насељима није било, а пошто нема индивидуалне парцеле породична кућа је само „стан са сопственим улазом“ (Живанчевић, 2012, стр. 147). Ова решења нису у пракси масовно примењивана, зато што су била скупа у односу на број станова који су обезбеђивала, а нису била у спрези са заиста индивидуалним начином изградње, доделом парцела индивидуалним градитељима, а ни прилагођена њиховим потребама.

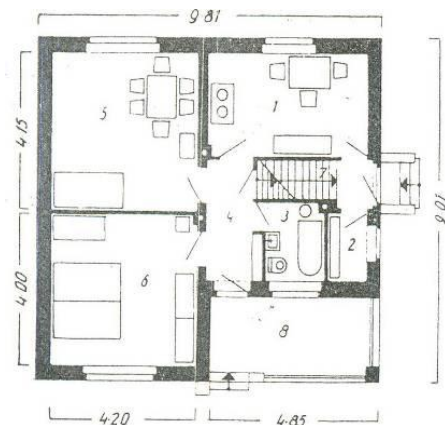
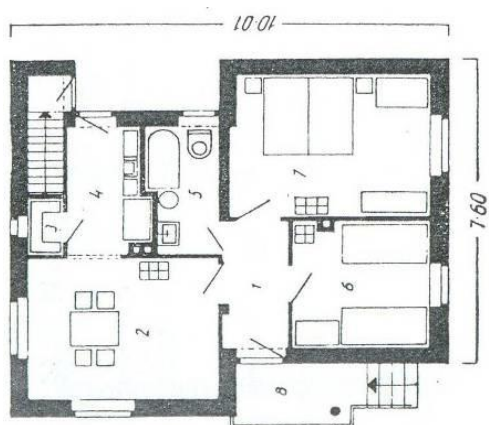
Тек је конкурс из 1951. за циљну групу градитеља управо имао сељака радника, полупролетера, и решење његових стамбених потреба. Типски пројекти радничких кућа добијени су на архитектонском *Конкурсу за идејна решења стамбених зграда за једну породицу (1951)*, након чега се приступило изради главних пројеката, предмера и предрачуна (1952) за 60 одабраних пројеката. Сличан конкурс расписан је у свим југословенским републикама (Хрватска, Босна и Херцеговина, Црна Гора), са мањим варијацијама пројектног задатка у погледу дефинисаних типова. Разрађивани су само они награђени и откупљени радови за које се сматрало да ће бити најчешће примењивани, а избор су вршили сами аутори, уз контролу стручне комисије<sup>31</sup>. Каталог одабраних решења објављен је као

---

<sup>31</sup> комисија у саставу: Душан Стефановић, помоћник директора Главне управе за комуналне послове НРС и архитекти Миладин Прљевић, Милорад Мацура, Никола Шерцер и Божидар Ћалић; док је жири конкурса био у саставу: арх. Жива Ћорђевић, помоћник председника Савета за грађевинске и комуналне послове НРС (председник), Душан Стефановић (заменик председника), Бранислав Пиха, начелник одељења ГУКП (секретар), Зоран Васиљевић, виши грађ. техн. (заменик секретара) и представници ДАС-а: инж.арх. Богдан Несторовић, професор Техничке велике школе, инж.арх. Милорад Мацура, инж.арх. Рато Богојевић (заменик инж. Алекса Бркић), као и чланови које је одредио расписивачки конкурс: инж.арх. Миладин Прљевић, инж.арх. Јозеф Кортус и инж.арх. Владета Максимовић.

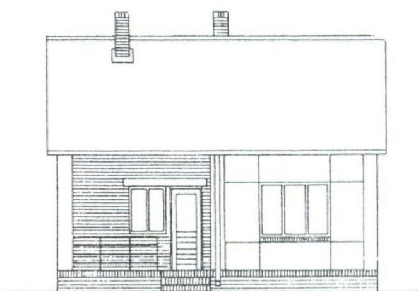
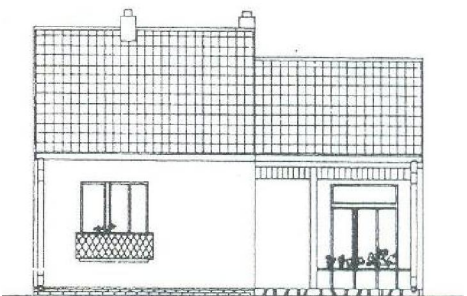
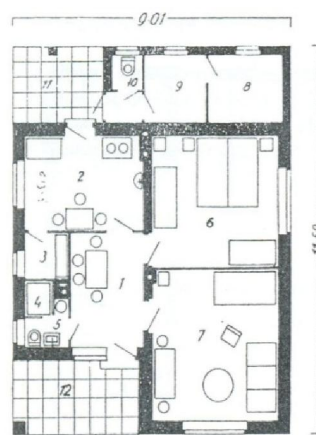
*Преглед типских пројеката малих станбених зграда (1953)* у издању Станбено-комуналне секције Економског института НР Србије, и стављен на располагање заинтересованим градитељима. Иако је почетни интерес био велик, само 262 зграде су изграђене током 1953. године (Пиха, 1953) а 350 током 1954. (Недић, 1954), пошто је подухват индивидуалног грађења и даље захтевао знатна средства. Ипак, парцеле намењене индивидуалној изградњи додељиване су у великом броју (Недић, 1954).

У Србији су типови одређени конкурсним задатком из 1951. дефинисани према броју постеља и начину изградње зграде: приземне зграде (3,4,6 постеља) и једностратне (4 и 6 постеља) зграде, све у варијантама самосталне, двојне и зграде у низу – укупно 15 типова (Економски Институт НР Србије, 1953). Иако се апеловало на потенцијалне градитеље да изаберу што рационалније типове зграда, скоро **апсолутна већина определила се за изградњу најнерационалнијег типа: приземног слободностојећег објекта** (Недић, 1954). Типски пројекти су у пракси додатно поједностављивани и углавном грађени без подрума. Неки од представника награђених радова, који су касније највише примењивани у пракси, приказани су на **Слици II-5**. У каталогу типских пројеката из 1953. наводи се да је "програм дефинисан доста широко, са нормативима изнад оних који су раније били прописани", при чему се вероватно мисли на Привремене прописе из 1947. године и типске пројекте станова из каталога из 1948. У погледу положаја на парцели и организације парцеле наводи се да је препоручено да се зграда постави тако да парцелу дели на предњи и задњи део, са баштом према улици, и задњим, економским делом, са помоћним зградама (нужник, перионица, шупа за огрев, свињац, кокошарник и сл.), воћњаком и повртњаком. Овакав опис у складу је са поменутиим карактеристикама и тежњама индивидуалних градитеља да задрже повезаност са пољопривредном делатношћу (башта, окућница, узгој домаћих животиња) и на тај начин олакшају економске прилике. У погледу оријентације, наводи се да се промена основне оријентације, која је дата као најпогоднија, може лако извести, уз евентуално пробијање прозора на пуним зидовима и затварањем предвиђених прозорских отвора. Овакво тумачење указује на потпуно занемаривање утицаја оријентације и осунчања на положај и распоред унутрашњих просторија, већ само на распоред и величину фасадних отвора.



a)

b)



d)

c)

Слика II-5. Пројекти из каталога типских пројеката малих стамбених зграда (1953) : а) И. Куртовић, Ђ. Стефановић, И. Антић (Тип 013-2); б) Н. Петровић (Тип 013-4); с) М.Бајлон, Б.Миленковић (Тип 013-9); д) М. Пантовић (Тип 013-5)

Постоје велике разлике између конкурсних пројеката<sup>32</sup> и пројеката објављених у каталогу у издању Економског института намењеног примени у пракси, као и између изграђених објеката и пројеката из каталога. Један од учесника конкурса и аутор награђених радова, Мате Бајлон, критикује овакву праксу, пошто су идејни пројекти добијени на конкурс, уместо да буду разрађивани у пракси, послужили за креирање базе типских решења, а онда искоришћени од стране инвеститора за добијање дозвола и слободно мењани током извођења (Бајлон, 1980, стр.95). Такође, критику односа према индивидуалним градитељима и понуђеним типским, односно, каталошким пројектима износи доста касније, у приказу једног успешног пројекта породичне викенд куће, Ивица Млађеновић: „*На брзину направљени, скоро сви ти пројекти очигледно показују и наш став према човеку који се одлучио да гради сопствену кућу.*“ (Млађеновић, 1977). Већина градитеља је градила по сопственом нахођењу, без поштовања пројекта, па се резултат налази негде између њихових жеља и реалних могућности условљених расположивим средствима. Те жеље су углавном пуне романтичарских идеја "кућице у цвећу" (*self-contained cottage*) које доминирају већим делом Западне Европе, као последица интерпретације теорија регионализма и повратка коренима (*return to the soil*) (Pawley, 1971). Код нас се пандан овим тенденцијама може тражити у идеји фолклоризма, која је у реализованим објектима у суштини незнатна, често формална, и држи се на танкој нити интуитивног порива (Марић, 2010, стр. 139). Карактеристично је да су типски пројекти највише примењивани у пракси, што се може закључити из анализираног узорка зграда, управо пројекти какве су предложили архитекте Куртовић и Петровић, бар што се тиче формалних карактеристика, што је у складу са претходним наводима примене фолклористичких идеја, пошто се ослањају на карактеристике традиционалне архитектуре централне Србије (трем, четвороводан кров, однос отвора и пуног фасадног платна<sup>33</sup>) и представљају логично опредељење индивидуалних градитеља. Ови градитељи постају носиоци те фолклористичке идеје, у виду тзв. *архитектуре без архитеката*, или популистичке архитектуре, која иако несистематична и површна, и не толико важна за историју архитектуре, представља

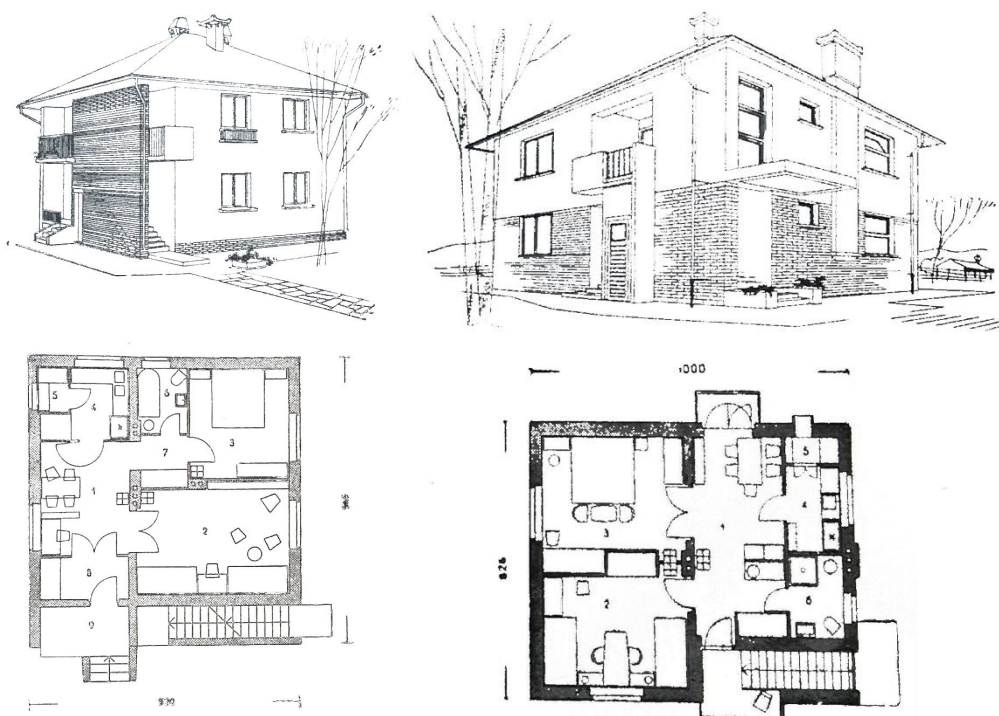
---

<sup>32</sup> објављених у приказу конкурсних решења у часопису *Архитектура* бр. 4/1952

<sup>33</sup> видети детаљније у Марић, 2010

индикатор општег стања духа, и као таква представља својеврстан феномен (Марић, 2010, стр. 139). Ове формалне карактеристике нису наишле на одобравање стручне јавности, већ су називане "стереотипним", и "без корисних новости"<sup>34</sup>. Савременији предлози, попут предлога архитеката Бајлона, Миленковића и Пантовића нису се нашли у широкој примени у пракси, иако су по предрачунским вредностима били јефтинији од нашироко примењиваних пројеката.

Пошто је прво издање каталога типских пројеката Економског института распродато, наручена је израда нових пројеката, увећаног програма. **1958. објављено је друго издање каталога типских пројеката**, допуњено пројектима малих стамбених зграда (до 7 станова) водећих архитеката овог периода (Б.Миленковић, И.Куртовић, М.Бајлон, У.Богуновић, Б.Богдановић, Б.Алексић, М.Мацура), под стручним надзором арх. Николе Шерцера. На основу увида у пројекте додатних типова, издвојени су они који су препознати као касније најпримењиванији у пракси (Слика II-6).



**Слика II-6.** Пројекти из каталога типских пројеката малих стамбених зграда (1958) : лево - Б. Алексић (Тип 114-8-II); десно - З. Петровић (Тип 114-6-II)

<sup>34</sup> формулација из приказа у *Архитектури* бр. 4/1952

Реч је пре свега о типовима слободностојећих зграда, углавном мањег програма (2 стана), компактне форме и четвороводног крова. Каталог типских пројеката објављен 1958. године проширен је пројектима за једносратне самосталне зграде (1-4 стана), зграде у низу (1 и 4 стана) и двосратне самосталне зграде (5 и више станова), нарученим и разрађиваним током 1956/1957 године. У уводу овог издања стоји да је у периоду од 1953-1957 продато око 6500 типских пројеката из претходног каталога, на основу којих је изграђено око 2000 кућа. Наглашен је и значај који ова пракса има у сузбијању бесправне изградње.

Значај типских пројеката насталих на основу конкурсних решења из 1951. и каснијом разрадом, препознат је на анализираном узорку, и закључено је да су пројекти из каталога типских пројеката из 1953. и 1958. служили као пројектантски основ за индивидуалну изградњу током читавог предметног периода<sup>35</sup>, али и касније, током 70их година<sup>36</sup>, све до појаве "друге генерације" типских пројеката за тржиште развијаних у склопу архитектонских бироа (*Сигмапројект, Нови стан*). Ови типски пројекти су знатно већи и комплекснији, и често су намењени за изградњу викендица, иако су све до последњих деценија XX века експлоатисани у огромним размерама, постајући тако карактеристичан стереотип индивидуалне породичне изградње у Србији.

---

<sup>35</sup> Пејановић наводи податак да око 75% индивидуалних градилишта користи типске пројекте, чији избор није велик, а прилагођавање конкретним условима локације је нестручно и резултира ниским нивоом реализованих објеката (Пејановић, 1968, стр.18).

<sup>36</sup> Видети примере у (Јовановић Поповић *и други*, 2012, стр. 98-101 и 162-165)

## II.2.2 Материјално-технолошке карактеристике

Материјализација кућа предметног периода спада у једну од доминантно хомогених карактеристика, будући да преовлађују масивне зидане конструкције. Иако је непосредно након завршетка рата прокламована изградња према савременим начелима монтажне изградње, па је чак било изјава да треба што пре рашчистити са „старим материјалима“, односно, сасвим ликвидирати камен и циглу и прећи на производњу и примену „материјала будућности“ (Живанчевић, 2012, стр. 442). У светлу ове намере треба схватити и *Наредбу о штедњи креча и опеке* (1949), која делује изненађујуће с обзиром на велике количине опеке које су се користиле (чак су постојала и такмичења у печењу цигле и зидању), тако да је несташница опеке која је уследила заправо плански спроведена, у складу са прокламовањем да „цигла мора нестати као основни елемент“ (Живанчевић, 2012, стр. 441) и да „следеће године ниједна нова кућа неће се градити од цигле“<sup>37</sup>. Поменута Наредба предвиђала је да се темељи граде од набијеног бетона и камена, да најдебљи зид од опеке сме имати 25cm, а тек у оправданим случајевима 38 и др.(Живанчевић, 2012, стр. 441).

Све наведено примећено је и на узорку пописаних зграда, али су примећена и одступања у виду примене локалних и традиционалних материјала, пре свега на старијим сеоским кућама<sup>38</sup>, из прве деценије предметног периода, што се може објаснити тиме да је поменута наредба довела до подстицања инвентивне употребе локално доступних материјала<sup>39</sup>, нарочито набоја и ћерпича, као алтернатива опеци, као и употребе нових материјала, нарочито оних који су настајали као нус-

---

<sup>37</sup> речи Бориса Кидрича, председника привредног савета владе ФНРЈ, из Записника са конференције привредног савета владе ФНРЈ по питању даље борбе за испуњење плана, одржане 13.јула 1949. године, Архив Југославије, 10-4-9, цитирано у (Живанчевић, 2012, стр. 448)

<sup>38</sup> Видети пример у (Јовановић Поповић *и други*, 2012, стр. 94-97)

<sup>39</sup> о чему сведочи неколико примера: упутство инжењера М.Максимовића, управника Грађевинског института НРС „Набој као грађевински материјал“, за рад у набоју, који треба да промовише употребу овог материјала (Максимовић М., Изградња 3/1949, стр. 23), чланак „Користимо локалне материјале“ (Изградња 8-9/1949, стр.44-46), типска решења за куће од набоја др. инжењера Константина Петровића из Покрајинског грађевинског предузећа из Суботице (Изградња 4/1949).



производ новоразвијених индустријских постројења (шљака, туф)<sup>40</sup>. Такође, сва техничка решења која су доносила уштеде у материјалу и потребној радној снази била су промовисана<sup>41</sup>. Кроз поменућу примену локално доступних материјала (камен, набој, опека) огледају се и последње регионалне карактеристике, које до краја предметног периода потпуно ишчезавају (Јовановић Поповић *и други*, 2014).

Током 50их све тежње ка индустријализацији и примени савремених материјала остају недостижне, нарочито у домену индивидуалне изградње. Иако је расписан и конкурс за монтажне стамбене зграде од индустријски изграђених елемената (1949), а од резултата се очекивало да направе прекретницу у домаћем грађевинарству, значајнијег помака у овом правцу није било. Пробој индустријализованих техника грађења вршен је постепено, пре свега у колективном становању. Грађени су експериментални блокови применом лаког материјала ("Таролит БД" плоче), у пуном систему монтажне градње, који су обухватили и објекте ниске спратности намењене индивидуалном становању, као што је насеље на Карабурми<sup>42</sup>. Ипак, овакав облик индивидуалне изградње не може се сматрати карактеристичним за период, пошто су стамбени блокови намењени колективном становању у којима су били предвиђени и објекти индивидуалног становања представљали праву реткост. Тек пред крај истраживаног периода, са изградњом значајних стамбених комплекса на више локација у ширим градским и приградским зонама, постаје уобичајено да се као саставни део урбанистичког решења јављају и индивидуални стамбени објекти, углавном груписани у низове, додуше са малом заступљеношћу. Зграде приказане на **Слици II-7** део су насеља Шумице, грађеног унапређеним традиционалним техникама, у масивном систему, са зидовима од опеке и гитер блокова, и равним крововима (INPROS, 1969).

---

<sup>40</sup> Приказ карактеристика и искустава примене шљакобетона у изградњи типских пројеката, углавном у Срему (Атанасковић С., „Шљакобетон као грађевински материјал“ (Изградња, 8-9/1949, стр. 10-27)).

<sup>41</sup> Похвала зидару Николи Петровићу због увођења новог начина зидања, опеком и каменом (Изградња, 1-2/1949), упућивање на зидање путем вођица и калуца, малтерисање путем вођица, плафонирање путем израде готових плафонских плоча од летава и трске (Изградња, 4/1949), само су неки од примера наведене праксе.

<sup>42</sup> "Опитни стамбени блок у Београду – Употреба лаког грађевинског материјала домаће производње", М.С., Изградња 5-6/1958, стр. 23-24



Слика II-7. Низови породичних кућа у склопу насеља Шумице (INPROS, 1969)

Такође, писано је о могућношћу примене и других савремених материјала у изградњи породичних објеката, као нпр. сипорекса, по узору на инострана искуства у потпуној префабрикацији приземних стамбених зграда за једну породицу (Пејановић, 1964), истичући могућност постизања пријатног амбијента и поред потпуне типизације не само елемената, већ и читавих објеката. Покушавано је и покретање организоване производње елемената, па и целих склопова стамбених јединица (Трудбеник), али се монтажна градња увек испостављала скупљом од традиционалних техника изградње (Пиха, 1953). Илустративно је да су сви типски пројекти добијени на основу поменутог конкурса за пројекте једнопородичних кућа за раднике из 1951. године, предвиђени за изградњу традиционалним техникама. Такође, на узорку анализираних зграда није било објеката грађених у било ком индустријализованом систему.

За разлику од карактеристика зграда колективног становања, на које је утицао развој индустријализованих техника грађења, у виду изградње експериманталних насеља током 60их, као одговора на униформност и монотоност архитектуре прве деценије периода (Јовановић Поповић *и други*, 2013а), карактеристике објеката индивидуалног становања остају исте током читавог периода, а што се тиче технологије градње и примењених материјала асољутно доминира масивни систем изградње традиционалним техникама градње.

## II.2.3 Функционалне карактеристике и просторни комфор

Неке од основних карактеристика вишепородичних зграда предметног периода такође су присутне и у индивидуалној породичној изградњи: једноставне форме, мала стамбена површина, мала спратност, и једноставност у архитектонском изразу. То је све у складу са величањем императива „*економске рачунице пре свега и изнад свега*“ и критика домаћих предратних аутора који се „*просто разбацују са драгоценим изграђеним површинама, које се као такве кроз нерационално искористићују (претеране балконске површине, лођије и др.)... Да не говоримо о скупим функционално и климатски потпуно неоправданим обрадама фасада, разни брисолеји, транзене и извођење компликованих испада на фасадама*“ (Вуков, 1955, стр. 25). Међу архитектама владало је одушевљење новим концептима становања и примени индустријализованих принципа грађења, а идеал у погледу индивидуалног становања виђен је у америчким „*резиденцијама*“<sup>43</sup>. Овај идеал потиче још од предратног времена, о чему сведочи приказ пројекта за стамбену колонију у Прагу у коме се истичу узорни у америчкој архитектури којима треба тежити „*мале, а лепе, удобне и јевтине виле за по једну породицу, на супрот грдосијама од вила... по унутрашњем уређењу подсећају на модерни калифорнијски „бенгало“ (bungalow), прави идеал јевтиног, а при том удобног, хигијенског и укусног стана...*“ (Петровић, 1930, стр. 486). Функционалне одлике ове архитектуре које се истичу су пространа соба за седење преко дана, „*типа америчког „living-room“ –а или „sunparlour“–а*“, огромни прозори, мала трпезарија, мање, а светле спаваће собе, издвојена соба за *млађе* (служавку), кухиња са најмодернијим уређајима за прање и одлив воде америчког типа као и гаража за аутомобил. Иако се ради о недостижном стандарду за послератне градитеље, одређене функционалне одлике од наведених, као што је диференцијација величине просторија према функцији, и преиспитивање функционалних веза (улога трпезарије) могле су да послуже као смернице за пројектовање.

---

<sup>43</sup> „*Америчка ладањска кућа т. зв. "резиденција", представља данас стандард тип индивидуалног становања, а уједно представља такво становање, какво данас може имати само мали број људи – сретника.*“ (Албини, 1952, стр. 37)

Уместо ових савремених тенденција, концепт за формирање радничких насеља раног послератног периода као да се надовезао на постојећа предратна искуства у пројектовању радничких станова. Као и тековине изучавања проблематике минималног стана, „станови за минимум егзистенције“<sup>44</sup> постали су парадигма радничког становања предратног периода, оличеног кроз изградњу радничких колонија<sup>45</sup>. Овај принцип решавања стамбеног проблема радничке класе промовисао је пре свега Бранко Максимовић, и сам аутор неколико радничких колонија<sup>46</sup>. Илустративни су подаци за Београд након пописа 1954.године, а то је да је просечна величина станова у приватном власништву око 39 m<sup>2</sup>, просечна величина собе око 15 m<sup>2</sup>, док су станови претежно двособни<sup>47</sup>. У књизи Душана Грабријана, *Развојни пут наше савремене куће* (1973) приказани је Лосов (Adolf Loos) програм радничке куће, као и примери Ле Корбизјеових (Le Corbusier) минималних кућа и станова. **Истиче се Лосово начело, да када се пројектује мала кућа, треба кренути од баште, јер је она примарна, а кућа секундарна ствар.** Треба истаћи да се и у Лосовој концепцији мале радничке куће **башта третира као економско двориште**, са гајењем култура и хигијенском улогом, пошто у кући не предвиђа тоалет, што стамбеној кухињи, као главној просторији дневне, приземне зоне, оставља наспраман положај економском излазу у двориште, уз који су смештене перионица и остава. У организационом смислу се истиче подела на дневну и ноћну зону, и потреба да ноћна зона буде потпуно одвојена од дневне, по могућству на спрату. Такође се истиче значај флексибилног и растегљивог простора, у смислу садржавања могућности постепеног развијања и сталног додавања. Корбизјеова критика грађанских предратних кућа које се шире по градским периферијама, које назива насељима у облику експлозије гранате, везује се за потребу грађанског слоја за поседовањем куће. Еволуција кућа грађанског слоја почива на реформи грађанског стана, и идеји еластичног стана, реформе

---

<sup>44</sup> „Existenzminimum“ концепт промовисан на конгресу CIAM-а у Франкфурту 1929.

<sup>45</sup> Експлицитан пример преузимања принципа Existenzminimum наводи се за крагујевачку Стару радничку колонију из 1928. (Ђоровић, 2009, стр.46)

<sup>46</sup> Све у Београду, најпознатије су у Железнику, у Хумској улици и на Звездари.

<sup>47</sup> *Собне површине нису издиференциране према намени, већ су скоро увек исте. Преовлађују станбене кухиње, купатила су велика.* (Пиха, 1956, стр.59)

намештаја и односа према уређењу стамбене површине, у правцу задовољења потреба савременог радног човека – укратко: садржи све значајне тековине модерног покрета у стамбеној архитектури.

Радничке стамбене колоније које настају у предметном периоду одликује „преовлађујући образац становања скромног и рационалног комфора“ (Аврамовић, 2011, стр.33). Монотоност и безличност архитектуре која тако настаје често је критикована у наредним деценијама. Један од ретких примера ауторске архитектуре у овој области представља радничко стамбено насеље „Пивара“ фабрике Каблова у Јагодини које је пројектовао Драгиша Брашован<sup>48</sup>, изграђено у периоду 1949-1951. Иако се ради о колективном становању, основни урбанистички концепт пројекта везује се за **карактеристике индивидуалног** (Аврамовић, 2011, стр. 75): објекти слободно стоје на парцели, станови имају непосредну везу са тлом, предбаште и засебне прилазе, као и четворострану оријентацију (Слика II-8). Архитектонски концепт базира се на идеји модернизоване народне архитектуре моравског краја, што се огледа у волуметрији, односу зидних и кровних равни (четвороводни кровови, стрехе), материјализацији (ћерамида, вештачки камен са детаљима у опеци) и обликовним елементима (залучени отвори на лођама и тремовима, као и лучни прозори).



Слика II-8. Радничко стамбено насеље фабрике Каблова у Јагодини, арх. Драгиша Брашован

---

<sup>48</sup> испред Пројектног завода НР Србије, а у оквиру атељеа *Савремена архитектура* са арх. Ђорђе Петровићем

Крајем предметног периода (1966-67) формира се у још једно радничко насеље фабрике Каблова, пројектовано у оквиру истог бироа. Реч је о комплексу низова приземних и спратних зграда у улици Кнеза Милоша у Јагодини, састављених од индивидуалних и вишепородичних стамбених зграда (Аврамовић, 2011, стр. 91-93). Индивидуалне спратне стамбене зграде у низу састављене су од 7 ламела, од којих је свака испројектована као комфоран трособан стан са подрумом, приземљем и спратом, са поделом на дневну и ноћну зону по вертикали. У приземљу је веза са двориштем остварена преко кухиње са трпезаријом, док је дневни боравак оријентисан ка улици. Код приземних низова стамбених зграда организација станова је као двособни са централним предсобљем. Кухиња са трпезаријом и дневна соба смештене су ка уличној страни, док је излаз у двориште омогућен спаваћој соби и преко сервисног степеништа којим се силази у подрум. Иако је вештим комбиновањем спратних и приземних јединица, њиховим смицањем и варирањем материјализације избегнута монотоност и постигнут квалитет урбанистичког решења, квалитет архитектонског решења пре свега почива на разноврсној материјализацији, него на функционалним решењима индивидуалних стамбених јединица. Станови су скромни, без квалитетне везе са двориштем, као једне од битних одлика просторног комфора породичног становања. **У овом односу огледа се наслеђени третман дворишта као економског у индивидуалном становању предметног периода**, налик на поменутог Лосов концепт малих радничких кућа. Слични проблеми и функционални распоред примећен је и на анализираном узорку код типова кућа у низу<sup>49</sup>.

Значај везе са отвореним простором истиче се тек у другој половини периода, кроз препоруке за пројектовање балкона, лођа и тераса у склопу стамбеног простора<sup>50</sup>, који су у првим годинама послератне обнове сматрани луксузом у станоградњи. Такође, критикује се дотадашње третирање жеље за индивидуалним вртом као одлике малограђанског наслеђа, а ради остваривања везе са двориштем, код породичног становања, препоручује се повећање густине становања применом

---

<sup>49</sup> Видети пример у (Јовановић Поповић и други, 2012, стр. 70-73)

<sup>50</sup> „Данашњи човек осећа потребу да се после рада, при повратку кући, одмори у оквиру свога стана, а на чистом ваздуху отвореног простора.“ (Бешлић, 1964); чланак „Отворени део стана у условима велике густине насељености“ (Бјеликов, 1963);

полуатријумских и атријумских типова, тј. свођење парцеле на меру минималног отвореног простора (50 m<sup>2</sup>), лишеног економске функције, односно сведеног на „величину нешто веће просторије отворене према небу а оптички изоловане од спољног света“ (Бјеликов, 1964, стр.52). Истиче се да по облику изградње, овај принцип захтева спајање више породичних станова и јединствени приземни или спратни објекат који се приближава концепту колективне стамбене изградње мање спратности, који би могао да допринесе ревизији концепције породичне парцеле, уз оријентацију породичне изградње на терене у већем паду. Аутор поменутог текста закључује да „*ове концепције упућују и на ревизију односа према наслеђу малограђанске архитектуре и урбанизма у Војводини и муслиманских равничарских кућа на Космету, чиме би се овај део наслеђа укључио у развој савремених градова*“. Иако је било архитеката који су истраживали и истицали квалитете народног градитељства (Ранко Финдрик, Бранислав Којић), као што је повезаност са окружењем „...*стан није само кућа, део стана је и двориште са свим зградама и помоћним просторијама...*“ (Финдрик 1962, стр.30), то жалост није имало одјека у пројектима који су се израђивали у послератним годинама. **У типовима кућа за раднике двориште је третирано као мало пољопривредно имање, па је и веза са њим сведена на економску везу.**

У каснијим истраживањима приградских насеља, критикује се изградња по типским пројектима, који се мењају приликом зидања, пошто нису прилагођени ни терену ни потребама будућих станара. Запажено је и губљење свих регионалних карактеристика и веза са традиционалних кућама код објекта грађених након 60их година, док су типови изграђени до тад још увек задржали неке карактеристике традиционалних кућа (трем, летња кухиња и сл.) (Ђуровић, 1982, стр. 58,72).

Иако је употребна вредност стана и његова флексибилност темељно проучавана током наредних периода, а резултати ових студија дали су сјајне резултате у организацији станова вишепородичног становања, индивидуална изградња потпуно је запостављена у овим анализама. Иако је примећена тенденција повећања површине кућа породичног становања крајем истраживаног и током наредних периода, у којима саграђени простор превазилази тренутне потребе, у покушају да се обезбеде „залихе“ стамбеног простора и за следеће генерације (Ђуровић, 1982), препуштена сама себи, оваква изградња дала је катастрофалне

результате у погледу употребне вредности, и резултирала огромном лоше искоришћеном квадратуром. Чак и сами градитељи, интервјуисани за потребе једног истраживања<sup>51</sup>, наводе да су незадовољни понуђеним пројектима, у погледу функционалних и обликовних карактеристика понуђене архитектуре, и да би правили куће са мањом квадратуром, кад би били у могућности да их опет граде.

## II.2.4 Архитектонске одлике

У првим послератним годинама, обележеним фанатичном имплементацијом Првог петогодишњег плана обнове, није много пажње поклањано архитектонским квалитетима изграђених зграда. Једини императив је био рационалност, односно јефтина изградња, прокламована кроз начела масовне монтажне изградње стамбених зграда. Али како ће до остваривања овог циља проћи више од деценије, резултат првих година масовне послератне изградње био је далеко од очекиваног. Несталност у погледу архитектонских узора (совјетски, амерички, домаће градитељско наслеђе...) од којих су неки били потпуно недостижни, док се са другима повремено раскидало, као и општа оскудица, довела је до монотоне архитектуре, без икаквих архитектонских вредности. Упозоравано је и на опасности на путу ка индустријализованом грађењу, у виду монотоније као последице типизације и стандардизације, коју је требало предупредити вештим комбиновањем типских елемената (Максовић, 1949, стр. 27). Отклон од иностраних примера, нарочито совјетских, и тражење југословенског израза и оригиналног приступа монтажном грађењу приметна је након раскола са совјетима.

Стручна критика архитектонских одлика изграђених објеката током прве деценије послератног периода није изостала. Никола Добровић критикује „*криво тумачење општег и домаћег наслеђа*“, и претеривање у инсистирању на техници (Добровић, 1952, стр.31). Богдан Богдановић наводи да више него на стамбена насеља, нова насеља наликују на колоније, истичући суштинске разлике између колоније и насеља: монотоне уместо живописне; једнообразне уместо разноврсне;

---

<sup>51</sup> истраживање за потребе специјалистичког рада са темом „Индивидуална стамбена градња у Бијељини – насеље „Лединци“ (Софић, 1985)



**интимно никад прихваћене као солуцију становања уместо да буду блиска осећањима човека;** настале од понављања једног истог типа зграде уместо да настану уједињавањем најразноврснијих типова зграда и станова, **од индивидуалних зграда у низу, двојних, четворних до стамбених кула;** предодређене да буду насељене породицама истог начина живота и везаним за исту врсту рада, уместо да уједине породице најразноврснијег састава и начина живота.<sup>52</sup> Критику непостојања адекватног одговора струке на потребе индивидуалних градитеља изнео је и арх. Милорад Мацура:

„У условима интензивне миграције у градове, проблем адекватног смештаја становништва – које је на селу формирало своју стамбену културу – ублажује се изградњом посебних типова зграда у ретким приградским или посебним насељима која истовремено олакшавају аклиматизацију људи у том амбијенту, и омогућују редукацију одговарајућих инвестиционих средстава. Од тог полазног типа, до стана у високо урбанизираној стамбеној заједници, постоји серија различитих типова станова и зграда, чије особености ми данас не сагледавамо...“ (Мацура, 1963, стр 15.)

Постоје и ретки сјајни примери реализованих радничких стамбених насеља мале густине у БиХ (Фоча, Сисак, Коњиц, Љубија), у чијим су типологијама заступљене и двојне куће и стамбене зграде са 4 стана, изузетних архитектонских квалитета, који почивају на изразитом сензибилитету њихових аутора у погледу коришћења локалних материјала и уклапања у амбијент<sup>53</sup>. Насупрот прихватања и инкорпорирања традиционалних техника грађења у савремену архитектуру, наметан је императив масовног индустријализованог облика изградње. Суштину овог концепта, а уједно и проблема неприхватања овог облика изградње од стране индивидуалних градитеља формулисао је Албини као неприхватање **карактера привремености** које ови „*системи, типови или стандарди „кућа из фабрика“* **насупротив сталности карактера стамбених односа** (Албини, 1952, стр.38). Управо у овој дихотомији сталног и несталног карактера архитектуре вероватно лежи и суштина неприхватања савремених тенденција индустријализованог грађења и његовог архитектонског израза од стране индивидуалних градитеља на овим просторима.

---

<sup>52</sup> У Богдановић Б. (1956) О савременим стамбеним насељима. Комуна, бр.1, стр. 59-60.

<sup>53</sup> Видети приказ „Нови Станови у Коњицу“, у часопису Архитектура (1/1954)

Током 60их година, са значајним побољшањем материјалних услова изградње, како у погледу финансирања стамбене изградње тако и у погледу грађевинске индустрије, стичу се услови за изградњу насеља мањих густина, са повећаним комфором, у чије су планирање били укључени водећи архитекти периода. Тада и стручна јавност почиње интензивније да се занима за проблематику породичног становања. У погледу пројектантских узора из иностранства, истиче се посета Ричарда Нојтре (Richard Neutra), и запажање квалитета његовог насеља *Channel Heights* (1942) као једног од најкомплетнијих и најлепших насеља у свету, које чине скромне двојне куће, подигнуте у ратно време, скромним средствима и према типским пројектима на индустријски начин<sup>54</sup>. Квалитети амбијената и архитектонског израза којима се тежило илустровани су на **Слици II-9**.



Слика II-9. Насеље Channel Heights (1942) Ричарда Нојтре

По угледу на ове и сличне примере настали су крајем предметног периода сјајни примери организоване изградње радничких насеља малих густина широм Србије. Један од ових примера је стамбено насеље за раднике термо-електране Колубара, Велики Црљени, аутора Ратомира Богојевића. У приказу пројекта истиче се квалитет идејног урбанистичког пројекта, али и архитектонских одлика, пре свега хетерогености архитектуре: „Један део зграда обликован је у духу **традиционалне куће са четвороводним кровом** покривеним црепом и са дубоким стрехама. Архитектура смирена и обично са елементима често виђеним, али која ипак добро сраста са тереном. Друга врста зграда има савременије тенденције, са видљивом армирано бетонском структуром, са плитким двоводним

<sup>54</sup> Минић О. (1962) Richard Neutra u Beogradu. Архитектура Урбанизам, бр.17, стр. 55

*салонитским кровом, скоро без стрехе.*“ (Минић, 1963, стр.14). У односу на узоре оствареног урбанистичког решења, нарочито у погледу опредељења за ограђене парцеле, по узору на европске примере (Велика Британија, Немачка, Француска и др.), где је омогућено индивидуално гајење култура, насупротив неограђеним (по узору на америчке и канадске моделе) истиче се пројектантски приступ који уважава *"приврженост нашег човека земљи и још нераскинуте везе са пољопривредом"*. Ипак, у реализацији се одступило од овог принципа, па кућне ограде и индивидуални вртови не постоје, што је објашњено избегавањем анархије индивидуалне обраде окућнице, гајења домаћих животиња и загађења, односно, неспремношћу (очекиваном) тадашњег радника за овакав вид живота и суседства.

Први примери комплексног урбанистичко-архитектонског обликовања у породичној изградњи јављају се тек крајем предметног периода. Примери попут насеља Мургле у Љубљани (1965-69), или кућа у низу на Воћарској цести у Загребу (1965)<sup>55</sup> (Слика II-10) почивају на принципима обликовања и организације простора који су раније навођени (Бјеликов,1964): густо изграђен блок са ограђеним простором за боравак на отвореном, коме је омогућено индивидуално обликовање а да се при том не наруши целовитост обликовања стамбеног амбијента.



Слика II-10. Насеље Мургле у Љубљани (прве две слике с лева) и куће у низу на Воћарској цести у Загребу (последња слика с десна)

<sup>55</sup> прикази пројеката у часопису Архитектура Урбанизам, бр 32/1965, стр 55 (насеље у Загребу) и 55/1969, стр. 22 (насеље у Љубљани)

У Србији је један од пројеката овог типа, најчешће публикован и навођен као прво сателитско насеље изграђено са једнопородичним кућама (Слика П-11) на организован начин, за тржиште<sup>56</sup>, насеље Кијево-Кнежевац, аутора Јелисавете и Бранислава Миленковића. Аутор наводи да је веома скромним средствима учињен покушај да се добију услови атријумског становања, са функционалном повезаношћу дневне зоне и отвореног простора (Миленковић, 1969, стр.30, стр.179), те да је у повољним границама „потрошеног“ земљишта добијена самосталност живљења (свој на своме) (Миленковић, 1991, стр.179).



Слика П-11. Породичне куће у низу у насељу Кијево-Кнежевац

У Београду се још истичу примери низова породичних кућа у Струмичкој улици (1972-1974, аутор Стојан Максимовић) и стамбеног насеља са терасастим типовима у Скојевској улици (1969-1972, аутори Александар Стјепановић и Љиљана Јовановић-Анђелковић). Иако је за објекте у склопу насеља формираних на сличан начин утврђено да представљају јако мали проценат у грађевинском фонду, објекти у насељу Кијево Кнежевац нашли су се у анализираном узорку, те ће бити предмет даљег рада.

---

<sup>56</sup> погледати: ауторски приказ пројекта у часопису Архитектура Урбанизам 55/1969, текст Мише Давида „Студија о просторним и социолошким карактеристикама нових стамбених насеља у Београду“ такође објављену у часопису Архитектура Урбанизам (74-77/1975), делове уџбеника *Увод у архитектонску анализу 2* са приказима пројекта, као и текст „Трансформација у урбанистичком планирању и изградњи насеља Кнежевац-Кијево“ Јована Лукића, објављеног у часопису Архитектура Урбанизам (66/1970).

## II.3 Дефинисање типова и репрезентата за даљу анализу крз моделе унапређења

### II.3.1 Карактеристике обрађеног узорка

Укупни узорак зграда породичног становања пописан за потребе израде Националне типологије износи око 6700 зграда, које су одабране на основу одговарајућих статистичких метода, детаљно описаних у претходним публикацијама (Јовановић Поповић и Радивојевић, 2012). Од овог узорка, за даљу анализу породичних кућа предметног периода (1946-1970) узорак је сужен на око 2000 зграда. Регионална дистрибуција овог узорка дата је у **Табели II-1**.

**Табела II-1.** Регионална дистрибуција и дистрибуција узорка по окрузима

| РЕГИОН                        | Дистрибуција по окрузима |     |                  |     |
|-------------------------------|--------------------------|-----|------------------|-----|
| Источна Србија 363 (18.1 %)   | Подунавски               | 70  | Борски           | 47  |
|                               | Браничевски              | 73  | Поморавски       | 79  |
|                               | Зајечарски               | 94  |                  |     |
| Војводина 658 (32.8 %)        | Јужно бачки              | 135 | Јужно банатски   | 80  |
|                               | Северно бачки            | 111 | Северно банатски | 90  |
|                               | Средње банатски          | 81  | Западно бачки    | 83  |
|                               | Сремски                  | 78  |                  |     |
| Југоисточна Србија 400 (20 %) | Јабланички               | 62  | Нишавски         | 87  |
|                               | Пчињски                  | 71  | Пиротски         | 106 |
|                               | Топлички                 | 74  |                  |     |
| Централна Србија 326 (16.3%)  | Моравички                | 91  | Расински         | 94  |
|                               | Рашки                    | 67  | Шумадијски       | 74  |
| Западна Србија 162 (8.1%)     | Колубарски               | 53  | Мачвански        | 59  |
|                               | Златиборски              | 50  |                  |     |
| Београд 96 (4.8%)             |                          |     |                  |     |

Одабрани узорак анализиран је на основу следећих карактеристика релевантих за процену енергетских перформанси и могућности унапређења, у складу са методологијом дефинисаном у Националној типологији:

- тип насеља,
- положај на парцели,
- тип основе (утицај фактора облика, A/V),
- тип фасаде (према уделу површине прозора у односу на површину зида), и
- начин коришћења таванског простора.

На основу типа насеља коме припадају, већи део узорка, 56%, припада насељима сеоског типа. Ипак, значајан проценат, 44%, припада градским насељима, што само потврђује уводне коментаре о привиду колективног становања као преовлађујућег облика становања у градским срединама. У градским срединама анализирани типови јављају се пре свега у форми приградских целина. Што се тиче положаја на парцели, преовлађује тип слободностојеће куће, према усвојеној типологији, са заступљеношћу од 93.2%. Преостале зграде у низу су углавном крајње зграде у низу (109 од 134 објекта), што је у складу са закључцима о неразвијености овог типа, и говори о преовлађујућим краћим низовима кућа. Од 134 забележене куће у низу, 86 се налази у Војводини, што је у складу са историјским развојем и праксом планирања овог региона.

Тип основе карактерише степен разуђености зграде (индикатор фактора облика,  $A/V$ ), један од најбитнијих фактора који утичу на енергетске перформансе. Већи део узорка карактерише компактан и једноставан облик основе, као што је приказано у **Табели II-2**. Примери за сваки од три типа ове карактеристике (Б1, Б2, Б3) приказани су на **Слици II-12**.

**Табела II-2.** Карактеристике узорка према типу основе

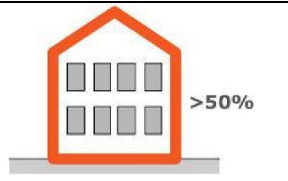
|               |  |       |   |      |  |       |
|---------------|--|-------|---|------|--|-------|
| Б. Тип основе |  |       |   |      |  |       |
|               | 1. Компактне зграде једноставне форме у основи са односом страна 1:1 - 1:2 |       | 2. Издужене зграде једноставне форме у основи са односом страна 1:2 |      | 3. Разуђене зграде сложене форме у основи са различитим односом страна |       |
|               | 1387   | 69.2% | 128   | 6.4% | 490  | 24.4% |



**Слика II-12.** Карактеристични примери три заступљена типа основе (Б1, Б2, Б3)

Тип фасаде одређен је односом пуних и транспарентних делова (отвора) фасадног омотача. Апсолутна већина узорка има мали однос прозорских отвора и пуног дела фасаде, као што је приказано у **Табели II-3**. Заступљеност отвора у виду прозорских трака заступљена је на нивоу статистичке грешке, као карактеристике типова са застакљеним верандама при улазу. Већи отвори су карактеристични за старије зграде, и оне веће, са по 4 стана. На **Слици II-13**, представљени су карактеристични примери три типа фасадног омотача (Ц1, Ц2, Ц3).

**Табела II-3.** Карактеристике узорка према типу фасаде

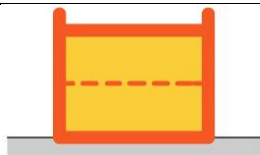


|               |   |  |  |      |    |
|---------------|---|--|--|------|----|
|               |                  |                  |   |      |    |
| Ц. Тип фасаде | 1. Зграде са мало отвора – отвори организовани појединачно заузимају мање од 50% површине фасаде. | 2. Зграде са доста отвора - отвори организовани појединачно заузимају више од 50% површине фасаде. | 3. Зграде са доста отвора – отвори на фасадама организовани у виду прозорских трака и заузимају више од 50% површине фасаде. |      |    |
|               | 1923  | 96%  | 58   | 2.8% | 24 |



**Слика II-13.** Карактеристични примери три типа заступљених фасадних омотача (Ц1, Ц2, Ц3)

Такође, доминантан облик крова је кос кров, са дрвеном кровном конструкцијом и покривачем од црепа, док се поткровни простор не користи за становање, као што је приказано у **Табели II-4**. У случајевима да се тавански простор користи за становање, делимично или у потпуности, најчешће је реч о изменама оригиналног стања, као што се види на **Слици II-14**. Раван кров је јако редак на објектима породичног становања овог периода, што потврђује анализирани узорак.

Табела II-4. Карактеристике узорка према начину коришћења таванског простора

|              |   |   |  |       |    |
|--------------|---|---|--|-------|----|
| Д. Тип крова |  |  |  |       |    |
|              | 1. Раван кров   | 2. Кос кров, поткровни простор се не користи за становање                         | 3. Кос кров, поткровни простор се користи за становање делимично или у потпуности  |       |    |
|              | 2   | 0.1%  | 1901   | 95.2% | 92 |



Слика II-14. Карактеристични примери начина коришћења таванског простора: на првој слици (лево) редак пример равног крова



Слика II-15. Карактеристичне трансформације







































Најчешће трансформације, приказане на **Слици II-15**, указују на неке заједничке проблеме и тежње станара у погледу унапређења просторног комфора становања. **Постоји тенденција за просторним увећањем**, било вертикалном надоградњом (активација таванског простора, уз неизбежну измену геометрије крова) или хоризонталном доградњом додатних просторија, што **указује на потребу за повећем корисне квадратуре и просторног комфора**. Такође, увећање прозора и додавање тераса и балконских врата указује на **потребу за бољом повезаношћу са спољним окружењем**, што само потврђује основне недостатке у погледу функционалне организације, запажене на основу претходних анализа. Само неки примери из анализираног обухватају реконструкцију спољашњих зидова, док је реконструкција прозора уобичајена, због њихове



дотрајалости. На основу података о животном веку конструктивних елемената (Јовановић Поповић и Игњатовић, 2003), и претпостављеном животном веку од 60 год. у тренутку настанка анализираних типова, очигледно је да осим примарне конструкције (темељи и зидови, просечан животни век 100 година) све остале елементе треба заменити: кровни покривач и кровна конструкција, фасада, врата и прозори, водоводне и канализационе цеви, као и електричне инсталације. Оваква ситуација представља добру основу за предлог обимнијих мера обнове у склопу унапређења ових објеката.

### II.3.2 Одабрани типови и репрезенти типова

На основу наведених карактеристика одабрани су репрезенти са уоченим доминантним одликама: **компактне основе, мало отвора на фасади (мање од 50%), кос кров са таванским простором који се не користи за боравак.** Број типова дефинисаних у Националној типологији стамбених зграда Србије за потребе истраживања одабраног дела грађевинског фонда редефинисан је. Закључено да не постоји потреба за разликовањем типова централних и крајњих зграда у низу, пошто је њихова заступљеност веома мала (свега 5% стамбеног фонда), тако да је број типова сведен на два: слободностојећа и зграда у низу. Такође, како је за потребе формирања Националне типологије, пре свега због диференцијације карактеристика зграда вишепородичног становања, усвојена периодизација у којој је период 1946-1970 подељен на два дела (Ц: 1946-1960 и Д: 1961-1970), за потребе овог истраживања овај период ће бити посматран као јединствен, **Ц период**, што одговара периодизацији усвојеној у засебној студији породичних објеката (Јовановић Поповић и други, 2012, **Слика II-4**). Свођење матрице Националне типологије на релевантне типове за потребе овог истраживања приказано је на **Слици II-16**.

| Тип            | породично становање (до 4 стана)<br>family housing (up to 4 appartments)  |  |  | вишепородично становање (више од 4 стана по улазу)<br>multifamily housing (more than 4 appartments per entrance) |  |  |
|----------------|---|--|--|--|--|--|
|                | 1<br><br>слободностојећа<br>Freestanding | 2<br><br>у низу<br>In a row | 3<br><br>слободностојећа<br>Freestanding  | 4<br><br>ламела<br>Lamela       | 5<br><br>у низу<br>In a row | 6<br><br>солитер<br>High-rise |
| А<br>< 1919.   |    |                             |   |                                |                             |  |
| Б<br>1919-1945 |    |                             |   |                                |                             |  |
| Ц<br>1946-1960 |    |                             |   |                                |                             |                               |
| Д<br>1961-1970 |    |                             | <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p>Ц<br/>1946-1960</p>   <p>Ц</p> <p>Ц1</p> <p>Ц2</p>   <p>Д<br/>1961-1970</p> </div> |  |  |  |
| Е<br>1971-1980 |                                        |                           |  |  |  |  |
| Ф<br>1981-1990 |                                        |                           |   |                              |                           |  |
| Г<br>1991-2011 |                                        |                           |   |                              |                           |  |

Слика П-16. Матрица Националне типологије стамбених зграда са назначеним типовима породичног становања предметног периода

У Табели П-5 приказана је заступљеност типова породичног становања периода 1946-1970 у целокупном стамбеном фонду, према броју зграда (31.4%), станова (22.1%) и површини (17.1%), као и потребна енергија за грејање у односу на потребе целокупног стамбеног фонда (19.44%).

**Табела II-5.** Заступљеност типова периода Ц према броју зграда, површини, броју станова и потребној енергији за грејање у односу на целокупан стамбени фонд

| ТИП | Површина(m <sup>2</sup> ) | (%)         | Број зграда | (%)          | Број станова | (%)          | Енергија потребна за грејање (MWh/a) | (%)          |
|-----|---------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| Ц1  | 46 877 996                | 16.14       | 662 316     | 29.48        | 669 211      | 21           | 11 793 458                           | 18.06        |
| Ц2  | 2 809 893                 | 0.96        | 35 362      | 1.56         | 35 629       | 1.11         | 899 363                              | 1.38         |
|     |                           | <b>17.1</b> |             | <b>31.04</b> |              | <b>22.11</b> |                                      | <b>19.44</b> |

Да би се извршио одабир карактеристичних типова зграда за даљи рад на дефинисању модела обнове одабраног дела грађевинског фонда, неопходно је осим наведених карактеристика сагледати и остале релевантне карактеристике у контексту унапређења енергетских перформанси. Ту се пре свега мисли на материјализацију објеката, пошто она доминантно одређује карактеристике термичког омотача зграде. Закључци о доминацији масивног система грађења, са зидовима грађеним од опеке и, пред крај истраживаног периода, гитер блока, потврђени су на анализираном узорку. Такође, на анализираном узорку препознати су типови кућа грађени на основу типских пројеката из каталога Економског института из 1953. и 1958. године. Како је циљ рада испитивање и дефинисање модела обнове који укључује и интервенције на просторном склопу, волуметрији и функционалној организацији, неопходно, а будући да се током истраживања на терену није вршило детаљно снимање организације простора у свакој од пописаних јединица, већ само за одабране репрезенте, пројекти из поменутих каталога искоришћени су за увид у варијанте просторне организације које се могу јавити. Закључено је да варијанте просторне организације нису бројне, и не одступају значајно од детаљно снимљених репрезентата.

Формирање подтипова је условило неколико значајних карактеристика. Прва од њих је спратност, пошто иако преовлађују приземне куће, анализом узорка установљен је значајан број спратних кућа. Ови типови се јављају пре свега током друге половину анализираног периода, са материјалним и формалним карактеристикама које не одступају од карактеристика приземних типова. Од уочених карактеристика које условљавају формирање подтипова значајна је

разуђеност (**Табела II-2**), будући да се једино код ове карактеристике, поред преовлађујућег компактног типа, јавља и варијанта комплексне основе у значајном проценту заступљености (25%). Код типова зграда у низу формирање подтипова је извршено иако је уочена доминација типа чије се формалне карактеристике везују за раније периоде изградње (тип традиционалне Војвођанске куће). Поред овог типа, уочена је присутност типова чије су карактеристике описане у претходним поглављима, а који се јављају пред крај истраживаног периода, и одражавају савременије тенденције у пројектовању индивидуалних стамбених јединица, најчешће у склопу организованих облика грађења у склопу нових насеља.

За сваки подтип изабран је репрезент на основу детаљно снимљеног узорка. Четири репрезента су преузета из националне типологије, док је један (Ц1.2) преузет из детаљног истраживања породичних кућа (Јовановић Поповић *и други*, 2012, стр. 124-127). Детаљан приказ репрезентата (**Табела II-6**), кроз карактеристичне архитектонске цртеже постојећег стања, материјалне и геометријске карактеристике дат је у **Прилогу 1**.

**Табела II-6.** Одабрани типови за даљу анализу

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <p>Ц1</p>  |  |  |  |
| <p>Ц2</p>  |  |  |   |
|   | Ц1.1  | Ц1.2   | Ц1.3  |
|   | Ц2.1  | Ц2.2   |   |

Међу одабраним типовима налазе се три типа слободностојећих кућа:

**Ц1.1** – представља најзаступљенији подтип слободностојеће куће, приземна слободностојећа кућа компактне основе. Препознаје се примена приказаних решења за типске пројекте са конкурса 1951. У зависности од времена настанка<sup>57</sup>, јављају се варијанте са или без армиранобетонских серклажа, што битно утиче на могућност обнове. Примери репрезентата овог типа у анализираном узорку приказани су на слици (**Слика П-17**).



**Слика П-17.** Примери репрезентата типа Ц1.1

**Ц1.2** – подтип који карактерише разуђена форма у облику слова „Г“ која условљава другачију функционалну организацију (видети прилоге) и елементом трема који је развијен у већој или мањој мери. Примери репрезентата овог типа у анализираном узорку приказани су на слици ( **Слика П-18**).



**Слика П-18.** Примери репрезентата типа Ц1.2

**Ц1.3** – веома заступљен подтип типа слободностојеће куће који настаје углавном у другој половини предметног периода (током 60их година) и који осим веће спратности (П+1) задржава све доминантне карактеристике анализираног узорка (компактонст, тип фасаде, тип крова). Обично се састоји од две стамбене јединице, а приметан је утицај решења типских пројекта из каталога из 1958.,

<sup>57</sup> пре или после доношења поменутог Правилника из 1963.

нарочито у погледу функционалне организације. Примери репрезентата овог типа у анализираном узорку приказани су на слици (Слика II-19).



Слика II-19. Примери репрезентата типа Ц1.3

Међу репрезентима типа куће у низу издвојена су два подтипа:

**Ц2.1** – представља подтип куће у низу који је карактеристичан за регион Војводине. Присутност овог типа, који значајно одступа од преовлађујуће примене типских пројеката у осталим крајевима Србије, може се објаснити јаким регионалним наслеђем изградње типова кућа у низу из разлога специфичног развоја урбанистичке матрице у складу са историјским развојем региона, објашњеним у претходним публикацијама (Јовановић Поповић *и други*, 2012, стр. 146). Описани карактеристични типови слободностојећих зграда такође се појављују у региону Војводине, али у каснијим периодима (током 70их година)<sup>58</sup>. Примери репрезентата овог типа у анализираном узорку приказани су на слици (Слика II-20).



Слика II-20. Примери репрезентата типа Ц2.1

**Ц2.2** – као што је већ поменуто, овај подтип представља тип кућа у низу настао пред сам крај предметног периода, као први организован вид индивидуалне изградње. Иако је експанзија овог типа уследила тек у наредној деценији, куће у насељу Кијево-Кнежевац нашле су се у анализираном узорку, тако да је одлучено да буду разматране у даљој анализи, пошто представљају изузетно успео пример

<sup>58</sup> Видети пример у (Јовановић Поповић *и други*, 2012, стр. 162-165)

архитектуре породичног становања код нас. Примери репрезентата овог типа у анализираном узорку приказани су на слици (Слика II-21).



Слика II-21. Примери репрезентата типа Ц2.2

### II.3.3 Смернице за унапређење

На основу уочених карактеристика анализираног узорка кућа могу се формулисати смернице за унапређење одабраних репрезентата који ће бити анализирани у даљем раду.

Зграде предвиђене за обнову до сада су „истрошиле“ свој очекивани животни век од минималних 60 година, али њихово физичко стање и објективни економски значај далеко превазилазе овај период (Јовановић Поповић *и други*, 2005), што питања њихове обнове и даље чини актуелним. Због доминације масивног система изградње традиционалним техникама, објекти који чине предмет истраживања карактеришу се солидим конструктивним елементима (темељи, масивни зидови од опеке), чија конструктивна својства нису нарушена и чине добру основу за значајнију обнову.<sup>59</sup>

Већ је примећено на анализираном узорку, да иако функционална веза унутрашњег и спољашњег простора (дворишта) у приземљу представља изузетан просторни квалитет, већина објеката, без обзира на тип основе, не остварује овај квалитет. То се може образложити закључцима о профилу градитеља

---

<sup>59</sup> Иако питање постојања армиранобетонских серклажа искључује могућност обнове без значајних интвенција у погледу укрућења конструкције објеката грађених пре доношења прописа из ове области (1963), закључено је да су идентификовани типови масовно грађени и током наредне деценије (током 70их година), тако да применљивост предложеног истраживања, у смислу величине и значаја грађевинског фонда на коме се може интервенисати, није угрожена.

индивидуалних кућа у овом периоду, као претежно сиромашнијег слоја радничког становништва, пореклом из сеоских средина. За њихове потребе двориште није било сматрано простором за одмор и уживање у природи, већ као економско двориште, за узгој живине, воћа и поврћа, и на тај начин стицања додатних прихода. Двориште је на овај начин третирано и у распису конкурса за пројекте малих стамбених зграда (1951). Уочене карактеристике потврђене су и у специјалистичком раду<sup>60</sup> који се бави формирањем типологије стамбених зграда у Сомбору и Апатину, где се препознати тип описује као тип "атрофиране" или "деривиране" виле, централно постављен на парцели. Двориште се дели на предње (укусно и комуникација), које комуницира са јавним урбаним простором, и задње, економско, са баштом која служи пољопривредној намени (Ланг, 1986, 29-33). Иако овакав начин третирања слободног простора на парцели налази примену и у савременим пројектима који интегришу трендове урбане пољопривреде (*urban farming*) и пермакултуре (*permaculture*) (Wolpensinger and Rid, 2010), као одраза културе одрживости, **потреба за повезивањем спољашњег и унутрашњег простора** такође мора бити испуњена. Ова потреба препозната је и у студији унапређења карактеристичне приградске матрице формиране од слободностојећих кућа (Chow, 2002). Критика карактеристичних предграђа која су настајала после Другог светског рата широм света, заснива се у ствари на критици формираног стамбеног ткива, са одликама изразито волуметријског карактера (*volumetric setting*), насупрот карактеру градског ткива (*fabric setting*) (Chow, 2002, стр. 7). Основна разлика је што код појединачних кућа које формирају карактер градског ткива њихови атрибути: форма, поједначни простори, путање кретања, приватност - граде међусобни однос, док се код волуметријског карактера сви ови односи задржавају унутар волумена куће. Тако приградско ткиво остаје неповезано и делује изоловано, а доживљај предела је уништен појединачним доживљајем објеката (Chow, 2002, стр. 13). Стратегије обнове појединачних кућа изразито заступљеног типа у оваквој средини пружају бројне могућности за обнову читавих предграђа уз инсистирање на побољшању њихових архитектонских карактеристика (Dunham-Jones and Williamson, 2011), кроз преиспитивање саставних делова овог

---

<sup>60</sup> „Типологија стамбених зграда: Сомбор и Апатин“, Ланг Б. (1986)



типа насеља, у које спадају како унутрашњи тако и спољашњи простор, и њихови међусобни односи. Осим **повећања волумена појединачних кућа** (активирање поткровне етаже уз минимално надзиђивање, доградња волумена итд.), могућности за повезивање суседних кућа и **прогушћавање приградске матрице**, треба размотрити и могућности функционалног повезвања унутрашњих и спољашњих простора као још једне од могућности остваривања веза између објеката и окружења. Слободностојеће куће се не морају нужно волуметријски повезивати да би се остварила међузависност суседних кућа и њиховог окружења.

Иако се масовна индивидуална градња предметног периода не може сматрати ауторском, такође се не може сматрати ни потпуно самониклом, пошто су типски пројекти понуђени од стране државе као помоћ индивидуалним градитељима, чији је утицај евидентан у анализираном узорку, а који су најмасовније примењивани, израђени од стране водећих архитеката тог периода, са јасним ауторским упориштима у градитељској традицији. Одабир пројеката који су се масовно примењивали од стране индивидуалних градитеља, нарочито у формалном смислу, јасно говори о њиховом профилу, али и о свесној одлуци архитеката да индивидуалним градитељима понуде пројекте у складу са њиховим аспирацијама, на супрот идеалима модерног градског живота и грађења какав је прокламован. У том смислу, **треба у што већој мери сачувати формалне карактеристике постојећих објеката које представљају везу са одликама традиционалне архитектуре (четвороводни кров, трем)**. Такође, један од закључака који произилази из оваквог сагледавања приградских целина формираних од препознатих типова може бити предлог да се неке приградске целине које су сачувале аутентични облик из доба настанка, заштите као историјска целина, пошто ипак говоре о значајном периоду у развоју наших градова<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> слично предлогу изнетом у закључцима књиге арх. Вуксановић-Мацуре, у погледу очувања аутентичних приземних фронтних блокова у горњој зони Булевара Краља Александра (Вуксановић-Мацура, 2012, стр.188)

### III. ПРОБЛЕМИ ОБНОВЕ ЗГРАДА

Још од прве дефиниције одрживог развоја (WCED, 1987), након нафтне кризе (1973) и суочавања са чињеницом да су необновљиви извори енергије ограничени, прихватајући да емисије гасова који утичу на стварање ефекта стаклене баште доприносе развоју климатских промена, развијене земље већ скоро три деценије постављају и поштравају циљеве за унапређење енергетске ефикасности зграда и повећање удела обновљивих извора енергије у домаћинствима. Стална нестабилност у погледу доступности необновљивих извора (гасне кризе у Европи током прве деценије XXI века нпр.) и повезана геополитичка питања само доприносе одлучности да се у што већој мери смањи зависност од ових облика енергије. Општеприхваћена је теза о енергетској ефикасности као „основном гориву” (*first fuel*), односно рационалном коришћењу енергије као примарном постулату одрживог развоја. Формулација овог начела позната је као „триас енергетика” концепт, формулисан 1979. године на техничком универзитету у Делфту од стране Кејса Дајвестајна (*Kees Duijvestein*), према коме први корак ка одрживом грађењу представља смањење потреба за енергијом, након чега следи увођење и коришћење потенцијала обновљивих извора, а затим, као финални корак, употреба ефикасних техничких система за подмиривање преосталих потреба (Mlecnik, 2012).

Руководећи се наведеним начелима, поред уређења области изградње нових објеката, захваљујући труду уложеном у обнову и унапређење постојећег грађевинског фонда значајно је током претходних деценија смањена потрошња енергије и са њом повезане емисије штетних гасова, пре свега CO<sub>2</sub>, у сектору грађевинарства. У оквиру Европске Уније ови циљеви дефинисани су кроз неколико регулатива (ЕС 2002, 2009, 2010, 2012) које се консеквентно спроводе на ниже нивое законодавства у земљама чланицама. Као резултат уложених напора, процењује се да се у ЕУ у зградама троши око 40% енергије, од чега чак 27% у стамбеном сектору (EUROSTAT, 2012, стр. 51), што резултује учешћем од око 36% у емисији гасова који доприносе стварању ефекта стаклене баште (ЕС, 2012).

Обавеза је земаља чланица, као и земаља које су у процесу придруживања, да направе планове за смањење емисија, уштеде енергије и повећања удела обновљивих извора енергије у односу на нивое из 1990 од 20% до 2020. године, и чак 80-95% смањење емисија штетних гасова до 2050 (ЕС, 2010).

Ипак, и поред поштравања прописа, енергетска ефикасност повећава се стопом од једва 1.4% годишње<sup>62</sup>, као резултат ниског степена обнове постојећих зграда. Највећи изазов постављеним циљевима представља управо повећање стопе обнове, са преовлађујућих 1.4% на преко 2% годишње (СОМ, 2014, стр. 7). Пошто стамбени сектор представља 75% грађевинског фонда Европе, од чега чак 64% чине породичне куће (Economidou, 2011, стр. 8), јасно је да без значајног подстицаја обнови овог дела зграда нема ни остварења дугорочних циљева у погледу уштеда енергије и смањења емисија штетних гасова. Бројни аутори истичу значај подстицаја за повећање степена обнове, као што су кредитне и фискалне политике (Voss и Musall, 2011; Albetini, 2014; COHERENO, 2016), у светлу пораста цена енергената, које доводе до све веће исплативости улагања у обнову. Процена оптималних нивоа уштеда које се постижу обновом зграда значајна је и при усвајању дефиниција зграда скоро нулте потрошње енергије – nZEB (D'Agostino, 2015, стр. 30), које представљају важан концепт за даљи развој области енергетске ефикасности у зградама. Управо у креирању ових стратегија, важну улогу игра процена ефикасности уложених средстава на будуће уштеде у потрошњи енергије.

Док је у већини земаља Европске Уније у протеклим деценијама знатно смањен део енергије који се троши у домаћинствима, у Србији то нажалост није случај. Грађевински фонд, слично грађевинском фонду суседних и Европских земаља, у највећој мери сачињен је од зграда насталих пре увођења првих прописа о термичкој заштити и перформансама објеката у погледу рационалног коришћења енергије. Организована обнова постојећих зграда и масовна изградња нових, енергетски ефикасних зграда, због последица ратова и непрестане транзиције и економске кризе је изостала. У комбинацији, ова два фактора дају јако лошу слику енергетских перформанси грађевинског фонда Србије. Србија, као чланица Енергетске заједнице (потписник уговора о оснивању Енергетске заједнице - *Treaty*

---

<sup>62</sup> Према *odex* индикатору, погледати ODYSSEE-MURE (2015)

*establishing the Energy Community*<sup>63</sup>), обавезала се на испуњавање свих обавезујућих директива, а међу њима и сета директива које се односе на енергетску ефикасност - *Acquis on Energy Efficiency*, допуњених 2009 године (ECS, 2015). На тај начин се обавезе земаља чланица Европске Уније уводе и код нас, што би требало да убрза процес придруживања, бар што се тиче услова дефинисаних у релевантним поглављима (поглавље 10 - Енергетика). Обавезе имплементације и рокови прилагођени су специфичним условима земаља Енергетске заједнице, и условљавају рад на стратешким документима и њихов садржај. У националним стратешким документима који произилазе из усаглашавања са неведеним обавезама, дефинисани су и приоритети у погледу стратегија обнове. У Националној стратегији одрживог развоја наводи се да је највећи потенцијал за повећање енергетске ефикасности смањење потрошње топлотне енергије (по проценама за више од 50%) побољшаном изолацијом у зградама и смањењем броја домаћинстава која користе електричну енергију за грејање (BPC, 2008).

Структура стамбеног грађевинског фонда Србије слична је грађевинском фонду европских земаља, са око 60% стамбене површине у породичним кућама. Најзаступљенији су типови кућа грађени током анализираних периода, али и у наредној деценији, а закључено је да их карактерише унификација архитектонских решења и материјализације зграда, као и преовлађујућа примена типских пројеката. Наведено указује да постоји велики потенцијал за испитивање различитих модела обнове одабраних репрезентата ових типова, која се даље могу применити на читав анализрани део грађевинског фонда. Неки од проблема обнове који се јављају код типова колективних стамбених зграда не представљају проблем код типова породичних кућа. Јасна власничка ситуација над објектима (индивидуално власништво над целим кућама или мали број власника по објекту) представља добар основ за имплементацију различитих сценарија обнове (Morgan, 2013), за разлику од објеката вишепородичног становања где мноштво власника станова често не успева да нађе заједнички језик у погледу обима и циљева инвестиција. Мотивисаност станара/власника породичних кућа за унапређење енергетске ефикасности пре свега почива на могућностима директних уштеда због чињенице

---

<sup>63</sup> потписан 2005. у Атини, ратификован 2006. у Србији

да преовлађују индивидуална решења грејања ових објеката, што је у складу са начелом „корисник плаћа“ дефинисаним као једним од основних начела одрживог развоја (Агенда 21, 1992). Анализом узорка породичних кућа истраживаног периода установљено да одабрани типови спадају у објекте скромне структуре, у смислу корисне површине и габарита, и да постоји интерес станара за обимнију обнову, што је потврђено кроз истраживања на терену при одабиру репрезентативних типова, и разговорима са станарима. Пошто значајна обнова подразумева већи обухват радова, треба сагледати широк дијапазон могућих мера обнове и њихов утицај на побољшање енергетских перформанси.

### **III.1      Обнова зграда као парадигма одрживости**

Савремена парадигма еколошког и одрживог грађења заснива се на тежњи за што рационалнијим искоришћењем природних ресурса при постизању истоветних или побољшаних услова животног комфора. Ефикасно коришћење енергије у процесу експлоатације објеката, пре свега енергије за грејање, хлађење и вентилацију, дуго је сматрано пресудним, ако не и јединим показатељем квалитета објеката у погледу односа према животној средини. Упркос напретку који је постигнут током последњих деценија у осмишљавању све ефикаснијих решења за изградњу и функционисање нових зграда, не треба губити из вида да највећи еколошки потенцијал представља обнова постојећих зграда (Kaltenbrunner, у Hegger et al., 2008, стр.19). Све више је присутна тенденција да се осим енергетске ефикасности, у процени квалитета објеката у односу на питања очувања животне средине, узму у обзир и многи други еколошки аспекти свих фаза животног циклуса објекта. Често је немогуће постићи задовољење свих критеријума које пред процес пројектовања и изградње поставља испуњење еколошких начела. Свака специфична ситуација разликује се по сету приоритетних циљева, односно стратегија у погледу еколошких квалитета који се желе остварити, док се неки од критеријума у датој ситуацији ни не могу испунити, што превасходно зависи од локалних услова (Kosanović и Fikfak, 2016). Мало је стратегија које се могу сматрати сигурним начином да се у свакој ситуацији дође до најквалитетнијег решења, које задовољава највећи број критеријума еколошки исправне архитектуре

(Косановић, 2009). Једном од стратегија која се сматра јединственим „рецептом“ еколошке архитектуре сматра се **процес реконструкције** постојећих објеката (Станковић, 2013). Под овим појмом обухваћен је широк спектар значења, од основног, а то би било враћање у првобитно стање уз доградњу делова који недостају по узору на оригиналне, преко значења која имају и реновирање, адаптација, модернизација, пренамена, конзервација (reconstruction, restoration, renovation, refurbishment, conversion, rebuilding, modernisation, fitting-out) итд. (Giebeler, 2009). У Закону о планирању и изградњи (2009) реконструкција је дефинисана као: „извођење грађевинских и других радова на постојећем објекту којима се: утиче на стабилност и сигурност објекта; мењају конструктивни елементи или технолошки процес; мења спољни изглед објекта; повећава број функционалних јединица; утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја, заштите од пожара и животне средине; мења режим вода; утиче на заштиту природног или непокретног културног добра и његове заштићене околине”. Насупрот томе, санација је дефинисана као „извођење грађевинских и других радова на постојећем објекту којима се врши поправка уређаја, постројења и опреме, односно замена конструктивних елемената објекта, којима се не мења спољни изглед, не утиче на безбедност суседних објеката...“, док дефиниција адаптације укључује промену организације простора у објекту, али без промене спољног изгледа и конструктивних елемената.

Суштина афирмације процеса обнове је поздрављање одлуке да се одређени објекат, било да је то зграда која је у функцији или је напуштена, прилагоди савременим захтевима коришћења, уз задржавање целокупне или делимичне затечене структуре. Овде је нагласак пре свега на зградама које не подлежу правилима заштите културно-историјских споменика, него је одлука о њиховој реконструкцији донешена „добровољно“, због тога што се само тада може говорити о процесу реконструкције код кога је одлучивање везано искључиво за поштовање начела која произилазе из концепта архитектонског решења.

### III.1.1 Предности обнове зграда

Са еколошког становишта процес реконструкције сматра се изразито повољним, пре свега због уштеда у потребном грађевинском материјалу (што доводи до уштеда у енергији која се потроши током целокупног животног циклуса), смањењу количине отпада и загађења као последица смањења активности рушења, као и у погледу поновног коришћења већ опремљеног и изграђеног земљишта. Наводи се да су уштеде у емисији CO<sub>2</sub> при обнови насупрот рушењу породичних кућа и до 35 t (пример Велике Британије) по кући (Baeli, 2013, стр.16). Разлог због кога се многи ипак пре одлучују на рушење постојећих објеката и изградњу нових, чак и када постојеће структуре могу бити реконструисане и интегрисане у нова функционална и конструктивна решења је компликован процес интеграције постојећег и новопроектваног, који често повећава цену и време пројектовања и извођења. Економски аспект се у пракси не може занемарити и поред свих неоспорних еколошких предности процеса реконструкције. Ипак, превасходни утицај на оба аспекта има структура објеката предвиђених за реконструкцију, односно њихова погодност за прилагођавање новој намени, што се може назвати својеврсним потенцијалом за реконструкцију. Ову карактеристику одређује квалитет наслеђене структуре<sup>64</sup>, а дефинише се на основу детаљних анализа постојећег стања, захтева прописаних на основу мера заштите и обухвата неопходних радова (Giebeler, 2009). Такође, мора се узети у обзир наслеђени контекст и његов утицај на потенцијал обнове (Verbeek и Hens, 2005). Не само што компликован процес реконструкције, који изискује скупа и компликована техничка решења, доноси додатне трошкове у процесу пројектовања и извођења, већ ова решења понекад изискују и додатну употребу материјала и механизације, која додатно повећава и еколошки отисак<sup>65</sup>. Управо из ових разлога, као једна од карактеристика еколошке архитектуре сматра се и флексибилност

---

<sup>64</sup> building stock quality

<sup>65</sup> односи се на целокупан шире посматран утицај на животну средину: разни облици загађења, повећање потребне енергије за производњу, транспорт, складиштење, употребу итд.

новопројектованих објеката и њихова прилагодљивост пренамени и реконструкцији (Petzinka и Lenz, у Hegger et al., 2008, стр.33).

Као изразите предности реконструкције наводе се коришћење постојеће инфраструктуре и развијеног грађевинског земљишта, побољшање услова комфора и енергетских перформанси, повећање материјалне вредности и продужавање животног века објеката, ревитализација непосредног окружења и прогушћавање урбане матрице и густне становања (Јовановић Поповић и Игњатовић, 2003). Све мање расположивог грађевинског земљишта у градовима такође усмерава на потребу за реконструкцијом и повећањем капацитета постојећих насеља, што такође повећава и разноврсност понуде на тржишту некретнина, и нуди могућност за решавање савремене стамбене кризе у Србији (Виленица, 2014). Исти типови кућа могу се кроз обнову прилагођавати различитим групама корисника (породице, самци, старије особе итд.). Иако су разлози неодрживости концепта изградње породичних кућа добро познати (Пуцар et al., 1994; Herzog, 1996; Богићевић, 2011; Косановић, 2012), интересовање за овај вид изградње и облик становања увек постоји, што само доприноси значају обнове постојећег грађевинског фонда овог типа становања. Адаптабилност слободностојеће породичне куће променљивим потребама корисника кроз могућност за проширивањем наводи се као њихова изразита предност у односу на друге облике становања (Vernez-Moudon, Sprague, 1982, стр.55). Ипак, да би се испитали параметри енергетске ефикасности у различитим моделима обнове изабраног типа кућа, **неопходно је фокусирати се на један режим коришћења, односно једну циљну групу корисника. За потребе овог рада та циљна група представљаће четворочлану породицу, на основу чијих потреба ће бити формиран програм као основ за поставку комплексног модела обнове.**

Заговорници урбанизације и ревитализације предграђа указују на бројне позитивне ефекте који произилазе из обнове карактеристичног стамбеног ткива, као што су смањење емисије штетних гасова као индиректна последица прогушћавања урбане матрице као и разноврсније понуде садржаја и типова становања (Dunham-Jones и Williamson, 2011, стр.4; Falk, 2006), што само говори у прилог актуености обнове одабраних типова зграда, карактеристичних за предграђа. Критика карактеристичних предграђа која су настајала после Другог



светског рата широм света, заснива се у ствари на критици формираног стамбеног ткива, са одликама изразито волуметријског карактера (*volumetric setting*), насупрот карактеру градског ткива (*fabric setting*) (Chow, 2002, стр. 7). Основна разлика је што код појединачних кућа које формирају карактер градског ткива њихови атрибути: форма, поједначни простори, путање кретања, приватност - граде међусобни однос, док се код волуметријског карактера сви ови односи задржавају унутар волумена куће. Тако приградско ткиво остаје неповезано и делује изоловано, а доживљај предела је уништен појединачним доживљајем објеката (Chow, 2002, стр. 13). Ипак, у анализи могућих трансформација карактеристичне куће америчких предграђа, уз закључак да „*архитектура није изгубила наду за субурбију*“ (Borden, 2007), аутор даје предлоге који унапређују просторне квалитете куће у границама парцеле, не бавећи се широм сликом, урбанистичком матрицом и њеним повезивањем. Стратегије обнове појединачних кућа изразито заступљеног типа у оваквој средини пружају бројне могућности за обнову читавих предграђа уз инсистирање на побољшању њихових архитектонских карактеристика (Dunham-Jones и Williamson, 2011), кроз преиспитивање саставних делова овог типа насеља, у које спадају како унутрашњи тако и спољашњи простор, и њихови међусобни односи. Такође, може се рачунати и на ланчану реакцију пошто једна успешна обнова подстиче другу (Dunham-Jones и Williamson, 2011, стр.6). Ипак, предложени модели морају водити рачуна о приступачности вредности некретнине након обнове (Unsworth и Nathan, 2006) и држати се рационалних приступа обнове, доступних ширим друштвеним слојевима.

Све наведено представља максималне могућности обнове, а од конкретног случаја зависи која ће од ових предности бити наглашена. Спровођење радова на унапређењу зграда код којих је побољшање енергетских карактеристика један од главних мотива обнове сматра се енергетском санацијом.

### III.1.2 Енергетска санација: обнова зграда у циљу побољшања енергетских перформанси

Свака савремена обнова зграда неминовно има елементе енергетске санације, пошто савремена регулатива условљава испуњење строжијих услова у погледу енергетских перформанси него што је то био случај када су зграде које су предмет обнове настајале. У специфичним случајевима, код зграда које су изузете поштовања савремених прописа из области енергетске ефикасности (Правилник, 2012, Члан 7) као нпр. када услови заштите градитељског наслеђа диктирају обим и врсту радова који се смеју изводити, радови који спадају у радове на енергетској санацији не морају бити доминантни при обнови. Када је основни циљ обнове зграда унапређење енергетских перформанси и када су одлуке које се доносе руковођене пре свега начелима смањења потрошње енергије, говоримо о енергетској санацији као врсти обнове зграда. *Енергетска санација подразумева промену спољног изгледа, уз све потребне сагласности, у циљу повећања енергетске ефикасности, али се не утиче на стабилност и сигурност објекта и не мењају се конструктивни елементи* (Правилник, 2011, 2012). Од иностраних термина термин *retrofit* све више се користи када се жели нагласити да обнова зграде подразумева радове на побољшању енергетских перформанси, насупрот термина *renovation* и *refurbishment* код којих је акценат на неопходним поправкама, модернизацији и побољшању естетских квалитета (Baeli, 2013, стр.17).

Реконструкција објеката изграђених пре појаве првих прописа о термичкој заштити у свету је узела маха у последњим деценијама, а такав тренд се може само интензивирати наредних година, с обзиром да се ради о објектима старости преко 40 година. Њиховом реконструкцијом потребно је задовољити стандарде, који се стално поштравају, барем у наредних 30 година, што значи да би примењена решења морала бити барем у складу, ако не и премашивати, данашње стандарде. Наравно, код реконструкција које постављају јако високе циљеве у погледу будућих термичких перформанси, као што је нпр. стандард „пасивних кућа“<sup>66</sup>, то

---

<sup>66</sup> Под термином пасивне куће (зграде) у раду се подразумева „passivhaus“ – концепт куће ниске потрошње енергије који су креирали Бо Адамсон (Bo Adamson) и Волфганг Фајст (Wolfgang Feist), која се базира на компактој форми, јако доброј

постаје идеја водиља и окосница целог пројекта, тако да се сви детаљи склопова подређују постизању што бољих термичких перформанси. Код таквих решења потребан је холистички приступ решавању детаља термичког омотача, као и система грејања, хлађења и вентилације. Увођењем енергетских пасоша као основних сертификата о термичким перформансама објеката, инвестиције овог типа добијају одговарајуће вредновање и на тржишту некретнина и значајно подижу вредност некретнине, а притом пружају и уштеде у годишњој потрошњи енергије. Бројне предности енергетске санације могу се груписати у 4 категорије (Staniaszek, 2013, стр.6): **економске, друштвене, еколошке, енергетске.**

У **економске** предности енергетске санације спада повраћај инвестиције како за власнике зграда, којима се уложено враћа кроз уштеде у трошковима потрошње енергената при експлоатацији, тако и за друштво, пошто активности обнове генеришу нове послове (Klinckenberg et al., 2013, стр.4). Процена је да се просечно у ЕУ на сваких милион евра уложених у обнову зграда, ствара 19 радних места годишње (Janssen и Staniaszek, 2012). Остваривање уштеда у потрошњи енергије утиче и на макроекономске показатеље, као што је раст бруто домаћег производа (GDP) и смањење зависности од увоза енергената, а обнова зграда повећава вредност некретнина и укупну вредност грађевинског фонда. Утицај енергетске санације зграда на **друштво** у целини огледа се пре свега у смањењу немогућности сиромашнијих слојева становника да адекватно загреју своје станове, пошто подаци из 2012 показују да скоро 11% популације ЕУ није успевало да загреје своје домове (COM, 2014, стр.6). Са отклањањем овог вида сиромаштва (*fuel poverty*) долази и до отклањања многих здравствених тегоба, повећања продуктивности становништва, а све то такође индиректно утиче и на побољшање економских показатеља. Најизраженији утицај на **животну средину** представља смањење емисије штетних гасова који доприносе развоју климатских промена, пре свега емисија CO<sub>2</sub>. Процењује се да се предвиђеним унапређењима енергетске

---

заптивености и смањеним топлотним губицима кроз термички омотач. Прва пасивна кућа изграђена је 1990., а данас се развијају кроз Институт за пасивне куће (Passivhaus Institut), у Дармштату. Сертификација пасивних кућа базира се на прецизној дефиницији и провери различитих параметара, од којих су најбитнији максимална вредност енергије потребне за грејње од 15kWh/m<sup>2</sup> годишње и заптивености од 0.6h<sup>-1</sup>. Више информација доступно је на <http://passivehouse.com/>

ефикасности у зградама до 2050. може спречити емисија између 730 и 930 MtCO<sub>2</sub> годишње, односно смањење за 71-90% у односу на ниво из 1990 (Staniaszek, 2013, стр.12). Са смањењем производње енергије из фосилних горива, значајно се смањује и загађење ваздуха азотним и сумпорним оксидима, што такође има позитивне здравствене ефекте. **Нарочито је значајно смањење загађења које настаје као последица индивидуалног начина грејања на чврста горива, карактеристичног за типове породичних кућа у целом региону.** Смањење енергетских потреба доприноси стварању енергетске сигурности, смањењу потребе за изградњом нових енергетских постројења, као и смањеном вршном оптерећењу енергетских система.

Више аутора бавило се дефинисањем плана развоја стратегије реновирања европског грађевинског фонда, у складу са постављеним циљевима уштеде енергије и смањења емисија до 2050. (COM, 2011; EED, 2012). Дефинисани су краткорочни циљеви (Klinckenberg et al., 2013, стр.14), који до 2020. укључују истраживање, развој и дефинисање **модела значајних обнова** за најзаступљеније типове зграда, а до 2040. да је 95% власника и корисника зграда упознато са могућностима које нуде ови модели за њихове зграде. Истиче се значај улагања у комплексне мере, уместо у појединачне уобичајене мере обнове, као што је нпр., замена прозора. Испоставља се да је улагање у стандардне мере обнове, без сагледавања дугорочних циљева, и уз неминовна накнадна улагања у напредније мере унапређења неисплативо, иако доводи до краткорочних смањења у потрошњи енергије (Klinckenberg et al., 2013, стр.4). Једноставно, с'обзиром на амбициозно постављене дугорочне циљеве уштеда, са ограниченим ресурсом као што је грађевински фонд мора се поступати плански, а активности и мере обнове планирати тако да се искористи њихов пун потенцијал.

## **III.2 Стратегије и циљеви енергетске санације**

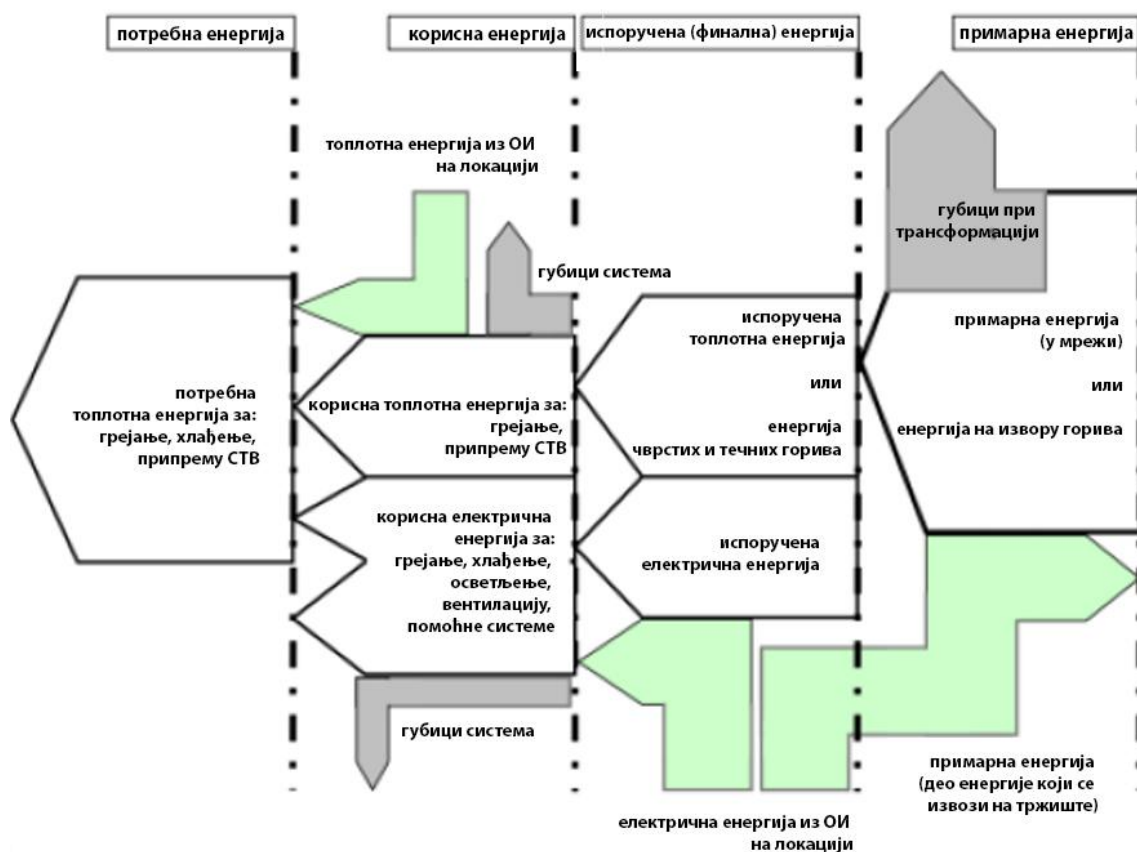
У зависности од тога којим индикаторима процењујемо степен успешности обнове и на смањење којих облика енергије желимо да утичемо обновом, зависи и одабир мера обнове. Како се у земљама чланицама Европске уније на загревање троши између 55 и 67 процената потрошње енергије стамбеног фонда (Economidou,

2011, стр. 46), акценат обнове зграда постављен је на смањење потрошње енергије за грејање. Од 2000. нпр., Велика Британија смањила је потрошњу енергије за грејање по домаћинству за 4%, док су у Француској, Холандији и Шведској у истом периоду остварене уштеде од 10% (Baeli, 2013, стр.21). Просек уштеда по  $m^2$  је око 2.3% годишње на европском нивоу (ODYSSEE-MURE, 2015, стр.39). У зависности од климата варира и удео енергије потребне за хлађење, али се чак и у медитеранским земљама руководи проценом смањења потребне енергије за грејање приликом испитивања утицаја мера обнове на стамбеним зградама (Dascalaki et al., 2011), пошто примена многих мера обнове (побољшање карактеристика термичког омотача нпр.) доприноси побољшању термичког комфора и у летњим месецима, нарочито уз примену пасивних мера као што је ноћна вентилација (Јовановић Поповић, 1991, стр. 97-103). Како су водеће земље у дебати о циљевима уштеда енергије, стратегијама обнове и повећању енергетске ефикасности у Европи западне и северне земље (Немачка, Данска, Француска, Шведска) фокус стратегија обнове и даље представља првенствено смањење потребне енергије за грејање, уз иницијативу јужних земаља (Италија, Шпанија, Грчка) да се озбиљније посвети проблему смањења енергије потребне за хлађење.

Фокус на смањење енергије потребне за грејање и даље је прилично широк и даје пуно простора за процену различитим индикаторима и примену мера обнове различитог дијапазона могућности. За остварење дугорочних циљева уштеде енергије обновом грађевинског фонда формулишу се планови обнове са циљевима, тј. минималним нивоима обнове које зграде треба да остваре да би се остало на путу планираних уштеда. Одабир мера обнове директно зависи од постављених циљева, како краткорочних, тако и дугорочних, како не би дошло до ограничавања могућности будућих уштеда данашњим активностима обнове.

## III.2.1 Индикатори енергетских перформанси

У дефинисању облика енергије чије се максималне вредности ограничавају прописима и сертификатима разматра се више нивоа граница система (*system boundaries*) које се постављају. Границе система дефинишу четири нивоа: примарна енергија, финална енергија (испоручена - *delivered energy*), корисна енергија<sup>67</sup> (*energy use*) и потребна енергија (*energy need*) (Слика III-1). Може се користити и процена укупне емисије штетних гасова, која се прерачунава на основу примарне енергије.



Слика III-1. Облици енергије (прилагођено према Hermelink et al, 2013, стр.287)

<sup>67</sup> У правилнику о енергетској ефикасности зграда не постоји термин корисна енергија, док домаћи аутори (Тодоровић, Ристановић, 2015, стр.24) поистовећују корисну енергију са топлотом потребном за грејање. Разлика између корисне (*energy use*) и потребне енергије (*energy need*) у иностраној литератури је што се корисна енергија односи на укупне потребе топлотне и електричне енергије (потребна електрична енергија за хлађење, осветљење, вентилацију и климатизацију) док се потребна енергија односи само на потребну топлотну енергију - топлоту (грејање, хлађење и припрему СТВ).

У дефиницијама nZEB-а објављеним до 2014. године у националним плановима за повећање броја зграда скоро нулте потрошње енергије, 8 земаља узима у обзир примарну енергију, четири испоручену, три земље потребну енергију заједно са другим параметрима (Немачка, Луксембург, Хрватска) а три корисну (Летонија, Естонија, Пољска) (D'Agostino, 2015, стр. 21). Аутор закључује да је тренутно најподесније користити **потребну енергију** као индикатор енергетских перформанси, будући да дозвољава накнадно увођење додатних параметара, са даљим развојем прописа (D'Agostino, 2015, стр. 30).

У закључцима студије која се бавила утицајем поопштравања прописа у области енергетске ефикасности на стварну потрошњу (Guerra – Santin и Itard, 2012) наводи се да је побољшање квалитета термичког омотача ефикасније у смањивању потрошње енергије него повећање ефикасности система грејања, што значи да прописи убудуће морају да дефинишу и процедуре контроле процеса извођења зграда, али и да узму у обзир значајан фактор понашања корисника на стварну потрошњу и ефикасно коришћење термотехничких система. Такође, и у погледу обима инвестиције, бројни аутори закључују да је, ако постоји питање приоритета између мера обнове термичког омотача зграде и мера обнове термотехничких система (индикатор потребне енергије насупрот индикаторима финалне и примарне енергије), боље прво спровести мере обнове саме зграде, јер се системи пројектују и димензионишу према енергетским потребама зграде (Verbeesk and Hens, 2005). У једној студији случаја јасно су дефинисани приоритети при обнови у хладним климатима: прво спровести мере термичког изоловања и заптивања, а затим реновирати систем вентилације и грејања пре увођења обновљивих извора енергије (Hens, 2005). Такође, закључено је да након првог нивоа обнове, чиме долази до смањења потребне енергије за грејање, потребна енергија за припрему топле воде, осветљење и уређаје преузима већи део примарне енергије, што доводи у питање избор мера обнове у другом нивоу обнове.

Иако је неспорно да је за постизање значајних уштеда потребно смањење свих облика енергије, као први корак обнове јасно се истиче неопходност сагледавања могућности смањења потребне енергије. У раду ће бити испитиван утицај различитих мера обнове на смањење потребне енергије за грејање и хлађење.

### III.2.2 Различити нивои енергетске санације

Енергетска санација, дефинисана као обнова зграда са примарним циљем смањења потрошње енергије која се користи током експлоатације зграде, блиска је термину *обимне обнове зграда*, који је дефинисан кроз регулативу Европске уније. **Значајна обнова зграда (*major renovation*)** дефинисана је као обнова у коју је уложено више од 25% вредности зграде (не укључујући цену земљишта), или обнова која обухвата више од 25% површине зграде (EPBD, 2010, члан 2). У неким земљама, попут Белгије, направљена је разлика између минималних услова које треба да испуне активности мање обнове (*small renovation*) и значајне обнове, која је дефинисана као свака обнова која утиче на преко 75% површине термичког омотача и КГХ систем (Atanasiu et al., 2013, стр. 7). Захтеви за мање обнове односе се само на вредности коефицијената пролаза топлоте термичког омотача, док се захтеви за значајне обнове скоро изједначавају са условима за нове зграде. Такође, како би се смањио утицај неповољних постојећих услова (компактност, оријентација) предвиђене су две опције за верификацију квалитета зграда које се обнављају. Прва опција је задовољење стандарда пасивних зграда, а алтернатива је задовољење средње вредности коефицијената пролаза топлоте термичког омотача ( $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$  за транспарентне делове и  $0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$  за нетранспарентне делове, без утицаја линијских губитака).

Иако је директива ЕУ из 2002 и њена надоградња из 2010 године (EPBD, 2002; EPBD recast, 2010) прва дефинисала циљеве и конкретне мере у погледу унапређења енергетске ефикасности, директива о енергетској ефикасности из 2012. године скреће пажњу на значај обнове зграда, позивајући земље чланице да успоставе дугорочну стратегију за инвестирање у обнову зграда, како стамбених тако и комерцијалних, приватних и јавних. Уводи се и појам ***deep renovation*** (**обимна обнова**), као и *staged renovation* (етапна обнова) (члан 4.). Обимна обнова није прецизно дефинисана, али се сматра да подразумева сет мера обнове које доводе до значајних уштеда енергије, и приближавање вредностима дефинисаним за зграде скоро нулте потрошње енергије (nZEB) (Atanasiu et al., 2013, стр.4). У изворима се наилази на различите дефиниције и предлоге дефиниција појма обимна обнова, које неопходни проценат уштеда процењују између 60 и 90%. Уобичејеним



мерама обнове тренутно се постижу скромне уштеде у смањењу енергије, око 20-30%, а да би се искористили пуни економски потенцијали обнове, овај проценат мора да се повећа **барем на 60%, што се наводи као праг уштеда за дефинисање обимних обнова** (Staniaszek, 2013). У амандманима на предлог нове директиве о енергетској ефикасности наводи се да би обимна обнова требало да буде дефинисана као обнова која доводи до смањења примарне и финалне енергије за барем 80% (EUP, 2012). У студији (GBPN, 2013, стр.19) која се бавила управо истраживањем и дефинисањем овог појма усваја се праг уштеда од 75% и праг примарне енергије од 60 kWh/m<sup>2</sup>/год. У поменутој студији су анализом експертских мишљења установљене финесе у постојећим дефиницијама овог појма широм Европе и САД-а, па је тако установљено да се у Америци под овај појам подводе и обнове које доводе до мањих уштеда, 30-50%, али се оне односе на вредности финалне енергије, укључујући и потрошњу електричних уређаја. Такође, постоји разлика и међу појмовима *deep renovation* и *deep retrofit*, при чему се под појмом *deep retrofit* подразумева замена техничких система, а *deep renovation* се пре свега односи на мере обнове термичког омотача. Када се узму у обзир карактеристике европског стамбеног фонда, важно је истаћи закључке пројекта RENOVA TE EUROPE, чији је циљ смањење потрошње енергије европског грађевинског фонда за 80% до 2050. године у односу на ниво из 2005., а то је да за већину Европских зграда могућност уштеда енергије кроз обимну обнову лежи између 60-90% (GBPN, 2013, стр.9). Свеобухватна дефиниција повезује појам обимне обнове са животним циклусом зграда (30-40 година), како би се искористиле могућности за спровођење опсежних мера обнове и унапређење енергетске ефикасности и до 4 пута (за зграде изузетно лоших перформанси) и уштеде од 65-95% (Bowie, 2013). Ове вредности потврђује и анализа могућности уштеда на примеру домаћег стамбеног фонда, кроз испитавање у склопу Националне типологије стамбених зграда Србије, додуше само кроз потенцијал смањења потребне енергије за грејање, и без економских анализа (Јовановић Поповић и други, 2013).

У студији ECOFYS-а, за потребе EURIMA-е (Voermans et al., 2012), анализом три сценарија обнове европског грађевинског фонда, испитивана је остварљивост циљева уштеде енергије и смањења емисија до 2050 (COM, 2011). Првим сценаријем дефинисан је већи годишњи степен обнове грађевинског фонда

(3%), уз слаб обим (интензитет) обнове (смањење корисне енергије за грејање од око 30%) и мало учешће обновљивих извора. Други и трећи сценарио предвидели су нешто нижи степен обнове (2.3%), али уз већи интензитет обнове (уштеде од око 60% у другом и 80% у трећем сценарију), фокус на обнови термичког омотача зграда (трећи сценарио) и значајно учешће обновљивих извора (оба сценарија). Само други и трећи сценарио остварују предвиђене уштеде у енергији (80% уштеда само у финалној енергији за грејање) и смањењу емисије CO<sub>2</sub>, док се трећи сценарио обимне обнове показао не само као сценарио који доводи до већих уштеда у енергији, него и као економски исплативија опција од другог, по параметрима периода повраћаја уложених средстава.

Уобичајени сценарији обнове који се анализирају кроз студије могућности унапређења стамбеног фонда, укључују примену разноврсних мера кроз два до три нивоа унапређења. На примеру Ирске (SEAI, 2010) први ниво обухвата сет основних мера (изолација зида, међуспратне конструкције ка тавану, побољшану заптивеност и регулацију система грејања), други ниво сличан обухват интервенција, са нешто квалитетнијим компонентама (бољи квалитет и веће дебљине изолације, замена прозора, вентилација са рекуперацијом топлоте), док трећи ниво подразумева увођење напредних техничких система који користе обновљиве изворе енергије (активни соларни системи, топлотне пумпе, котлови на биомасу, системи когенерације и сл.). Како је у протеклим годинама примећен пораст употребе клима уређаја у европским земљама, директива из 2010 године такође наглашава значај примене пасивних система хлађења и побољшања услова термичког комфора у зградама лети (EPBD, 2010, став 25).

**У складу са наведеним принципима, фокус истраживања могућности обнове одабраних типова кућа биће на смањењу потребне енергије за грејање и хлађење, као првог корака при обнови зграда, што опредељује избор мера обнове и условљава упознавање са факторима на које оне утичу. У наредним деловима биће описани основни фактори који ће утицати на формирање модела обнове, кроз формулисање принципа који ће руководити процес дефинисања мера обнове у склопу различитих модела.**

### **III.3 Фактори који утичу на потребну енергију за грејање и хлађење породичних кућа**

Основни елементи грађевинског фонда који утичу на енергетске перформансе и могућности обнове су (Ристивојевић Михајловић, 2003, стр.43):

- Фактор облика зграде
- Термички омотач зграде (нетранспарентне површине)
- Термички омотач зграде (транспарентне површине)
- Заштитни елементи транспарентних делова омотача
- Решење конструктивних детаља
- Стање објекта (одржавање, степен очувања пројектованих перформанси)

Биоклиматски принципи пројектовања и грађења обједињују наведене елементе, а за умерену климу могу се издвојити следећи (Данијелс,2009):

- облик и положај грађевина (фактор облика, оријентација),
- повећање соларних добитака (пасивни и активни системи),
- чување топлотних добитака (термички омотач - нетранспарентни и транспарентни делови, термичка маса, акумулативност),
- природна вентилација (дневна и ноћна вентилација),
- заштита од прегревања (заштитни делови транспарентних делова омотача, архитектонски елементи, употреба зеленила).

Пошто је циљ рада испитивање могућности обнове који доводе до смањења потребне енергије за грејање и хлађење, и провера рачунским методама, неке од могућих мера обнове неће бити разматране. Реч је пре свега о активним системима за искоришћење соларних добитака, као и комплексним пасивним системима који захтевају детаљне динамичке термичке симулације како би њихов утицај био испитан.

#### **III.3.1 Облик и положај грађевина**

##### **III.3.1.1 Положај грађевина**

Положај грађевина у великој мери детерминише њихове енергетске перформансе, а негативне утицаје који проистичу из неповољног положаја јако је тешко надоместити пројектантским и технолошким решењима у каснијим фазама

планирања и реализације. Руководјење начелима поштовања микроклиматских утицаја и биоклиматских принципа пројектовања (Пуцар et al., 1994) пружа могућност за постизање изузетних енергетских перформанси без примене комплексних система и технологија које по правилу изискују велика додатна улагања.

Један од параметара који у великој мери зависи од положаја и микроклиматских услова локације јесте вентилациони губитак топлоте. Вентилациони губици топлоте дефинисани су бројем остварених измена ваздуха на час ( $n [h^{-1}]$ ), а усвојене прорачунске вредности (Правилник, 2011, Табела 3.4.2.1) зависе у највећој мери од броја фасада изложених ветру (више од једне фасаде, само једна фасада) и степена отворености положаја зграде (отворен положај зграде, умерено заклоњен положај, веома заклоњен положај), што су параметри директно условљени положајем зграде, и од степена заптивености термичког омотача (добра, средња, лоша), који у највећој мери зависи од решења конструктивних детаља и квалитета извођења и уградње компоненти.

Један од елемената прилагођавања условима окружења је и оријентација зграда. Значај оријентације препознат је и у регулативи кроз услов да се станови не могу пројектовати са једностраном оријентацијом према северу (Правилник о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда, 2012, члан 11.). Основни циљеви оптималне оријентације су довођење до максимума соларне акумулације у току зиме и свођење на минимум прегревање у току лета (Пуцар et al., 1994, стр. 37). Познато је да јужна оријентација добија у току зиме око 10-30% више укупног сунчевог зрачења него северна страна у истој клими, а да се сваким сатом продуженог осунчања смањује потрошња енергије за грејање за приближно 1% (Пуцар et al., 1994, стр. 43). Неадекватно постављање двојних кућа у односу на оријентацију (неравномерна осунчаност јединица) доводи у неким случајевима и до 30% разлика у енергетским перформансама између доминатно јужних и северно оријентисаних јединица (Ћуковић Игњатовић et al., 2016). Подаци из литературе показују да је у хладним климатима, где доминирају потребе за грејањем, код прозора са стандардним енергетским перформансама, њихов утицај на енергетске потребе око 10% у зависности од оријентације (Carmody et al., 2007, стр.171). Испитиван је и утицај оријентације код зграда са истим фактором облика и

карактеристикама термичког омотача, где је закључено да оријентација утиче до 5% на потребну енергију за грејање (Aksoy, T.U. и Inalli, M., 2006). Код зграда где је вариран и фактор облика уз оријентацију, разлике су до 8%.

### III.3.1.2 Фактор облика

Фактор облика је однос између површине термичког омотача зграде (спољне мере) и њиме обухваћене бруто запремине зграде (Правилник, 2011). Једна од основних мера обнове зграда тиче се утицаја на фактор облика зграде, у виду смањивања његове вредности променом односа површине термичког омотача и обухваћене грејане запремине. У подели насеља на „офанзивна“ и „дефанзивна“, према Роту (*Uli Rot*) (Пуцар et al., 1994, стр. 106-107), где се у офанзивна насеља сврставају насеља отвореног плана, која имају тенденцију ширења, где спадају првенствено насеља са слободностојећим зградама, док се дефанзивним сматрају насеља затвореног и компактног типа. Као главни недостатак насеља која се састоје првенствено од слободностојећих зграда наводи се управо велики однос површине према запремини, који резултује потрошњом енергије за грејање већом и за 60-80% него код насеља дефанзивног типа. Са друге стране, могућност постизања максимално повољног осунчања се сматра предношћу офанзивних насеља.

За побољшање фактора облика разликују се мере на нивоу урбанистичких целина (блока) и на нивоу саме зграде (Јовановић Поповић и Самарџић, 2001, стр.15). На нивоу блока ове мере обично подразумевају застакљивање унутрашњих дворишта, затварање пасажа и сл. Услов за овакав вид обнове је обједињавање парцела и уређење односа између власника објеката на различитим парцелама, што је у Србији веома тешко постићи. У случају породичних кућа и индивидуалног власништва над парцелама, интервенције на нивоу блока могуће су само уз интервенцију општине или града, када би промена урбанистичких параметара становања била постављена као један од услова обнове. За индивидуалне власнике слободностојећих кућа било какво одступање од задатих урбанистичких параметара готово је немогуће. Као пример послужиће урбанистички параметри за становање у приградским насељима у Београду (ГУП 2021, 2009) приказани у **Табели III-1.**

| Индивидуално становање у приградским насељима (Београд, ГУП 2021)                       |                       |   |                       |                                   |                           |   |
|---|-----------------------|---|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|---|
| Величина парцеле  | до 400 m <sup>2</sup> | до 500 m <sup>2</sup>                                       | до 600 m <sup>2</sup> | преко 600 m <sup>2</sup>          | преко 1000 m <sup>2</sup> | преко 1000 m <sup>2</sup> (са посл. обј.) |
| Индекс изграђености на парцели  | 0.6 (0.8 за низ)      | 0.5   | 0.4                   | 0.35                              | 0.3                       | 0.5                                       |
| Степен заузетости парцеле   | 40%                   | 35%   | 30%                   | 30%                               | 25%                       | 40%                                       |
| Процент озелењених површина на парцели у директном контакту са тлом                     |                       |   |                       | 40%                               |                           |   |
| Висина стамбених објеката   |                       | Макс. 12 m (до коте слемена)<br>Макс. 8.5 m (до коте венца) |                       |                                   |                           |   |
| Број паркинг места за становање   |                       |   |                       | 1 ПМ/ 1 стан                      |                           |   |
| Растојања грађевинске линије објеката од регулационе линије (препоруча за нове објекте) |                       |   |                       | 0 m, 5 m или 10 m                 |                           |   |
| Растојања грађевинске линије објеката од бочне границе парцеле                          |                       |   |                       |                                   |                           |   |
| Слободностојећи објекти   | 1.5-2.5 m             | Двојни објекти  | 4 m                   | У прекинутом низу први и последњи |                           | 1.5-4 m                                   |
| Растојања објеката од бочног суседног објекта   |                       |   |                       |                                   |                           |   |
| Слободностојећи објекти   | 4 m                   | Двојни објекти  | 5.5 m                 | У прекинутом низу први и последњи |                           | 4 m                                       |
| Растојања објеката од задње границе парцеле   |                       |   |                       |                                   |                           |   |
| Предбашта до 5 m  | 1 висина              |   | Предбашта већа од 5 m |                                   | ½ висине                  |   |

**Табела III-1.** Неки урбанистички параметри за становање у приградским насељима у Београду (ГУП 2021, 2009, стр. 4-5, табеле 23 и 24)

Због прописаних удаљења објеката од бочних суседа и бочних и задњих граница парцеле, практично је онемогућено повезивање објеката по бочним странама, тј. формирање низова и компактизирање урбанистичке форме. Иако Правилник о енергетској ефикасности предвиђа олакшице за увођење мера обнове (уз доказ о утицају на енергетске перформансе) као што су стакленици и дупле фасаде кроз могућност изузимања из прорачуна индекса изграђености и заузетости парцеле, не постоји начин да се избегну условљености положаја на парцели које дефинишу овај тип кућа.

У складу са тим, интервенције на фактору облика ограничене су на обнову самих зграда, тј. кућа, и то путем мера обнове којима се облик зграде мења или не мења (Јовановић Поповић и Самарџић, 2001, стр. 17,19). У мере обнове којима се не мења облик зграде спадају:

- Адаптација подрумског и сутеренског простора,
- Адаптација таванског простора, и
- Претварање отворених површина у грејани простор.

Ову поделу дају и аутори студије која се бави управо утицајем промене волуметријских карактеристика на енергетске перформансе при обнови зграда: интервенције на нивоу сутеренских етажа (подрум, полуукопана приземља итд.), интервенције на нивоу фасаде и интервенције на нивоу кровних етажа (Gaspari et al., 2013). Они препоручују следећи редослед корака при анализи могућности промене волуметрије ради постизања обимне обнове:

- анализа конструктивне стабилности и дефинисање ограничења и неопходних ојачања;
- дефинисање конструктивних елемената, нових или постојећих, који ће преузети оптерећење нових делова;
- утицај планираних измена на енергетске перформансе термичког омотача;
- процену термотехничких система и могућности њихове обнове.

То да се облик зграде не мења треба схватити условно, у смислу да се не мења значајно, пошто и приликом адаптације таванског простора и затварања отворених површина долази до мањих или већих измена у изгледу зграда. У мање промене спада појава нових отвора на фасадама или кровним површинама, док у веће спада појава нових, додатих површина и волумена, као на пример приликом адаптације таванског простора (надвишење постојећег или доградња новог назидка, појава кровних баца итд.). У мере обнове којима се облик зграда мења у значаној мери спадају продужење тј. проширење габарита зграде доградњом (линеарна или аксијална) и повећање висине зграде надоградњом (Јовановић Поповић и Самарџић, 2001, стр.23). Ове опције неће бити разматране у дефинисању комплексних модела обнове одабраних типова кућа, пошто је тежња да се што рационалније искористе постојећи капацитети, осим у случајевима додатих волумена застакљених пасивних соларних колектора – стакленика. У интервенције на фасади којима се мењају габарити, односно волумени зграда спадају дупле фасаде и застакљени простори (Ђуковић Игњатовић, 2010), а ове промене могу бити већег или мањег обима.

Поред фактора облика, у студији утицаја пасивних елемената дизајна на енергетске перформансе<sup>68</sup> (Su, 2011), препознато је још 8 индикатора који су испитивани:

- проценат фасадних отвора у односу на површину фасаде,
- проценат фасадних отвора у односу на унутрашњи грејани волумен,
- проценат фасадних отвора у односу на грејану површину,
- однос између површине северно<sup>69</sup> оријентисаних прозора и северног фасадног зида,
- однос између површине северно оријентисаних фасадних зидова и унутрашњег грејаног волумена,
- однос између површине северно оријентисаних фасадних зидова и укупне површине фасадних зидова,
- проценат површине крова у односу на унутрашњи грејани волумен,
- однос између грејаног волумена поткровне етажне и укупног грејаног волумена.

Закључци истраживања дају бројне линеарне условљености наведених параметара и потребне енергије за грејање, па је тако за фактор облика изведена условљеност дата једначином:

$$\Delta E_{we} = 0.35 \Delta R_{sv},$$

где  $\Delta E_{we}$  означава промену у потрошњи енергије (исказану у kWh/m<sup>3</sup> на дан) а  $\Delta R_{sv}$  промену у фактору облика. За остале испитиване параметре изведене су сличне линеарне условљености. Ове условљености нису потврђене у анализи података за предметне типове кућа, што ће бити образложено у наредним поглављима. **Закључак је да су утицајни фактори на енергетске перформансе бројни, и немогуће је извести једноставне закључке када се испитује веома велики број параметара, нарочито преко података о потрошњи, будући да она веома зависи од понашања корисника и временских параметара.**

Утицај понашања корисника и фактора облика игра одлучујућу улогу и када је реч о режиму коришћења куће, тако да се показало да је расподела грејаног простора (*management of heated area*) у умереним климатима од пресудне важности за енергетске перформансе, нарочито у кућама са лошијим термичким

---

<sup>68</sup> студија је обухватила анализу података о потрошњи енергије за грејање 200 кућа у Оукланду (Auckland, New Zealand)

<sup>69</sup> јужна хемисфера, код нас би то били јужно оријентисани прозори



карактеристикама (De Meester et al., 2013). Када су постигнуте добре карактеристике термичког омотача ови утицаји мање долазе до изражаја. Енергетске перформансе су најбоље када се користи целокупан простор унутар предвиђеног термичког омотача, тако да је јако битно прилагодити величину куће потребама корисника, величини домаћинства и режиму коришћења. Парцијелно грејање код породичних кућа распрострањена је појава у Србији, и једна од запажених карактеристика стамбеног фонда породичних кућа. Тек у 30% кућа греје се више од 70 m<sup>2</sup>, док се у 25% греје мање од 25 m<sup>2</sup>, односно тек једна просторија (Јовановић Поповић и други, 2012, стр. 20). Ова појава изражена је највише код типова кућа грађених након 1970., које одликује већа квадратура, али је присутна и код ионако скромне структуре анализираних типова предметног периода. Може се очекивати да ће обновом издвојених типова за даљу анализу бити остварена значајна побољшања термичког комфора, али и доћи до повећања грејане површине, што може резултирати повратним ефектом<sup>70</sup>, за који се сматра да утиче на повећање очекиване потрошње енергије и за 12-40% (De Meester et al., 2013).

У савременој регулативи фактор облика често је препознат, уз оријентацију, као наслеђени ограничавајући фактор приликом енергетске санације, па су захтеви при верификацији резултата обнове прилагођени органичењима постојећег стања. У том случају, пошто није могуће остварење веома високих домета обнове, попут стандарда *passivhaus*, постављају се строжи услови за друге факторе који утичу на укупне енергетске перформансе, као што су захтеви за перформансе термичког омотача. Препорука је да се утицај геометрије на енергетске перформансе додатно истражи, нарочито у светлу обнове зграда, пошто јединствено дефинисани максимални дозвољени нивои потрошње могу наметнути бројне додатне трошкове зградама са лошим геометријским карактеристикама (Hermelink et al, 2013, стр.275). Истраживање би требало да дефинише утицај геометрије (фактора облика) на реалне домете побољшања енергетских перформанси кроз обнову.

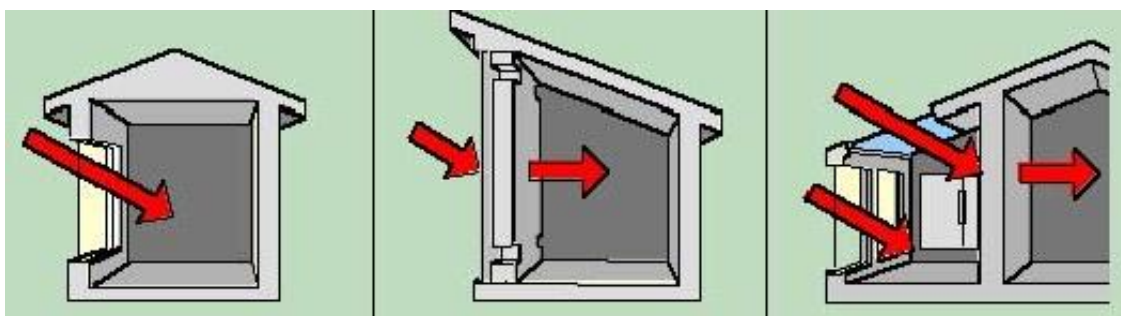
---

<sup>70</sup> *rebound effect* – неочекивани ефекат повећања потрошње енергије након обнове зграда, чиме се умањују планиране уштеде

### III.3.2 Пасивни системи повећања соларних добитака

Пасивни системи базирају се на основним принципима биоклиматског пројектовања, уз коришћење допунских елемената за повећање искоришћења соларних добитака. Основна предност пасивног соларног система је што користи конвенционалне елементе зграде, који преузимају функције сакупљања, складиштења и расподеле соларне енергије (Пуцар, 2006, стр. 40). И други аутори скрећу пажњу на примену пасивних мера за постизање изузетних перформанси, пошто представљају једноставна, изводљива и исплатива решења ка смањењу утицаја на окружење (Morrissey et al., 2014). Код реконструкције зграда побољшање искоришћења затечених услова локације може се постићи применом пасивних система соларних добитака.

Најједноставнији пасивни соларни систем представљају велике површине прозора оријентисане у правцу максималних соларних добитака (за северне географске ширине то су првенствено јужне оријентације). Поред прозора, као конвенционални пасивни соларни системи користе се и други јужно оријентисани отвори, стакленици, кровни прозори и засечени отвори, као и удаљени отвори. Механизми преноса енергије код пасивних система илустровани на **Слици III-2** су системи директног добитка (топлотно складиште унутар грејаног простора), системи индиректног добитка (топлотно складиште део омотача), системи изолованог добитка (површина колектора одвојена од топлотног складишта) као и мешовити системи (Пуцар, 2006, стр. 42).



Слика III-2. Механизми преноса енергије код пасивних система: директан, индиректан и изолован добитак

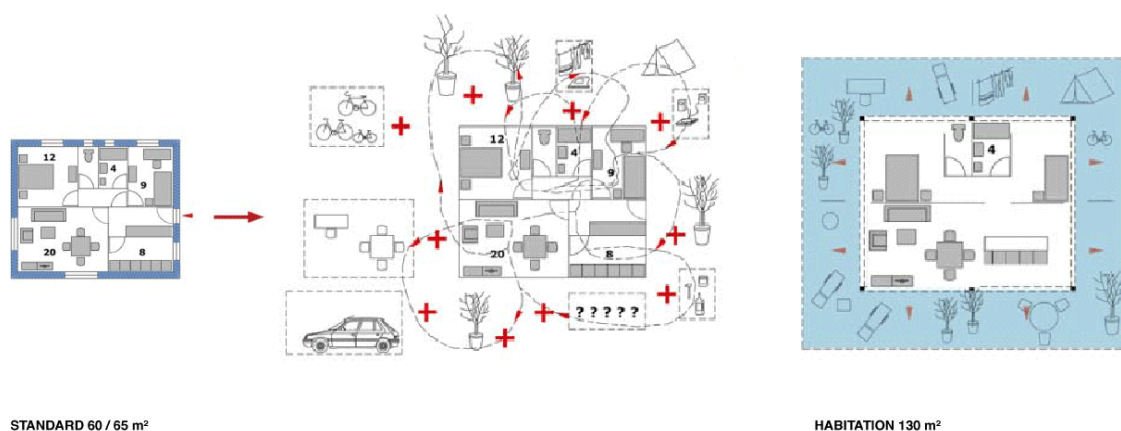
Пошто испитивање утицаја индиректних и мешовитих система кроз моделе обнове на уштеде енергије, односно домете обнове, захтева детаљне динамичке термичке симулације, њихова примена неће бити разматрана.

Основни захтеви система директног пасивног добитка су јужно оријентисани застакљени прозори и добро изолована термичка маса која функционише као тоplotно складиште које греје унутрашњи простор зрачењем и конвекцијом (Пуцар, 2006, стр. 43). Захваљујући примени стратегија директног добитка (јужни прозори, изложена термичка маса) могуће је у хладним климатима реализовати примере кућа које подмирују велики део потребне енергије за грејање из пасивних добитака (Herzog, 1996, стр. 72). Термичку масу чине елементи зграде са великим тоplotним капацитетом: подови, зидови, таванице и сл., који су изложени сунчевом зрачењу. Да би систем директног добитка био ефикасан и доприносио термичком комфору и зими и лети, потребно је омогућити заштиту соларних отвора од прегревања лети, као и од нежељених губитака тоplotе ноћу. О принципима функционисања појединих елемената овог система биће речи у деловима који говоре о термичком омотачу зграде (транспарентним и нетранспарентним површинама). Други најчешћи облик примене система пасивног соларног захвата представљају добици путем стакленика.

### III.3.2.1 Стакленик

Стакленици су у употреби као елемент пасивног захвата енергије сунца још од римског доба, а са развојем свести о значају коришћења сунчеве енергије у архитектури и јачањем покрета одрживе и биоклиматске архитектуре, крајем двадесетог века, почиње да се изучава њихов утицај на енергетске перформансе. Коришћени су кроз историју као додатни обликовни и функционални елементи код породичних кућа, који су омогућавали додатни простор за боравак, гајење биљака и помоћно грејање (Пуцар, 2006, стр. 82). Покрет соларне архитектуре је елемент стакленика користио као основни обликовни елемент, који је у садејству са другим елементима пасивног дизајна (термичко зонарање, коришћење термичке масе, ноћна вентилација итд.) обезбеђивао постизање услова комфора и енергетске ефикасности. Стакленик служи и као изолациони простор, тј. ваздушни омотач који

има своју улогу у свим годишњим добима и служи за ублажавање високих, односно ниских температура. Он је, у исто време, **термичка тампон зона и функционални простор** који омогућава проширење простора, гајење биљака током целе године и уштеду енергије (Пуцар, 2006, стр. 92). Или, по речима аутора из архитектонског бироа Лакатон и Васал (Lacaton & Vassal), тампон зона која у ствари представља слободан, непрограмиран (*unprogrammed*) простор који пружа бројне могућности за коришћење (Слика III-3). Предности коришћења стакленика као тампон зоне су, осим прикупљања топлотних добитака, и смањење трансмисионих и вентилационих топлотних губитака.



Слика III-3. Lacaton & Vassal, концепт организације додатих тампон зона стакленика

Принцип функционисања стакленика заснива се на ефекту стаклене баште, односно способности стакла да лако пропушта краткоталасно електромагнетно зрачење, а тешко дуготаласно топлотно зрачење. У укупном захватању сунчеве енергије код директног добитка путем стакленика, поред јужне стаклене површине, највећу улогу има под стакленика, и евентуални бочни масивни зидови, који служе за стабилизовање температуре како у стакленику, тако и у кући (Пуцар, 2006, стр. 96). Код директног добитка путем стакленика важно је спречити прегревање повезаних простора, омогућавањем добре вентилације и спречавањем прекомерног загревања системима застора.

У систему директног добитка путем стакленика, стакленик функционише као *зона застакљења* (Пуцар, 2006, стр. 116), и улази у обрачун грејаних површина куће. Стакленици у систему изолованог добитка функционишу као *енергетски тампони*, односно *међузоне*, и од грејних простора куће одвојени су зидовима са или без

застакљених прозорских површина. У зависности од подручја примене (климе) варира однос застакљења стакленика и застакљења стаклених преграда ка стакленику. Сигурно да застакљење стакленика изолационим стаклом, у односу на једноструко, значајно поскупљује инвестицију, **тако да треба испитати утицај који ова мера има на укупне енергетске перформансе**. Како се стакленик типа међузоне и енергетског тампона у прорачунима посматра као негрејни простор, неопходно је задовољење услова термичке заштите ове позиције термичког омотача, која за транспарентне позиције у хладним и умереним климатима обично захтева примену изолационих стакала.

Скорија истраживања (Whang и Kim, 2014) сврставају стакленике у једну од најзаступљенијих стратегија за постизање изузетних перформанси у погледу енергетске ефикасности, на основу анализе савремених примера нискоенергетских зграда. У студији која се бавила истраживањем утицаја стакленика на комфор у зимским и летњим месецима у различитим климатским условима широм Европе (Mihalakakou, 2002) формулисани су закључци везани за однос њиховог учинка у зимским и летњим месецима, и препоруке за побољшање учинка у летњим месецима коришћењем других техника пасивног дизајна за услове у којима долази до прегревања. Препоручене технике укључују смањење прегревања путем довода ваздуха укопаним цевима, ноћном вентилацијом или увођењем елемената засенчења, од чега ноћна вентилација даје најбоље резултате.

Бројне студије баве се проценама и поређењем учинка стакленика кроз разне рачунске моделе (Oliveira Panão et al., 2012; Mottard и Fissore, 2007) што резултира све поузданијим предвиђањем учинка путем термичких симулација и унашређењем релевантних стандарда. Метод прорачуна који је дефинисан у домаћој регулативи (Правилник, 2011) базира се на поједностављеном методу дефинисаном у стандарду ISO 13790, за који је потврђено да показује мање непрецизности у прелазним месецима (Oliveira Panão et al., 2012). Испитивањем ефикасности стакленика применом у вишепородичним стамбеним зградама у градском језгру бавили су се домаћи аутори (Јовановић Поповић et al., 2015; Станојчић, 2016). Методе симулације на нивоу целе зграде показују уштеде у енергији за грејање и хлађење до 5%, а за просторе у непосредном контакту са стаклеником уштеде су око 10% (Јовановић Поповић et al., 2015), што њихову примену на мањим објектима

чини изузетно атрактивном. Методом прорачуна према актуелној регулативи ефекти додавања стакленика на одабране типове вишепородичних зграда (балкони и лође као стакленици, атријум као стакленик) резултују уштедама од око 30%, код стакленика застакљених двоструким стаклом, које се показало најефикасније (Станојчић, 2016).

Према обликовним и функционалним карактеристикама издвајају се следећи типови стакленика (Пуцар, 2006, стр. 118-143) као погодни за примену у обнови породичних кућа предметног периода:

- лођа или балкон као стакленик, застакљивањем постојећих лођа и балкона, или доградњом нове структуре испред фасаде;
- прикључен (приодат, дограђен) стакленик, који може бити организован у распону од независног простора, преко простора који се повремено укључује у унутрашњи простор, до простора потпуно укљученог у организацију и функционисање куће.
- делимично уграђен (интегрисан) стакленик, утиче на функционалну шему објекта и најчешће чини саставни део неке од просторија.
- потпуно уграђен (атријумски) стакленик, који у великој мери мења карактеристике зграде – повећава се корисна површина, мења се облик и запремина зграде, а самим тим и фактор облика, а у функционалном смислу најчешће долази до промена намене просторија.

Бројне предности примене балкона и лођа као стакленика препознате су као изузетна погодност приликом обнове зграда (Јовановић Поповић и Самарцић, 2001, стр.84). Најбоље резултате у погледу уштеда енергије дају застакљени балкони целом ширином фасаде, а затим интегрисани облици (лође). Произвођачи данас нуде готова решења за материјализацију стакленика, како би проблеми њихове конструкције, застакљења и одводњавања били решени системски (Слика III-4).



Слика III-4. Различити примери системских решења конструкције стакленика произвођача Schuco

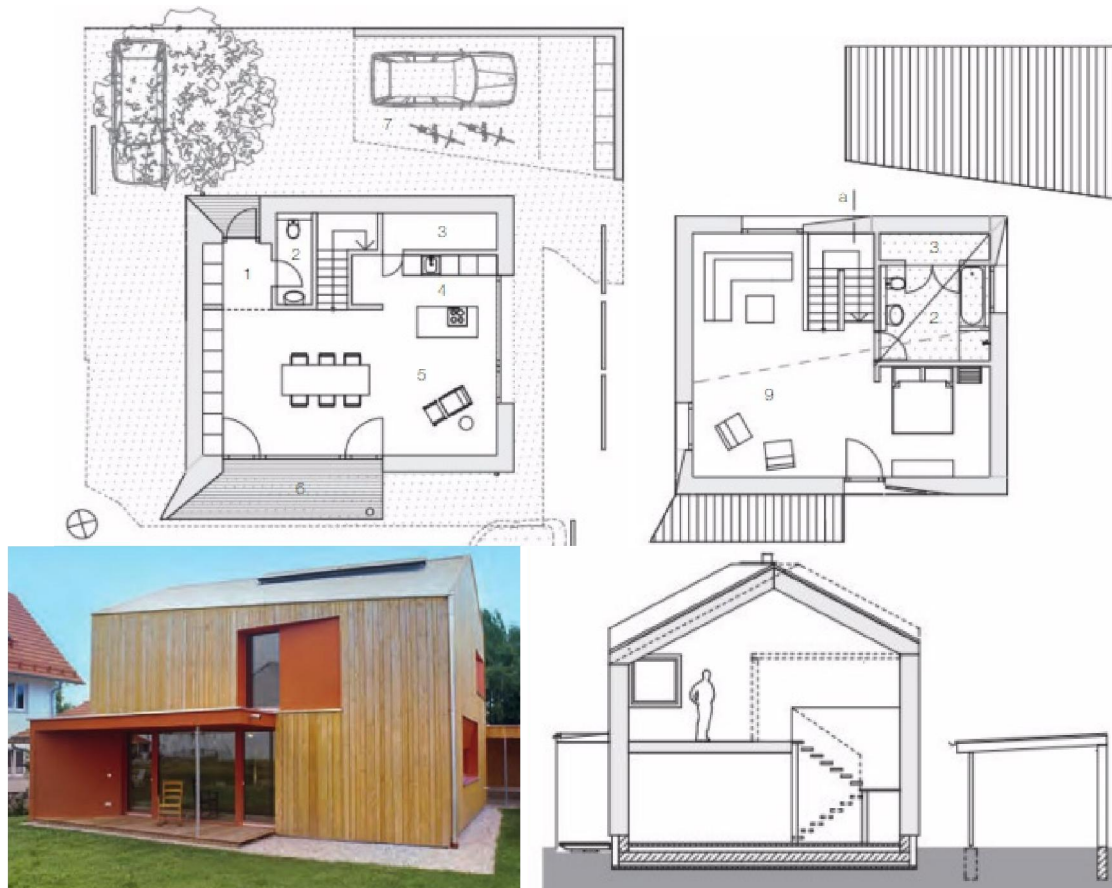
Функционални аспект коришћења простора стакленика као тампон зоне захтева објашњење још једног принципа пасивног коришћења соларне енергије, а то је термичко зонирање.

### III.3.2.2 Термичко зонирање

Термичко зонирање зграде обухвата груписање појединих делова зграде у складу са њиховим потребама за одржавањем одређених термичких услова (Правилник, 2011). Другим речима, овај принцип захтева решавање функционалне организације простора у складу са различитим условима термичког комфора у зависности од намене просторија, и максималног искоришћења директних соларних добитака у зависности од оријентације. Просторије чија намена захтева више унутрашње температуре простора у грејној сезони требало би оријентисати у правцу који омогућава више соларне добитке и заклоњен положај, а окружити их просторијама које имају ниже захтеве у погледу оствареног термичког комфора, као заштитним зонама (Negger et al., 2008, стр.86). За наше климатске услове то пре свега значи тежити оријентацији степеништа и помоћних просторија према северу, радних и спаваћих соба према истоку, а дневних простора према југу. Самим тим, посредан утицај термичког зонирања представља и распоред и оријентација прозорских отвора, који утиче на соларне добитке и повезан је са фактором оријентације. То је уједно и ефекат термичког зонирања који се најлакше огледа у енергетским перформансама, пошто је утицај микроклиматских разлика унутар куће, које се јављају као последица распореда просторија и њихових термичких захтева, јако тешко потврдити кроз прорачуне.

Принцип термичког зонирања почива на оптималној оријентацији у зависности од услова локације, као и тежње за искоришћењем пасивних соларних добитака. Пример термичког зонирања код једне пасивне куће дат је на **Слици III-5** (Gonzalo и Vallentin, 2014, стр.48-49). Сервисни део (улаз (1), купатило (2), оставе (3) и степениште) постављени су уз северни зид куће, док је остатак простора организован у систему отвореног плана, са кухињом и трпезаријом које чине централну зону, оријентисану ка тераси и башти. На спрату је уз јужну фасаду и већи отвор постављена спаваћа соба, док је дневни боравак (радна зона)

оријентисан ка северозападу, као алтернатива јужно оријентисаном трпезаријском простору у приземљу, и тиме погоднији за коришћење у летњем периоду.



Слика III-5. Пасивна кућа у Дорфену (архитекте Architekturwerkstatt Vallentin, Dorfeneu): горе - основе (приземље, спрат), доле - фотографија јужне фасаде и пресек.

Још један од принципа термичког зонарања који се често користи назива се и принцип концентричних кругова - *thermal onion-skin principle* (Herzog, у Hegger et al., 2008, стр.28), који се пореди са логиком организације простора око огњишта као термичког и симболичког средишта куће (Heschong, 1979), где се просторије у којима је потребна највиша температура и које имају сталан режим коришћења лоцирају ка средишту куће, док се простори у којима је потребна нижа температура и који се користе током краћег периода лоцирају даље ка ободу. Прелазне зоне, као што су стакленици, или зоне које не захтевају грејање (помоћне просторије, гараже, степеништа) лоцирају се на самом ободу, као тампон зоне ка спољашњем простору, које зими штите унутрашње просторе.



### III.3.3 Термички омотач зграде (нетранспарентне површине)

Енергетска санација подразумева, између осталог, и делимичну или целокупну реконструкцију термичког омотача, што укључује велики број позиција, а самим тим захтева и решавање бројних конструктивних склопова. Позиције термичког омотача које имају највећу површину су фасадни зидови, фасадни отвори, али и позиције ка негрејаном тавану и подруму, као и кровне површине, па се њиховом реконструкцијом постижу и значајније уштеде.

Највећи утицај нетранспарентних површина омотача на енергетске перформансе огледа се у њиховом уделу у трансмисионим губицима. Они зависе од површине делова омотача и њихових карактеристике у погледу пропуштања топлоте (коэффициент пролаза топлоте, „U-вредност“ (*U-value*) изражена у  $W/m^2K$ ), као и конструктивног решења топлотних мостова (трансмисиони губитак услед утицаја топлотних мостова,  $H_{ТВ} [W/K]$ ). Трансмисиони губици изражавају се преко коэффицијента трансмисионог губитка зграде, односно делова омотача  $H_T [W/K]$ , и специфичног трансмисионог губитка топлоте кроз термички омотач  $H'_T [W/m^2K]$  који представља укупну вредност трансмисионог губитка кроз све елементе термичког омотача подељену са укупном повшином термичког омотача. Вредности коэффицијената трансмисионих губитака делова омотача зависе од њихове површине, коэффицијента пролаза топлоте и фактора корекције температуре ( $F_x$ ), који су прописани важећом регулативом (Правилник, 2011, Табела 3.4.1.3., Табела 3.4.1.1), за нове зграде и зграде које подлежу обнови. Преглед ових вредности за постојеће зграде које се обнављају дат је у **Табели III-2**. Максималне вредности специфичног трансмисионог губитка топлоте  $H'_T$  такође су дефинисане регулативом, у зависности од намене зграде, удела транспарентних површина и фактора облика (Правилник, 2011, Табела 3.4.2.3.1). Вредности за стамбене зграде дате су у **Табели III-3**.

| Опис елемента  | Фактор корекције температуре ( $F_x$ ) | Постојеће зграда $U_{max}$ [ $W/m^2K$ ] |
|--|--|---|
| <b>Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом</b>   |  |   |
| Зид у контакту са спољним ваздухом   | 1                                      | 0.40                                    |
| Кров изнад грејаног простора   | 1                                      | 0.20                                    |
| Кров изнад негрејаног простора   | -                                      | 0.40                                    |
| Међуспратна конструкција изнад отвореног простора  | 1                                      | 0.30                                    |
| Прозори и балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште   | 1                                      | 1.50                                    |
| Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе   | 1                                      | 1.50                                    |
| Спољна врата   | 1                                      | 1.60                                    |
| Излози   | 1                                      | 1.80                                    |
| Стаклене призме  | 1                                      | 1.60                                    |
| <b>Елементи који се граниче са негрејаним просторима</b>   |  |   |
| Зид на дилатацији  | 0.8                                    | 0.50                                    |
| Зид према грејаном степеништу  | 0.8                                    | 0.90                                    |
| Зид према негрејаним просторима  | 0.5                                    | 0.55                                    |
| Међуспратна конструкције испод негрејаног простора   | 0.8                                    | 0.40                                    |
| Међуспратна конструкције изнад негрејаног простора   | 0.5                                    | 0.40                                    |
| Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника  | 0.8                                    | 0.90                                    |
| Зид ка негрејаној зимској башти (стакленику), са спољним застакљењем зимске баште:<br>-једноструко стакло, $U > 2.5 W/m^2K$<br>-изолационо стакло, $U \leq 2.5 W/m^2K$<br>-побољшано стакло, $U \leq 1.6 W/m^2K$ | 0.7<br>0.6<br>0.5                      | -                                       |
| <b>Конструкције у тлу (укопане или делимично укопане)</b>  |  |   |
| Зид у тлу  | 0.6                                    | 0.50                                    |
| Под на тлу   | 0.5                                    | 0.40                                    |
| Укопана међуспратна конструкција   | 0.6                                    | 0.50                                    |

**Табела III-2.** Преглед максималних дозвољених вредности коефицијената пролаза топлоте за елементе термичког омотача постојећих зграда које се обнављају и фактора корекција температуре

| Фактор облика ( $A/V$ ) | Нестамбене зграде са уделом транспарентних површина $\leq 30\%$ и стамбене зграде $N^t$ [ $W/m^2K$ ] |
|-------------------------|--|
| $\leq 0.2$              | 1.05   |
| 0.3                     | 0.80   |
| 0.4                     | 0.68   |
| 0.5                     | 0.60   |
| 0.6                     | 0.55   |
| 0.7                     | 0.51   |
| 0.8                     | 0.49   |
| 0.9                     | 0.47   |
| 1.0                     | 0.45   |
| $\geq 1.05$             | 0.44   |

**Табела III-3.** Највеће допуштене вредности специфичних трансмисионих губитака топлоте за стамбене зграде

За израчунавање трансмисионих губитака парцијалних делова омотача могу се узимати површине мерене према унутрашњим димензијама (нето), средњој линији зида или спољне (брuto) мере, уз доследно придржавање усвојене

конвенције (ISO 13790, 3.2.6, стр.4). Детаљан приказ различитих начина димензионисања елемената термичког омотача (ISO 13789, Анекс Б., стр.12-13) указује на већу прецизност прорачуна када се узимају нето димензије елемената, али само у случају када се засебно рачуна трансмисиони губитак услед утицаја топлотних мостова за сваки елемент. У случају поједностављеног одређивања термичког губитка услед термичких мостова преко укупне површине термичког омотача (A) ( $H_{ТВ}=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}\cdot A$ ), као што је то случај у домаћој регулативи, поузданије је да се користе спољне мере. Како се за израчунавање фактора облика и трансмисионог губитка услед утицаја термичких мостова узима искључиво површина термичког омотача мереног узимајући спољне мере (Правилник, 2011, прилог 3.4.2), у домаћој регулативи је усвојена дефиниција граничне површине грађевинског елемента која се израчунава **преко спољних мера** (Правилник, 2011, Члан 2 (17)). Провера утицаја различитог начина прорачуна на одабране типове кућа, на примеру типа Ц1.1 (спољни зидови дебљине 40 cm) показује да између обрачуна површина по спољним или унутрашњим мерама долази до разлика и до 10% у вредности енергије потребне за грејање, а ова разлика се повећава са повећањем дебљине спољних зидова.

Побољшање термичких карактеристика фасадних зидова представља најчешће први корак код обнове зграда. Због дотрајалости фасада на зградама предметног периода, ова мера не представља само меру побољшања енергетске ефикасности него и нужну меру текућег одржавања. У понуди је велики број изолационих материјала углавном сличних карактеристика у погледу термичке заштите ( $\lambda= 0.031\text{-}0.037 \text{ W/mK}$ ), и нешто бољих карактеристика природних материјала у погледу паропропусности и противпожарне заштите (минерална вуна). Најчешће су у употреби изолациони системи са финалном обрадом у виду фасадног малтера, а нешто ређи, пре свега због цене, су системи вентилисаних фасада са облогама од различитих материјала. У случају да постоје услови заштите који онемогућавају постављање спољне изолације фасадног зида, могућа је и примена решења са постављањем изолације са унутрашње стране. Дебљине стандардних изолационих материјала при облагању са унутрашње стране зида су ограничене због смањења корисне површине просторије, али и могућности појаве конденза са унутрашње стране зида, и уобичајено износе од 5-10 cm. Такође, код

оваквих решења треба водити рачуна о сузбијању додатног негативног утицаја термичких мостова на угловима и спојевима са преградним зидовима.

Изолација елемената који се граниче са негрејаним простором представља следећу најчешћу позицију нетранспарентних делова омотача чијој се реконструкцији приступа. Због значајних површина под овим елементима и удела у трансмисионим губицима, као и једноставног извођења ове мере обнове, испоставља се да улагања у додатно изоловање ових елемената (међуспратне конструкције ка тавану или подруму, зидови према негрејаним гаражама и сл.) дају добре резултате пошто ниже границе у погледу максималних дозвољених вредности коефицијената пролаза топлоте резултују мањим потребним дебљинама изолације, што резултира повољним периодом отплате инвестиције (Hegger et al., 2008, стр.89). Изолација конструкција у контакту са тлом (подови на тлу, зидови у тлу) због њиховог малог удела у трансмисионим губицима и обимних радова обично представља меру која се разматра као део обимније обнове. Пошто је неопходно уклањање подних облога и кориговање висине прагова код врата, изолација пода на тлу примењује се само у случају значајних губитака топлоте на овој позицији.

Изолација косих кровова јавља се у случају активације таванског простора као мера која замењује изолацију међуспратних таваница. Тако посматрано представља вишеструко комплекснију и скупљу меру, пошто треба водити рачуна не само о потребним дебљинама термоизолације (код нас минимално од 25-30cm у зависности од квалитета термоизолационог материјала), већ и о конструкцији кровних носача и њиховој способности да поднесу захтеване дебљине изолације, парозаштити, водонепропусности кровног покривача, заптивености конструкције итд. У случају равних кровова степен комплексности је и већи, пошто се осим о хидроизолацији и одводњавању, код проходних равних кровова од примењених материјала термоизолације осим квалитета у погледу термичке заштите очекује и веома висок степен отпорности на притисак.

Принцип коришћења термичке масе почива на чињеници да чување топлоте, односно боље искоришћење добитака топлоте и топлоте доведене системима грејања, смањује потребе за грејањем зими, док је лети, због спорог загревања,

смањена и потреба за хлађењем. Материјали са великом густином и специфичним топлотним капацитетом акумулирају више топлотне енергије, и то само у слоју који се назива референтна дебљина, и износи приближно до 15cm (Данијелс, 2009, стр.124). Према типу материјализације зграде се могу сврстати у 4 нивоа према фактору акумулације: XL (веома слабо акумулирајуће, укупна маса грађевнских конструкција од којих је састављен термички омотач мања од  $200 \text{ kg/m}^2$  површине пода), L/M (слабо до средње акумулирајуће, укупна маса од  $200\text{-}600 \text{ kg/m}^2$  површине пода,) и S (јак акумулирајуће, укупна маса већа од  $600 \text{ kg/m}^2$  површине пода). Ова подела кореспондира са поделом усвојеном у домаћој регулативи (Правилник, Прилог 6, 6.1) на тешки, средње-тешки и лаки тип градње код усвајања фактора искоришћења добитака топлоте за период грејања ( $\eta_{H,gn}$ ). Такође, дефинисани су услови за прорачун топлотне акумулативности нетранспарентних спољних грађевинских елемената (спољни зидови, кровови) за летњи период, преко најмањих дозвољених вредности фактора пригушења амплитуде осцилације температуре ( $v_{min}$ ) и вредности кашњења осцилације температуре ( $\eta_{min}$ ) (Правилник, Прилог 3, 3.2). За спољне нетранспарентне вентилисане грађевинске елементе не постављају се захтеви за вредност  $v$  уколико је површинска маса елемента без облоге  $\geq 100 \text{ kg/m}^2$ . Уколико је мања, коефицијент пролаза топлоте елемента мора да буде мањи од  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . За оквирно дименионисање површине термичке масе која служи као пријемник (акумулатор) топлоте при директном захвату, важи правило да она треба да буде око 6 пута већа од површине прозора пријемника сунчевог зрачења<sup>71</sup>, као и да треба да буде у што је већој мери незаштићена (облоге, теписи, плакари уз зидове, и сл.), пошто откривеност акумулационих масива утиче на повећање акумулативности.

Коришћење термичке масе, подједнако је битно као и примена ноћне вентилације (Данијелс, 2009, стр.128; Hausladen et al., 2012, стр. 75). Ноћна вентилација може се примењивати путем прозорских отвора позиционираних тако да омогућавају добро проветравање, или путем вентилационих отвора у међуспратној конструкцији према негрејаном тавану и кровном покривчу

---

<sup>71</sup> <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/thermal-mass>

(Szokolay, 2008, стр. 61). На илустрацији је приказана шема функционисања ноћне вентилације код реконструкције једне породичне куће у Енглеској (Слика III-6).



Слика III-6. Принцип ноћне вентилације уведен кроз реконструкцију типа куће у низу (Warwall 61, London, Retrofit for the future project, Penoyre&Prasad Architects)

Пошто су разматрани типови кућа зидани у масивном систему и спадају у тешки тип градње (средње тешки код фасадних зидова зиданих од гитер блокова), постоји велики потенцијал за коришћење акумулативних карактеристика примењених материјала. Потенцијал за искоришћење термичке масе треба комбиновати са применом мера пасивног захвата сунчеве енергије. Сваки материјал са високим топлотним капацитетом може се користити као складиште топлоте. Улога складишта топлоте је да спречи прегревање и одложи расподелу соларног флукса. Коришћење пасивних соларних система захтева одговарајућу термичку заштиту свих конструктивних елемената изложених топлотним губицима, да би се сакупљена и акумулирана топлота сачувала унутар простора. Такође, да би се површине са великим топлотним капацитетом сматрале апсорберима топлоте у систему директног добитка путем јужних отвора или стакленика, неопходно је и да испуне одговарајуће услове, као што је тамна боја (или специјалне боје са селективним својствима) и избегавање заклањања апсорбујуће површине намештајем или теписима.

### III.3.4 Термички омотач зграде (транспарентне површине)

Прозори представљају најзначајнији облик транспарентних површина у материјализацији фасадних отвора код породичних кућа. Сви стамбени простори морају бити непосредно природно осветљени кроз фасадне отворе, а сматра се да је квалитетно непосредно осветљење постигнуто ако укупна застакљена површина фасадних односно кровних отвора намењених осветљењу одређеног простора достиже најмање 15% његове нето површине у основи (Правилник о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда, 2012, члан 13.). За процену квалитета дневног осветљења користе се прецизни прорачуни уз помоћ специјализованих програма, пошто испуњеност процентуалне површине прозора у односу на површину пода може дати различите резултате у погледу квалитета осветљаја, у зависности од положаја, облика и величине прозора.

Бројне карактеристике прозора утичу на његове термичке перформансе. Карактеристике застакљења ( $U_g$  - коефицијент пролаза топлоте застакљења,  $g$  - степен пропустљивости енергије стакла), рама ( $U_f$  - коефицијент пролаза топлоте рама), спојева стакла и рама ( $\psi$  - фактор корекције температуре стакло/рама), као и начин уградње и решење детаља спојева са осталим елементима конструкције (утицај инфилтрације на вентилационе губитке) значајно утичу на енергетске перформансе прозора. Најзначајнија карактеристика прозора у погледу термичке заштите је свакако његов коефицијент пролаза топлоте ( $U_w$ ). Он зависи од величине прозора и односа површине рама и застакљења, а варира и у зависности од положаја мерног места на самом прозору: средишњи део или део уз ивицу стакла ка раму. Смањивање емисивности ( $\epsilon$ ) примењених стакала у стакло пакету доприноси смањивању укупног пролаза топлоте кроз површину застакљења. Нискоемисиони премаз смањује  $U_g$  вредност примењеног стакло пакета приближно као додавање још једног стакла (за двоструки стакло пакет вредност опада са 3 на око 1.6) (Carmody et al., 2007, стр.90). Позиција премаза одређује његову ефикасност: контролу губитака топлоте у зимском периоду (нанос на спољној страни унутрашњег стакла) и соларних добитака у летњем периоду (нанос на унутрашњој страни спољног стакла). У климатима где је изражена потреба за грејањем, нискоемисиони премази су веома значајни у задржавању соларних добитака код

пасивних система и њиховог искоришћења. Карактеристике неких од најчешћих прозорских компоненти у употреби код стамбених зграда дати су у **Табели III-4**.

| опис  | $U_w$ [W/m <sup>2</sup> K] | g [%] |
|---|----------------------------|-------|
| Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, испуна стаклопакета исушени ваздух                     | 1.98                       | 0.62  |
| Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон        | 1.57                       | 0.58  |
| PVC рам, двоструко застакљење, испуна стаклопакета исушени ваздух   | 1.54                       | 0.56  |
| PVC рам, двоструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон                                    | 1.16                       | 0.53  |
| PVC рам, троструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон                                    | 0.91                       | 0.38  |
| Дрвени рам, двоструко застакљење, испуна стаклопакета исушени ваздух  | 1.54                       | 0.56  |
| Дрвени рам, двоструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон                                 | 1.16                       | 0.53  |
| Дрвени рам, троструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон                                 | 0.91                       | 0.38  |
| Дрвени композитни рам, ламелирано дрво, двоструко застакљење, испуна стаклопакета исушени ваздух                  | 1.54                       | 0.56  |
| Дрвени композитни рам, ламелирано дрво, двоструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон     | 1.16                       | 0.53  |
| Дрвени композитни рам, ламелирано дрво, троструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон     | 0.91                       | 0.38  |
| Композитни рам са термоизолационом испуном, двоструко застакљење, испуна стаклопакета исушени ваздух              | 1.38                       | 0.60  |
| Композитни рам са термоизолационом испуном, двоструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон | 0.91                       | 0.56  |
| Композитни рам са термоизолационом испуном, троструко застакљење, нискоемисиони премаз, испуна стаклопакета аргон | 0.56                       | 0.40  |

**Табела III-4.** Карактеристике неких од најчешћих прозорских компоненти у стамбеним зградама (Carmody et al., 2007, стр.213)

Код нас су највише у употреби PVC или алуминијумски профили, а најчешћи облик застакљења је и даље двоструки изолациони стакло пакет. Нека од најчешћих решења, која се код нас могу сматрати стандардним у употреби у стамбеним зградама, било при реконструкцији или новоградњи, приказани су у **Табели III-5**.

Утицај инфилтрације на вентилационе губитке веома је изражен код неправилне уградње прозора. У регулативи која дефинише прорачун енергетских перформанси се ове карактеристике вреднују кроз утицај класе заптивености на број измена ваздуха на час, који фигурира у прорачуну вентилационих губитака ( $H_v$ ) (Правилник, 2011, Табела 3.4.2.1, и 3.4.2.2).


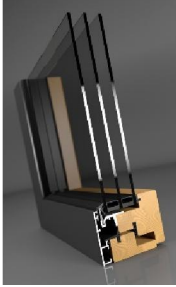
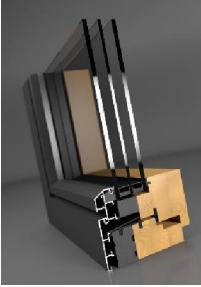



|                              |   |   |  |   |
|------------------------------|---|---|--|---|
| Стандардни прозорски системи |            |  |  |  |
| Тржишни назив                | REHAU - BRILLANT-DESIGN MD  | REHAU - EURO-DESIGN 86 PLUS   | ALUMIL - M11500  | ALUMIL – SMARTIA M23000   |
| Материјал (унутра/споља)     | PVC, петокоморни профил, варијанта са стандардним ојачањем или термички изолованим ојачањем | PVC, шестокоморни ојачани профил  | Алуминијум   | Дрво/Алуминијум   |
| Uf [W/m²K]                   | 1.1 - 1.3   | 1.1   | 1.58-2.12  | 2.1   |

**Табела III-5.** Стандардни прозорски системи у употреби у Србији и њихове карактеристике

Заптивеност се процењује као добра, средња и лоша, а вредности броја измена ваздуха на час за сваки од ова три случаја зависе од положаја зграде, односно заклоњености од ветра. Уобичајено је да се приликом процене утицаја мере обнове заменом прозора претпостави побољшање заптивености, што у пракси не мора да буде случај. Провера заптивености спроводи се мерењима методом пресуризације<sup>72</sup>. Да би се постигле изузетно добре термичке перформансе прозора, какве одговарају захтевима пасивних кућа, са укупним вредностима  $U_w \leq 0.85$  W/m²K, и тиме избегла потреба за постављањем грејног тела испод прозора, а очувао термички комфор, коефицијенти пролаза топлоте рама морају бити у распону  $0.7 \leq U_f \leq 0.8$  W/m²K. То се код компоненти за пасивне куће постиже профилима за изолационом испуном шупљина, профилима од ламелираног дрвета, композитним профилима од комбинације дрвета и алуминијума, или решењем детаља тако да је цео прозорски рам накнадно изолован (Gonzalo и Vallentin, 2014, стр.130). Ради повећања соларних добитака и смањења процента рама тежња је да прозорски рамови буду што мањих димензија. Неки од прозорских система које произвођачи истучу као најбоље у погледу термичке заштите приказани су у **Табели III-6.**

<sup>72</sup> fan pressurization method, „Blower-door test”

|                            |   |   |  |  |
|----------------------------|---|---|--|--|
| Напредни прозорски системи |  |  |  |                   |
| Тржишни назив              | REHAU - GENEOPHZ (Pasivhaus)  | BATIMET TA35 IN   | BATIMET TA35 SE FB (Pasivhaus)   | ProTec Xframe  |
| Материјал (унутра/споља)   | композитни материјал на бази PVC-а ојачан стакленим влакнима (RAU-FIPRO)          | Дрво/Алуминијум (термичке карактеристике зависе од врсте дрвета)                  | Дрво/Алуминијум (термичке карактеристике зависе од врсте дрвета)                   | композитни материјал на бази полиестера ојачан стакленим влакнима (GRP - Glass Reinforced Polyester) |
| Uf [W/m <sup>2</sup> K]    | 0.79  | 1.12-1.37   | 0.76-0.81  | 0.8  |

Табела III-6. Напредни прозорски системи и њихове карактеристике

Већ је речено да један од најчешће коришћених система директног пасивног добитка представљају јужно оријентисани прозори. У оквиру овог система разликују се дифузни и недифузни директни добитак, при чему је употреба специјалних стакала која расипају или рефлектују сунчеву светлост тако да се она расподељује на велику површину топлотне масе ретка код стамбених објеката, пошто стакла која представљају дифузере нису транспарентна. У умереним климатима код димензионисања фасадних отвора осим о повећању соларних добитака зими, мора се водити рачуна и о утицају повећаних соларних добитака лети. Са аспекта термичког комфора лети, показало се да је за јужне фасаде граничан однос пуних и транспарентних делова 50%, док се за источне и западне оријентације преко 30% застакљених површина сматра критичним (Hegger et al., 2008, стр.97). О утицају процената застакљења у односу на грејану површину на укупне енергетске потребе у климатима где доминирају потребе за грејањем (потребе за хлађењем до око 15% укупних енергетских потреба), говоре подаци из литературе који показују да је код прозора са стандардним енергетским перформансама (двоструко застакљење,  $U_w$  око 1.5 W/m<sup>2</sup>K) разлика и до 25% у зависности од процента застакљења од 15% до 45% (Carmody et al., 2007, стр.167). Разлике се значајно смањују са повећањем енергетских перформанси прозора (троструко застакљење, нискоемисиони премази,  $U_w \leq 1$  W/m<sup>2</sup>K), и износе до око 10%.

### III.3.5 Заштитни елементи транспарентних делова омотача

Осим правилног димензионисања фасадних отвора и избора конструкције прозора и карактеристика застакљења, за регулисање топлотних добитака у летњем периоду од кључне је важности пројектовање система заштитних елемената транспарентних делова омотача.

Према домаћој регулативи (Прилог 3, 3.2, Правилник, 2011) све транспарентне (и полутранспарентне) површине у боравишним просторијама, осим оних оријентисаних ка северу, североистоку и северозападу, морају да имају нетранспарентну заштиту од директног Сунчевог зрачења у летњем периоду. Подаци из литературе говоре да разлика у температури просторије при различитим степенима заштите од сунца у летњим месецима (спољне жалузине или унутрашњи застори) може варирати и до 10 степени (Данијелс, 2009, стр.139), што значајно утиче на димензионисање система за хлађење. Код директног добитка преко јужно оријентисаних застакљених површина јако је важно добро осмислити систем заштите од сунца како не би дошло до прегревања, али ни до умањења ефекта загревања накнадним непланираним увођењем завеса или застора. Фактори умањења соларних добитака, према стандарду DIN 4108-2 (Табела 7, 2006), у зависности од одабраног система за заштиту од сунца дати су у **Табели III-7**.

| Систем за заштиту од сунца  | $f_c$<br>[%] |
|---|--------------|
| Без система за заштиту од сунца   | 1.0          |
| <b>Ролетне са унутрашње стране прозора или у међупростору прозорског стаклопакета</b> |              |
| Материјал беле боје, високе рефлексивности и малог степена транспаренције             | 0.75         |
| Материјали светеле боје и малог степена транспаренције                                | 0.8          |
| Материјали тамне боје и великог степена транспаренције                                | 0.9          |
| <b>Спољашњи системи заштите од сунца</b>  |              |
| Ротирајући застори (брисолеји) са вентилационим простором                             | 0.25         |
| Брисолеји / платнени застори малог степена транспаренције са вентилационим простором  | 0.25         |
| Брисолеји / застори   | 0.4          |
| Ролетне, жалузине (општи случај)  | 0.3          |
| Надстрешнице, одмакнути панелни застори   | 0.5          |
| Тенде, са струјањем ваздуха одозго и са стране  | 0.4          |
| Тенде (општи случај)  | 0.5          |

**Табела III-7.** Фактори умањења соларних добитака у зависности од система за заштиту од сунца (Hegger et al., 2008, стр.99)

О утицају застора на укупне енергетске потребе говоре подаци из литературе који показују да је код прозора са стандардним енергетским

перформансама (двоструко застакљење, прозирно стакло,  $U_w$  око  $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) у климатима где доминирају потребе за хлађењем, разлика и до око 25% у зависности од врсте примењених застора (Carmody et al., 2007, стр.165). Разлике се смањују са повећањем енергетских перформанси прозора (нискоемисиони премази у циљу смањивања соларних добитака, затамњење,  $U_w \leq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), и износе до око 20%. У климатима где доминирају потребе за грејањем (потребе за хлађењем до око 15% укупних енергетских потреба), ове разлике су значајно мање, и износе до око 5% независно од енергетских перформанси прозора (Carmody et al., 2007, стр.173). За домаће услове не постоје детаљне анализе утицаја застора на енергетске потребе, али се може очекивати да су у оквиру добијених вредности за климате за израженом потребом за грејањем. Такође, када је реч о утицају застора на потребну енергију за грејање, мора се узети у обзир да понашање корисника такође игра велику улогу (ако се изузму фиксни застори, надстрешнице и сл.), пошто неадекватна примена предвиђених застора може у потпуности нарушити пројектоване енергетске перформансе.

Метод за проверу ефикасности предвиђеног система заштите од сунца дат је у склопу стандарда DIN 4108-2, кроз метод прорачуна *индекса соларних добитака* (solar gain index) (Hegger et al., 2008, стр.98-99). Провера овог параметра врши се према једначни:

$$S = \frac{\Sigma(A_p * G)}{A_s}$$

где су:

$S$  – индекс соларних добитака;

$A_p$  – површина прозора;

$G$  – укупни степен пропустљивости енергије стакла, укључујући фактор умањења од система за заштиту од сунца ( $G=g * f_c$ );

$A_s$  – површина собе.

Добијене вредности упоређују се са максималним дозвољеним вредностима датим кроз табелу 8 DIN 4108-2 стандарда, која узима у обзир тип конструкције (лака, средња, тешка), климатски регион, површину просторије и прозора (Rossa, 2015). Овај начин провере дат је у немачкој регулативи (EnEv, 2009) као

једноставан метод за доказивање летњих услова комфора и један од два препоручена метода (друга метода је детаљна симулација на нивоу целе зграде).

На примеру одабраних типова кућа, извршена је провера ових вредности за тип Ц1.1 и Ц2.2 (Слика III-7). У оба случаја у обзир су узети прозори са раздвојеним крилима (широка кутија). У случају типа Ц1.1, где је заштита од сунца у облику спољашњих ролетни ( $G=0.8*0.3$ ), добијене вредности нешто су мање од максималних дозвољених вредности ( $S=0.03 < S_{max}= 0.0325$ ), док за тип Ц2.2, где је заштита од сунца у облику надстрешнице, односно наткривене веранде ( $G=0.8*0.5$ ) добијене вредности премашују дозвољене вредности ( $S=0.06 > S_{max}= 0.035$ ).



Слика III-7. Анализирани случајеви утицаја система заштите од сунца: тип Ц1.1 (лево) и тип Ц2.2 (десно)

Ове вредности далеко су од детаљних и могу да послуже само као оријентационе при процени потребе за системима за заштиту од сунца и њиховом одабиру. У комбинацији са бољим карактеристикама стакла, вероватно би и мање ефикасни системи за заштиту од сунца (унутрашње ролетне, застори) дали задовољавајуће резултате. Ипак, препорука је да се при реконструкцији позиција прозора и балконских врата увек предвиде системи спољних ролетни, као један од најефикаснијих система за заштиту од сунца.

## III.4 Савремени принципи обнове породичних кућа

У наредним деловима биће дат приказ савремених тенденција у развоју регулативе у погледу обнове зграда, формулисани закључци у погледу одабира мера обнове и дефинисане оне мере које ће послужити за формирање модела у наредном поглављу. Такође, биће приказано неколико примера обнове породичних кућа из предметног периода изградње који могу послужити као узорни за моделе обнове који ће бити дефинисани у наредном поглављу.

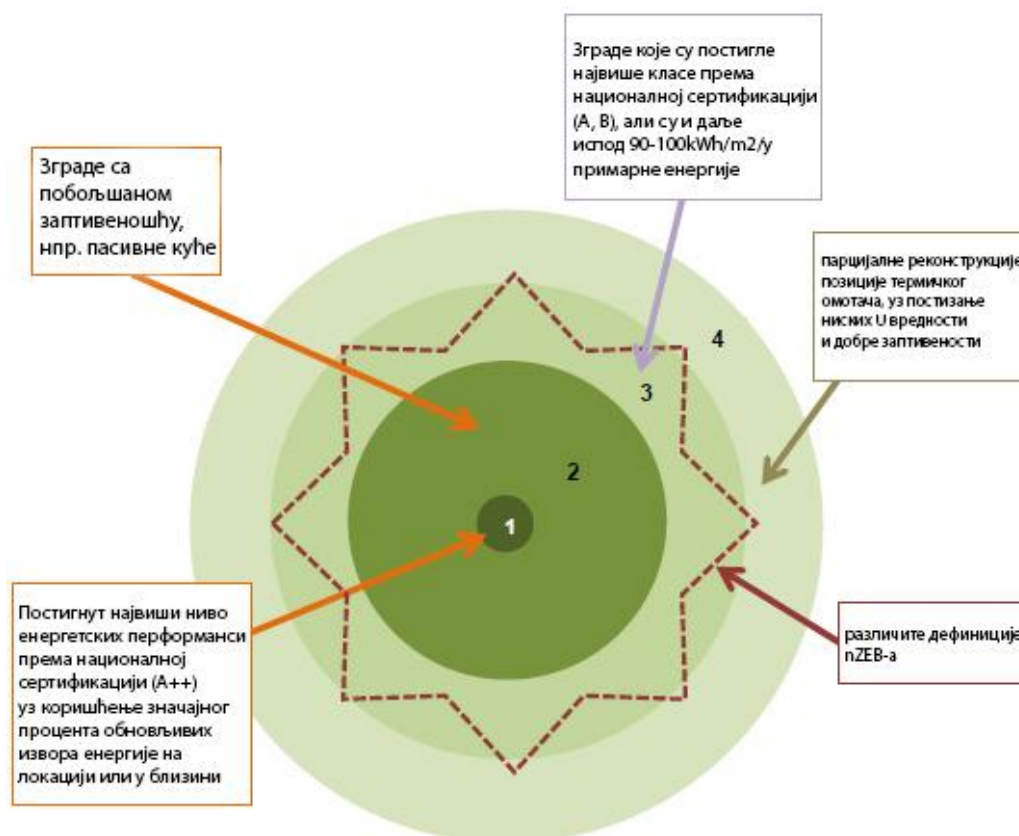
### III.4.1 Енергетска санација и зграде скоро нулте потрошње енергије (nZEB)

Иако директива о енергетској ефикасности уводи појам зграда скоро нулте потрошње енергије – nZEB (EPBD, 2010, члан 9) и обавезе у погледу његовог дефинисања, овај појам односи се пре свега на нове зграде које ће бити изграђене након 2021. Тренутно није неопходно дефинисати домете које у светлу овог захтева треба да испуне зграде које подлежу обнови, али већина земаља паралелно дефинише захтеве за нове и постојеће зграде.

Закључак студије о дOMETИМА дефинисања nZEB-а је да се у континенталном европском климату највише значаја придаје мерама енергетске ефикасности, и стратегијама попут дефиниција пасивних кућа, којима се значајно смањује потреба за грејањем (Hermelink et al, 2013, стр.45). Ипак, то се не сматра довољно добром стратегијом, пошто не узима довољно у обзир препоруку директиве (ЕС, 2010) о обавезујућем уделу обновљивих извора енергије. Аутори истичу да се у дефинисању зграда скоро нулте потрошње енергије (nZEB) мора водити рачуна о односу између захтева за постизањем енергетске ефикасности и захтева за учешћем обновљивих извора, при чему би активни системи доприносили искључиво уделу обновљивих извора, док би утицај пасивних мера доприносио смањењу потребне енергије (Hermelink et al, 2013, стр.19). Само четири земље су до сада предложиле дефиницију која укључује оба критеријума (Белгија, Кипар, Данска и Литванија) (D'Agostino, 2015, стр. 24). У том смислу, дефинисана су три основна принципа

развоја зграда скоро нулте потрошње енергије: први nZEB принцип је ограничавање енергетских потреба зграде, други се односи на удео обновљивих извора, а трећи на ограничавање вредности примарне енергије и укупних емисија CO<sub>2</sub> (Atanasiu, 2011, стр.54). Приметна је сличност у дефинисању ова три принципа са начелима поменутог концепта „триас енергетика”.

У светлу тенденција ка дефинисању зграда скоро нулте потрошње енергије, препозната је и специфична проблематика обнове породичних кућа. У оквиру пројекта COHERENO (Atanasiu et al., 2013; Straub, 2016) дефинисани су принципи обнове породичних кућа у складу са тенденцијама развоја дефиниције nZEB-a. Предложен је метод назван „nZEB радар” који служи категоризацији пројеката обнове у односу на њихове домете у приближавању стандарду nZEB-a (Atanasiu et al., 2013, стр. 24). На **Слици III-8** је приказана илустрација концепта, са четири могуће категоризације реализованих енергетских санација (концентрични кругови зелене боје, означени 1-4).



**Слика III-8.** Илустрација концепта nZEB радара креираног да би пружио преглед различитих домета обнове и њиховог односа са различитим дефиницијама nZEB-a (прилагођено према Atanasiu et al, 2013, стр.26)

Оно што је добро код овог концепта је то што препознаје различите нивое обнове, и ставља их у контекст развоја дефиниција nZEB-а у различитим окружењима. Звездаста линија назначена на илустрацији мењаће свој облик у зависности од расположивих дефиниција nZEB-а и њиховог развоја, као што ће се и величина концентричних кругова мењати у зависности од заступљености различитих нивоа енергетских санација. Први ниво представља врхунске домете обнове, уз постизање значајних уштеда у енергији и уделу обновљивих извора, док други ниво представља енергетске санације којима се такође остварују значајне уштеде у енергији, као што су на пример нивои пасивних кућа, али са вредностима примарне енергије на годишњем нивоу око 50-60 kWh/m<sup>2</sup>. У трећи ниво спадају пројекти који премашују уобичајене нивое енергетских перформанси, као нпр. објекти у категоријама А и Б, али са вредностима примарне енергије на годишњем нивоу око 90-100 kWh/m<sup>2</sup>. Најинтересантнија је дефиниција последњег, четвртог нивоа обнове, који обухвата пројекте који су на добром путу за постизање стандарда nZEB обнове, а који испуњавају **бар 3** од следећих 6 наведених критеријума:

- Значајна обнова позиција спољашњих зидова (средња U вредност  $\leq 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- Значајна обнова позиција кровова (средња U вредност  $\leq 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- Троструко застакљени прозори (  $U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- Обнова система грејања,
- Интеграција обновљивих извора енергије, минимално покриће 50% потреба за топлотном енергијом, и
- Усклађеност заптивености и система вентилације како би се обезбедио адекватан ваздушни комфор.

### III.4.2 Стратегије обнове породичних кућа у циљу смањења потребне енергије за грејање и хлађење

Одабир мера обнове и њихова хијерархија примене директно зависи од специфичног контекста и планираних циљева обнове. Важну улогу у процесу доношења одлука има успостављање оптималног односа између цене мере обнове и уштеда које генерише, па се све већи број истраживања бави дефинисањем оптималних сценарија обнове (Nemry et al., 2010; Rysanek and Choudhary, 2013;



Verbeeck and Hens, 2005; Hens, 2010). Verbeeck и Hens (2005) на примеру белгијског стамбеног сектора предлажу хијерархију мера према њиховом микроекономском оптимуму: изолација крова (укључујући међуспратне таванице ка негрејаном таванском простору), изолација пода и замена застакљења на фасадним отворима. Мере изолације фасаде и замене прозорских рамова испоставиле су се као мере ван економског оптимума. Такође, спољни фасадни изолациони системи са завршном обрадом малтера нису препознати као пожељна мера обнове од стране власника, због израженог наслеђа обраде фасаде у опеци, што само показује да значај локалног контекста не треба занемаривати. На нивоу европског стамбеног фонда, закључак је да изолација таванице ка негрејаном тавану или крова представља највећи потенцијал у обнови породичних кућа, а затим изолација фасаде и повећање заптивености. Ове мере доводе до уштеда које за већину зграда износе најмање 20% побољшања у односу на постојеће стање (Nemry et al., 2010).

Неизвесност у погледу остварења предвиђених уштеда такође игра велику улогу у одлучивању за које мере обнове се одредити. Променљиви економски услови, заједно са несигурностима у погледу остварења предвиђених перформанси, значајно утичу на избор мера обнове, при чему се фаворизују оне мере које су боље осигуране од ризика, у смислу ризика од неиспуњења предвиђених перформанси и остваривања пројектованх уштеда у енергији, као нпр. у случају грешака при извођењу склопова (Rysanek and Choudhary, 2013). Понашање корисника такође битно утиче на потрошњу енергије, што је још један од разлога да се при одабиру мера обнове које са већом сигурношћу доводе до планираних уштеда да предност мерама обнове термичког омотача (принцип *fabric first*). Иако студије показују да поштравање прописа у области енергетске ефикасности даје резултате у погледу смањења потрошње у стамбеним зградама, оне такође показују да постоје значајне разлике између очекиване и стварне потрошње енергије (Leth-Petersen и Togeby, 2001). Ове разлике јављају се као последица бројних фактора, као што је непрецизност прорауна, али такође и као последица понашања корисника, укључујући повратни ефекат. Истраживања утицаја понашања корисника на енергетску ефикасност показују да потпуно идентичне куће могу имати и 2-3 пута већу потрошњу енергије за грејање (Gram-Hanssen, 2013), док су истраживања

утицаја повратног ефекта на потрошњу енергије за грејање потврдила повећање за око 20% у обновљеним кућама (Sorrel et al., 2009).

### III.4.3 Примери енергетске санације породичних кућа у континенталном климату

Бројни су пројекти организоване обнове породичних кућа одређених карактеристика у европским земљама. Тако је британски пројекат *Retrofit for the future* (Обнова за будућност) фокусиран на обнову индивидуалних породичних кућа социјалног програма становања, при чему је одабир кућа био руковођен типологијом породичних кућа да би се покрио што већи број примера који треба да служе као угледни за даље активности обнове. Међу одабраним кућама су заступљени различити типови карактеристични за ову земљу: два карактеристична периода градње, пре и после 1919., и више карактеристичних типова материјализације спољних зидова (Vaeli, 2013, стр.17). Пројекат је имао буџет од 17 милиона фунти, пр чему је прва фаза обухватила око 200 студија изводљивости, док је у другој фази 86 ових студија реализовано уз буџете до 150000 фунти. Примери обнове који треба да послуже као узорни за већи број сличних кућа поседују и експериментални карактер, пошто је уобичајено да се барем 5 година након обнове прате експлоатациони трошкови енергената и постигнути услови комфора ради провере моделских претпоставки. У наставку је приказан један од примера обнове у склопу овог пројекта.

#### III.4.3.1 Hounslow Council Passivhaus Retrofit

Пројекат обнове једнопородичних кућа социјалног програма становања *Hounslow Homes* израдио је архитектонски биро *bere:architects* руководећи се принципима постизања пасивног стандарда: веома ниске вредности коефицијента пролаза топлоте конструкција зидова и таваница, троструки прозори сертификовани за пасивне куће, и рекулерација топлоте системом механичке вентилације. Уз све то, циљ је био спровести радове на обнови без иселавања

корисника. Куће које су биле предмет обнове изграђене су 50их година прошлог века, у масивном зиданом систему градње, корисне површине од око 86 m<sup>2</sup> (Слика III-9).



Слика III-9. Пример обновљене куће, дворишна и улична фасада након обнове (*Hounslow Council Passivhaus Retrofit*). Сличност са типом Ц1.3 је евидентна.

Вредности примарне енергије спуштене су на само 10% иницијалних вредности, што овај пример сврстава у категорију обимних обнова. Процењено је да нема потребе за увођењем додатних фасадних отвора, тако да нису примењене стратегије пасивног коришћења соларних добитака, осим очувања постојећих добром изолацијом термичког омотача. На фасаду је додато 30 cm изолације од полистирена (резултујућа U вредност 0.096 W/m<sup>2</sup>K), на таваницу 40 cm изолације од минералне вуне (резултујућа U вредност 0.11 W/m<sup>2</sup>K), док су подови на тлу реконструисани и изоловани са додатих 2 cm изолације. Прорачуната планирана потребна енергија за грејање износи 23 kWh/m<sup>2</sup>/год. Овај пример одговара методологији **модела обнове 2 – амбициозна обнова** (стр. 130), уз максимално коришћење потенцијала унапређења термичког омотача стандардним и доступним методама, постизање максималне заптивености, без измена на волуметријским и функционалним карактеристикама куће.

#### III.4.3.2 Bristol Retrofit

Кућа је изграђена 60их година у Бристолу, у масивном систему са зидовима од опеке са ваздушним слојем (*cavity wall*) и представља карактеристичан тип кућа у насељу. Због нагиба терена кућа је полуукопана, са сутеренском етажом из које се приступа дворишту (источна оријентација). Власник куће је уједно и инвеститор

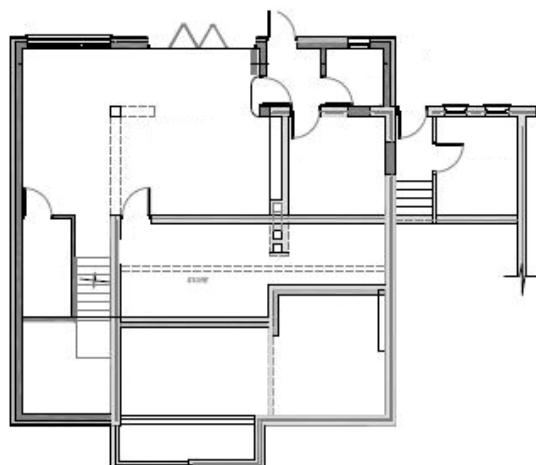
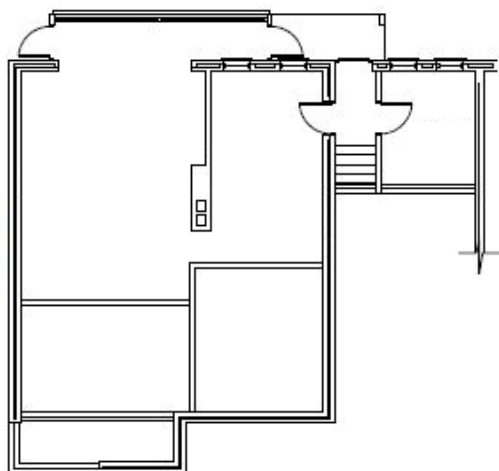
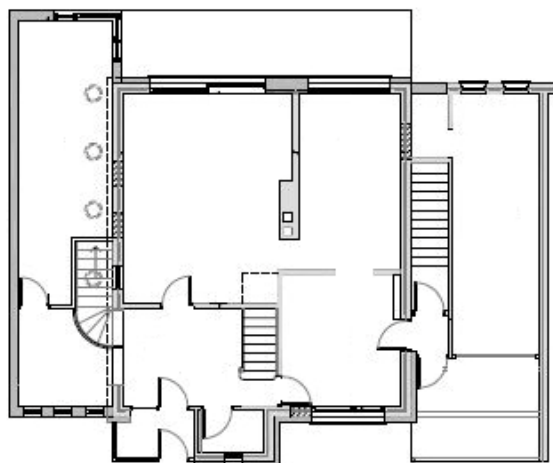
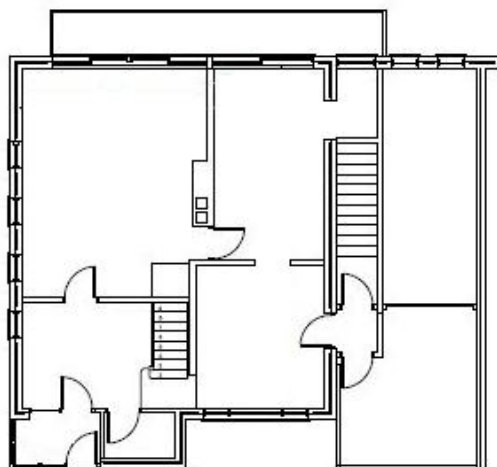
и пројектант/извођач, са дугогодишњим искуством у грађевинској индустрији. Ова обнова, из 2013. године, има карактеристике обимне обнове, не само по оствареним енергетским уштедама, пошто је потребна енергије сведена на свега 10% почетних вредности, већ и по обухвату мера обнове. Осим значајног унапређења свих позиција термичког омотача, кућа је у приземљу проширена додатним волуменом који са постојећим улазним волуменом представља једну обликовну целину (Слика III-10).

Функционално, додати волумен у приземљу уводи додатне степенице ка сутерену, преко којих је омогућена топла веза и боља повезаност приземља са двориштем. Додати волумен има раван озелењени кров, а осветљава се преко светларника. Пре реконструкције, до дворишта се долазило бочним степеништем, које није било функционално повезано са осталим просторијама у приземљу. Реконструкција термичког омотача обухватила је спољне зидове, чији је ваздушни слој испуњен изолацијом у дебљини од око 6 cm и на које је додато 12 cm контактне фасаде (резултујућа  $U$  вредност  $0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), изолацију таванице ка негрејаном тавану (додато од 40 до 60 cm изолације, резултујућа  $U$  вредност  $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), замену прозора и врата дрвеним са троструким изолационим стакло пакетима са два нискоемисиона премаза ( $U=0.90 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=0.49\%$ ), као и реконструкцију подова (спуштање пода на тлу и постављање изолационоих плоча дебљине 10 cm,  $U=0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Такође, додатна пажња је посвећена сузбијању утицаја термичких мостова, тако да су постојећи бетонски олуци замењени класичним, висећим, а термоизолација фасаде спуштена је до коте темеља.

Кућа је у сталном режиму коришћења, пошто оба корисника раде од куће. Кухиња и дневни простор који се формирају на сутеренској етажи, заштићени су балконом који служи као надстрешница, док су евентуални проблеми прегревања у западно оријентисаним собама на спрату (ка улици) предупредени одабиром застакљења.

Од техничких система инсталиран је систем механичке вентилације са рекуперацијом топлоте, за који се испоставило да га корисници не укључују, већ углавном држе отворене прозоре, пошто је могуће добро природно попречно проветрање. Искоришћење соларних добитака зими је омогућено кроз велики

процент застакљења ка истоку (70%) и коришћење изложене термичке маса где год је то могуће. Грејање је радијаторско, преко гасног котла снаге 4 kW, и камина на дрва у дневној соби. Измерена вредност годишње потребне енергије за грејање износи 14.2 kWh/m<sup>2</sup>/год.



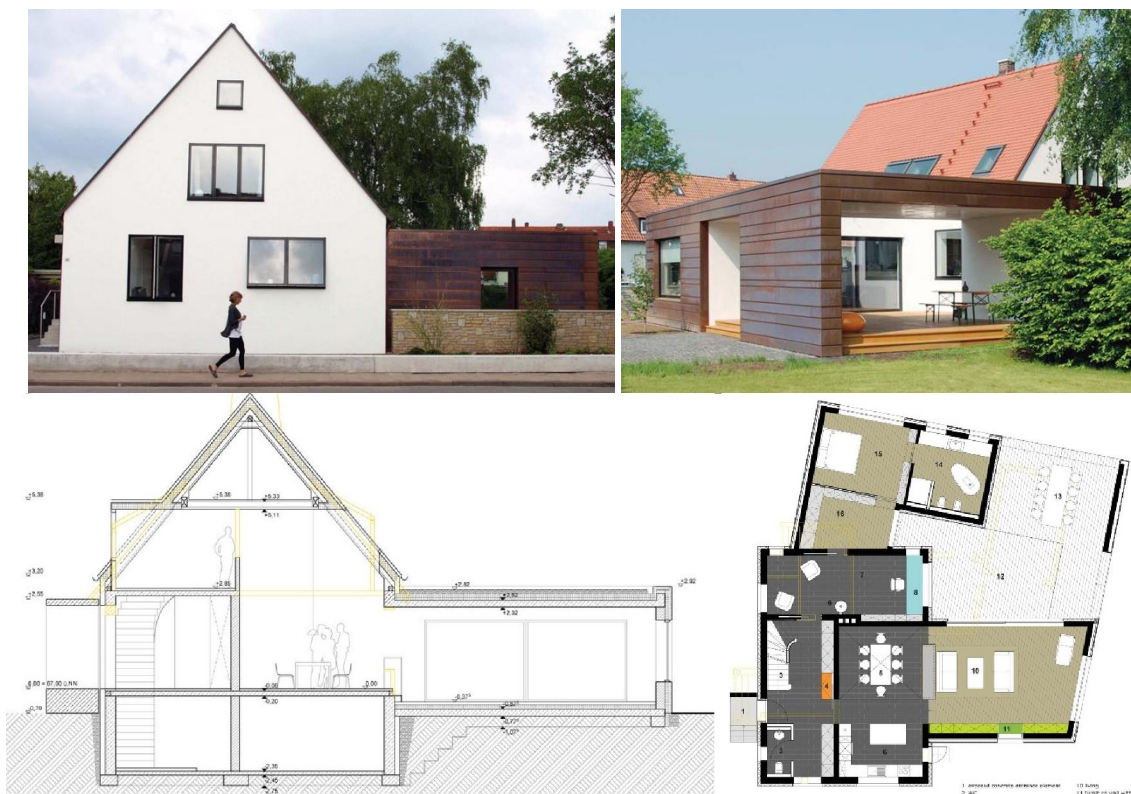
Слика III-10. Кућа у Бристоу пре и након обнове. Горе - улична фасаде. Средина – основе приземља. Доле – основе сутерена.

Овај пример одговара методологији **модела обнове 3 – комплексна обнова** (стр. 133), уз максимално коришћење потенцијала унапређења свих позиција термичког омотача свим расположивим методама, и пажљиву реконструкцију свих детаља који могу да утичу на термичке перформансе (термички мостови, заптивеност). Такође, обнова је искоришћена као могућност корекције мањих функционалних мањкавости, у виду додавања мањих волумена ради бољег повезивања постојећих функционалних целина.

### III.4.3.3 Haus+

Аутори решења обнове куће из 1957. у немачком граду Хамелин (Hamelin) Ана Менке (*Anne Menke*) и берлински биро *Winkens Architekten* определили су се за доградњу атријумског приземног волумена и реконструкцију постојећег волумена уз задржавање и наглашавање основне волуметрије. Додати волумен од 110 m<sup>3</sup> садржи спаваћу собу са гардеробом и купатилом, дневни боравак са југоисточном оријентацијом, наткривени и отворени део спољашње терасе ка дворишту. Од интервенција на постојећој кући уклоњен је део таванице како би се формирао двовисински простор трпезарије у средишту куће (уочљиво у пресеку и основи, **Слика III-11**), који је осветљен преко кровних прозора са јужном оријентацијом. Тавански простор такође је активиран, и приступа му се из просторија на спрату.

Обнова термичког омотача подразумевала је изолацију фасадних зидова са 12 cm минералне вуне, удвајање кровних носача како би било постављена додатна термоизолација (укупно 25 cm), замену прозора и врата композитном дрво-алуминијум фасадном столаријом и изолацију пода ка негрејаном подруму. Грејање је решено преко подног грејања које загрева топлотна пумпа земља-вода.



Слика III-11. Haus +, Немачка. Горе, с лева на десно – улична фасада (југозапад), поглед из дворишта на додати волумен (југоисток). Доле, с лева на десно – пресек кроз кућу и додати волумен, основа приземља.

Годишња потребна енергија за грејање је  $74 \text{ kWh/m}^2/\text{год}$ , што је овај пример обнове, из 2009. године, сврстало у нискоенергетске куће, односно у ранг енергетског разреда C, који је и обавезујућ. Свакако да из данашње перспективе ова обнова по постигнутим енергетским перформансама не спада у максималне домете енергетске санације, и по мерама примењеним на обнови термичког омотача највише одговара **моделу обнове 1 – стандардна обнова** (стр. 128). Међутим, изузетан квалитет архитектонског решења, у ком је примењена већина поменутих пасивних мера унапређења енергетске ефикасности (термичко зонирање, утицај оријентације, заштита од прегревања итд.) има елементе комплексне обнове, али без доминатног мотива у постизању изузетних енергетских перформанси.

### III.4.4 Одабир мера обнове за примену у предложеним моделима

Преглед анализираних фактора са означеним могућностима примене на одабраним типовима кућа у склопу даљих анализа дат је у **Табели III-8**.

|  | Постоји могућност примене у дефинисању модела обнове | Постоји могућност испитивања утицаја на енергетске перформансе кроз прорачуне |
|--|--|---|
| Положај – изложност ветру (заклоњеност)                                    | /  | ●   |
| Положај – оријентација   | /  | ●   |
| Фактор облика  | ●  | ●   |
| Пасивни системи повећања соларних добитака – оптимизација површине прозора | ●  | ●   |
| Пасивни системи повећања соларних добитака – стакленик                     | ●  | ●   |
| Термичко зонирање  | ●  | посредно  |
| Термички омотач – нетранспарентан део                                      | ●  | ●   |
| Термички омотач – транспарентан део  | ●  | ●   |
| Термичка маса  | /  | /   |
| Ноћна вентилација  | ●  | ●   |
| Заштита транспарентних делов омотача                                       | ●  | ●   |

**Табела III-8.** Преглед анализираних фактора који утичу на потребну енергију за грејање и хлађење

Као што се може закључити, једини фактори на које се не може утицати кроз моделе обнове су наслеђени фактори положаја и карактеристика примењених материјала у виду велике термичке масе. На фактор оријентације се може донекле утицати кроз термичко зонирање и оптимизацију величине јужно оријентисаних прозора. Утицај термичког зонирања на енергетске перформансе се на овај начин посредно потврђује кроз прорачуне. Такође, утицај термичке масе се може идентификовати кроз детаљне термичке симулације, али како већ постојеће стање испитиваних типова укључује масивни конструктивни систем са израженом термичком масом, алтернативна решења при обнови, у виду процене утицаја примене лаких конструктивних система и поређења са постојећим не би имале смисла. Једини утицај који модели обнове могу имати на искоришћење термичке масе лежи у третману изложених површина, што је предетаљан ниво дефинисања при формулисању модела обнове.



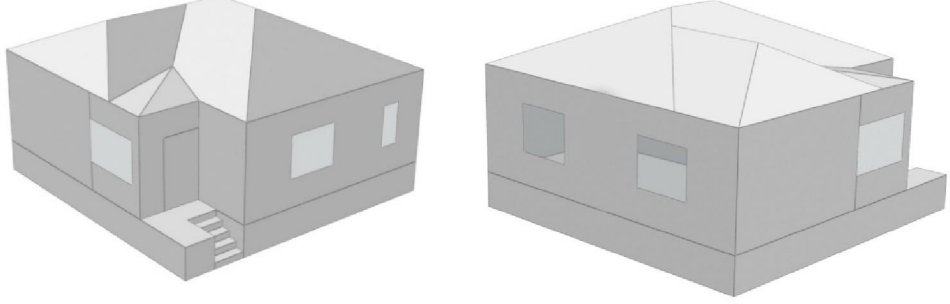
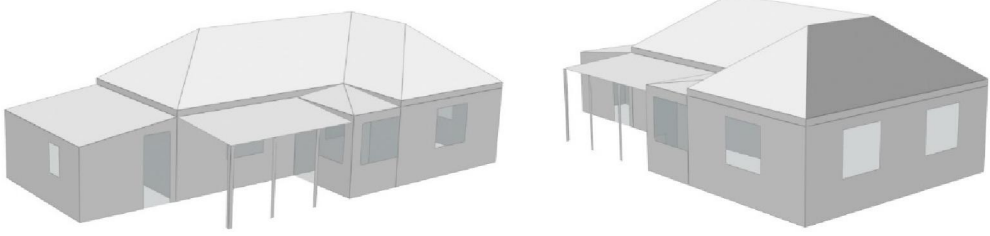
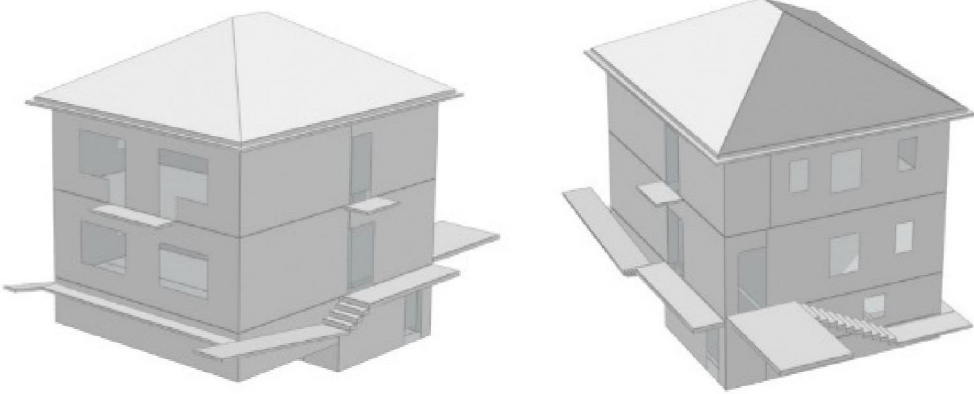
Следеће мере обнове биће разматране у склопу дефинисања модела обнове који ће се испитивати:

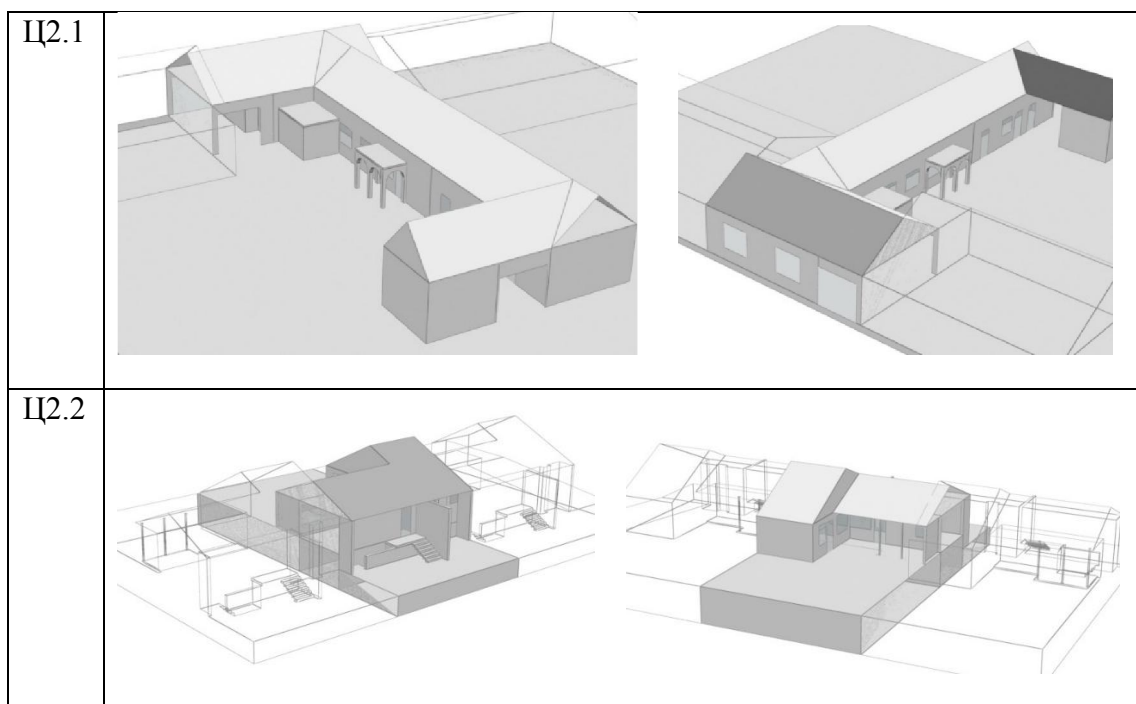
- реконструкција позиција термичког омотача које имају највећи утицај на трансмисионе губитке,
- побољшање фактора облика увођењем додатних волумена и укључивањем постојећих негрејаних делова у термички омотач,
- оптимизација функционалне организације и отклањање постојећих недостатака,
- оптимизација соларних добитака путем односа пуних и транспарентних делова омотача у функцији термичког зонирања,
- увођење стакленика као мере пасивног искоришћења соларних добитака, у својству међузоне или енергетског тампона,
- обавезно постављање заштите транспарентних делова омотача спољним ролетнама у склопу мере замене прозора,
- омогућавање примене пасивних мера коришћења термичке масе и ноћне вентилације.

## IV.МОДЕЛИ ОБНОВЕ

### IV.1 Карактеристике постојећег стања одабраних типова од значаја за процену енергетских перформанси

На основу стварних репрезентата моделских типова направљени су модели постојећег стања који ће се користити у прорачунима и симулацијама. Илустрације модела приказане су у Табели IV-1.

|      |  |
|------|--|
| Ц1.1 |   |
| Ц1.2 |  |
| Ц1.3 |  |



Табела IV-1. Илустрације модела постојећих стања

Изузетно лоше енергетске перформансе анализираних дела стамбеног фонда потичу пре свега од њихових геометријских и материјалних карактеристика које пресудно утичу на енергетске перформансе. Преглед ових карактеристика, одређених у складу са домаћом регулативом (Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011), дат је у Табели IV-2.

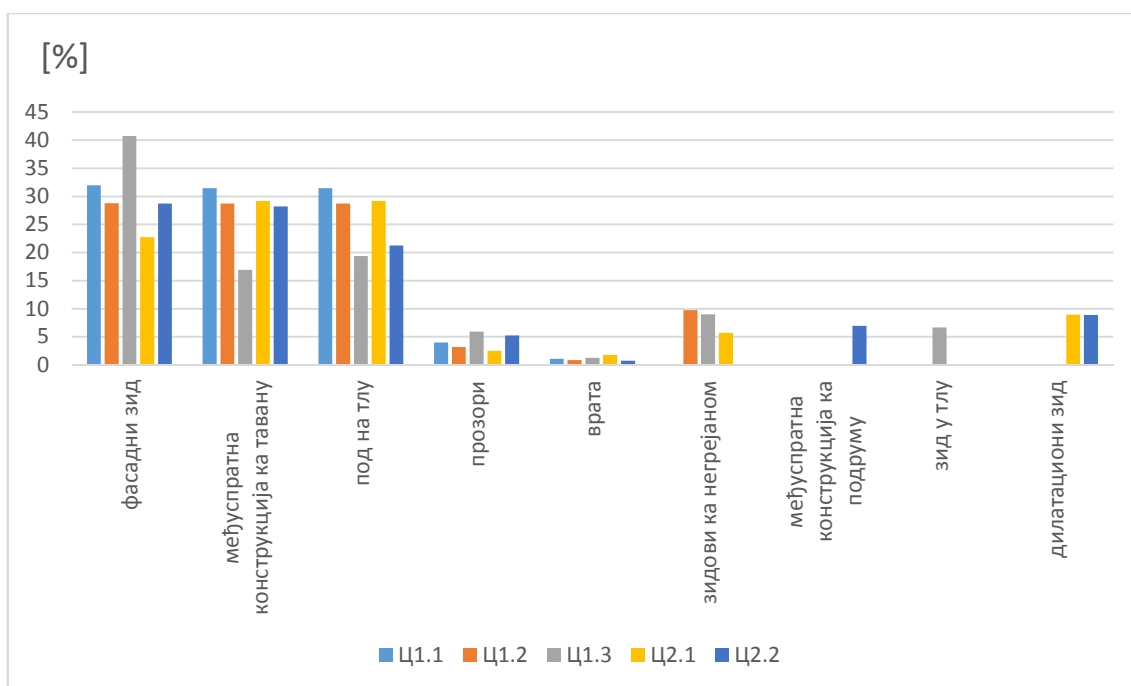
| Постојеће стање (M0)  |                        | Ц1.1    | Ц1.2  | Ц1.3  | Ц2.1   | Ц2.2   |
|---|------------------------|---------|-------|-------|--------|--------|
| Грејана површина [m <sup>2</sup> ]                                    |                        | 60      | 51.4  | 145   | 120    | 73.5   |
| Грејани волумен [m <sup>3</sup> ]                                     |                        | 150     | 129   | 380   | 350.11 | 190.57 |
| Фактор облика [m <sup>-1</sup> ]                                      |                        | 1.27    | 1.35  | 0.79  | 1.02   | 1.22   |
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте Us [W/m <sup>2</sup> K]         |                        | 1.02    | 1.04  | 1.24  | 0.99   | 1.65   |
| Специфични трансмисиони губитак Ht' [W/m <sup>2</sup> K]              |                        | 0.957   | 0.928 | 1.173 | 0.895  | 1.457  |
| Максимални дозвољени трансмисиони губитак Ht'max [W/m <sup>2</sup> K] |                        | 0.44    | 0.44  | 0.47  | 0.44   | 0.44   |
| Прозори: дрвени, двоструки са размакнутих крилима                     | U [W/m <sup>2</sup> K] | 3.5     |       |       |        |        |
|   | g [%]                  | 0.8     |       |       |        |        |
| Заптивеност - број измена ваздуха на сат [h <sup>-1</sup> ]           |                        | Лоша -1 |       |       |        |        |

Табела IV-2. Карактеристике одабраних типова – постојеће стање (M0)

Типови зграда веће квадратуре (Ц2.1 и Ц1.3) имају бољу карактеристику фактора облика, док су средње вредности коефицијента пролаза топлоте термичког омотача код свих типова високе, нарочито код типа Ц2.2. Ове вредности далеко су од захтева савремене регулативе: 0.85 W/m<sup>2</sup>K за транспарентне делове и 0.12

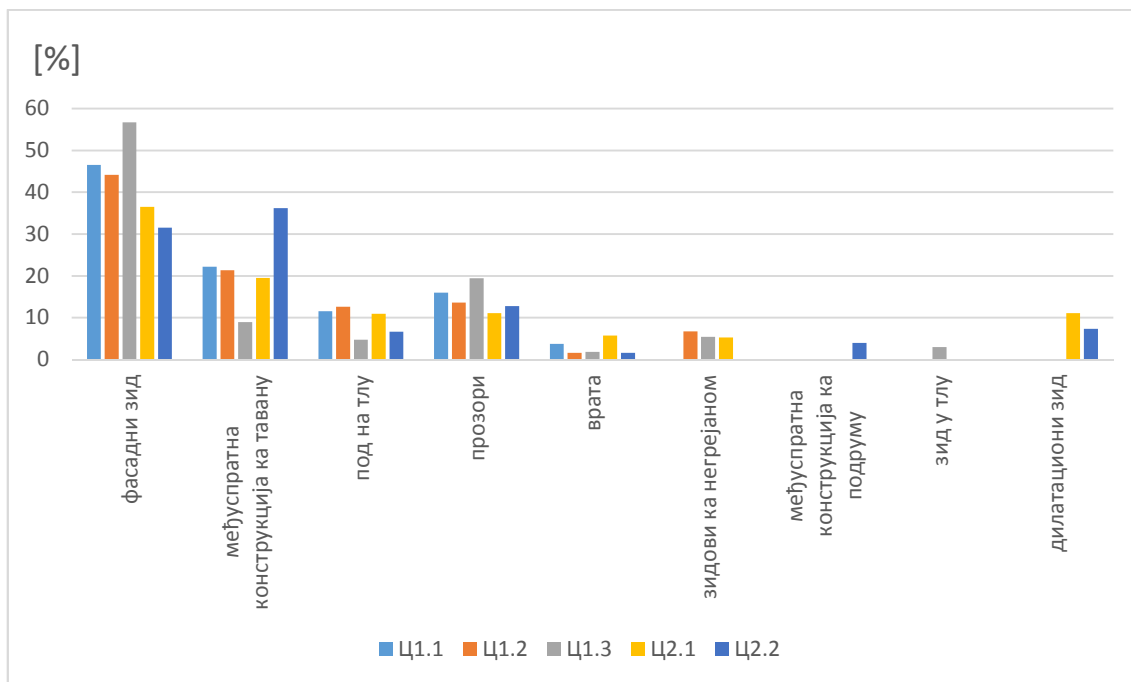
$W/m^2K$  за нетранспарентне делове, док за пасивне куће просечна U-вредност омотача износи  $0.15 W/m^2K$ . Такође, вредност специфичног трансмисионог губитка далеко надмашује вредности прописане домаћом регулативом.

Када се анализирају карактеристике структуре термичког омотача (**Графикон IV-1.**) уочавају се елементи који имају највећу површину и заступљеност код анализираних типова кућа: спољни зидови, међуспратне конструкције ка тавану и подови на тлу.



**Графикон IV-1.** Процентуални удео позиција термичког омотача у његовој укупној површини код модела постојећег стања (M0) анализираних типова кућа

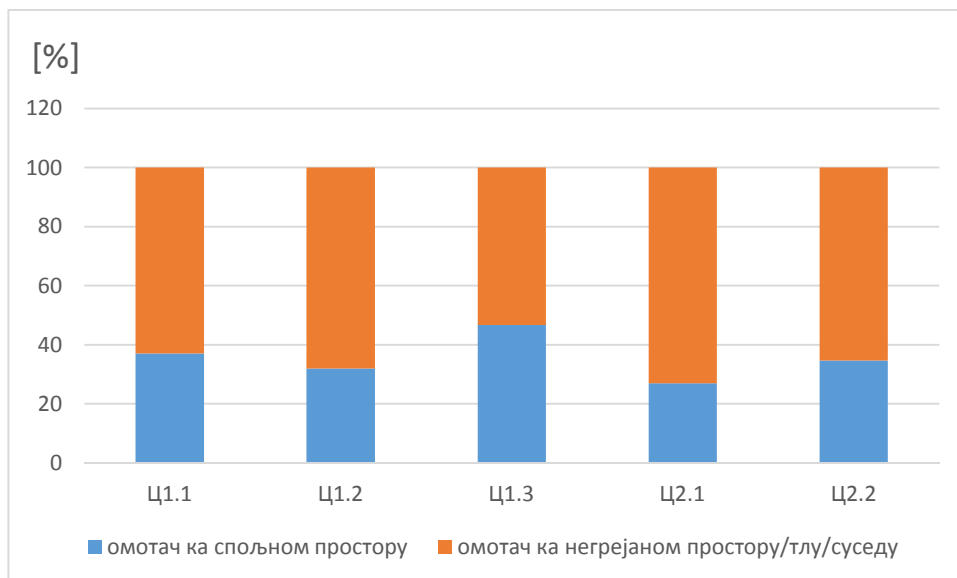
Међутим, анализом структуре трансмисионих губитака (**Графикон IV-2.**), за које је осим површине елемента пресудан и његов коефицијент пролаза топлоте и положај у склопу термичког омотача ( $F_x$  параметар), уочава се другачији редослед доминантних позиција.



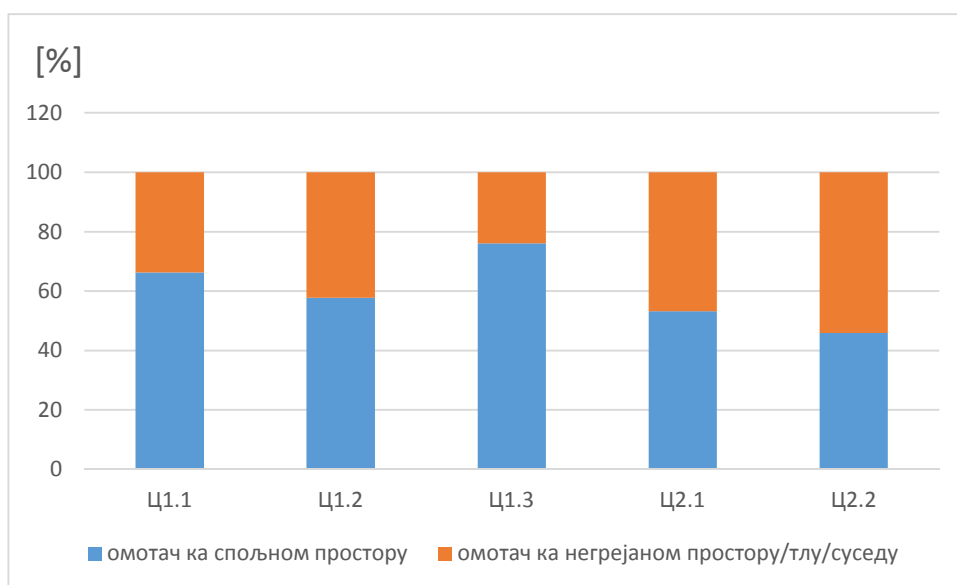
**Графикон IV-2.** Процентуални удео позиција термичког омотача у структури трансмисионих губитака модела постојећег стања (M0) анализираних типова кућа

Иако је доминантно учешће нетранспарентних делова у укупној структури трансмисионих губитака, изражен је утицај прозора, као најслабијих компоненти омотача у погледу пролаза топлоте. Код свих типова у структури трансмисионих губитака доминира утицај фасадних зидова и међуспратних конструкција ка негрејаном тавану, затим утицај прозора и подова на тлу, док се утицај осталих делова термичког омотача може сматрати занемарљивим.

Иако у структури омотача доминирају елементи који се не граниче са спољним простором (елементи ка негрејаном простору, грејаном простору различитог корисника и тлу), што је приказано на **Графикону IV-3**, у структури трансмисионих губитака евидентан је значај делова омотача који се граниче са спољним простором. (**Графикон IV-4**).



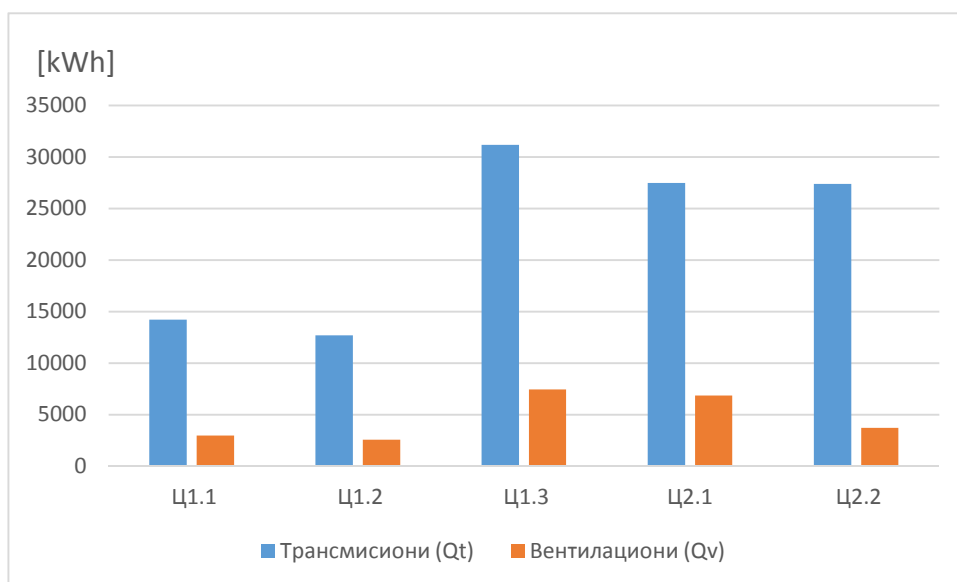
**Графикон IV-3.** Процентуални удео позиција термичког омотача ка негрејаном и спољном простору у структури термичког омотача код модела постојећег стања (M0) анализираних типова кућа



**Графикон IV-4.** Процентуално учешће делова омотача ка негрејаном и спољном простору у структури трансмисионих губитака код модела постојећег стања (M0) анализираних типова кућа

Код свих типова у структури трансмисионих губитака доминирају делови омотача који се граниче са спољним простором, али са значајним учешћем других делова омотача. Значајнији удео делова омотача који се не граниче са спољним простором приметан је код типова кућа у низу, захваљујући утицају зидова ка суседима.

Вентилациони губици топлоте такође представљају значајне губитке, будући да је заптивеност код свих типова у моделу постојећег стања процењена као лоша (број измена ваздуха на сат износи  $1 \text{ h}^{-1}$ ), пре свега због бројних детаља који доприносе великој инфилтрацији ваздуха: дотрајалост прозора и врата, детаљи дрвене конструкције ка таванском простору, дотрајали кровни покривач, дотрајали слој фасадног малтера и бројне пукотима на зидовима итд. Однос између трансмисионих и вентилационих губитака, одређених методом прорачуна (Правилник, 2011) приказан је на **Графикону IV-5**, где се запажа да у моделима постојећег стања доминирају трансмисиони губици. Вентилациони губици износе од 13-25% вредности трансмисионих губитака, односно 12-20% укупних губитака топлоте.



**Графикон IV-5.** Однос између вентилационих и трансмисионих губитака у моделима постојећег стања

Због малог броја прозора и балконских врата може се очекивати мали удео соларних добитака у укупном енергетском билансу, и њихов мали утицај на укупне енергетске перформансе. Утицај соларних добитака на енергетске перформансе испитиваних модела, као и параметара који на њих утичу, биће анализирани у даљем раду.

## IV.2 Претходно испитивани модели обнове

У склопу рада на изради Националне типологије, у складу са методологијом дефинисаном на пројекту TABULA, дефинисана су два облика унапређења репрезентата типова кроз које су испитивани донети обнове и постигнуте уштеде на нивоу грађевинског фонда: унапређење 1- стандардне мере обнове и унапређење 2 – амбициозне мере обнове. Такође, у склопу пројекта EPISCOPE, ови модели обнове коришћени су за анализу учинка стратегија обнове за сценарије дефинисаних циљева уштеда до 2030. и 2050. Дефинисана унапређења блиска су моделима 1 и 2 који се испитују у овом раду, али нису у потпуности преузета.

### IV.2.1 МОДЕЛ 1 – стандардна обнова

Модел 1 подразумева примену стандардних мера обнове, у смислу мера које се најчешће примењују у домаћим условима. Одабир мера је формулисан у складу са принципом да минимални резултат обнове мора бити у складу са регулативом, а то је **побољшање енергетског разреда барем за један ниво**. Такође, мере обнове примарно су примењиване **на позиције чији је удео у трансмисионим губицима топлоте већи од 10%**, а то су код свих анализираних типова пре свега спољни зидови, међуспратне конструкције ка негрејном тавану и прозори (**Графикон IV-2**). Такође, уведен је и принцип да је обновом наведених позиција термичког омотача **неопходно довести специфични трансмисиони губитак топлоте ( $H'T$ ) до граница дефинисаних регулативом ( $H'_{T,max}$ , у зависности од фактора облика зграде, Табела III-3, стр. 98)**. То значи да ако се испостави да се стандардним мерама обнове на позицијама које у највећој мери доприносе губицима топлоте не постиже задовољење овог услова, треба применити мере обнове и других критичних позиција губитака топлоте. Тако је код типа C.1.1 осим позиција спољних зидова и прозора било неопходно интервенисати на позицијама зидова ка негрејаним просторима и таванице ка негрејаном тавану, иако је њихов удео у трансмисионим губицима испод 10 % (таваница 8.9 %, зидови ка негрејаном 5.4%).



Као стандардне мере обнове биране су оне мере које се најчешће примењују у домаћим условима, што их чини најприступачнијим. Код изолације спољних зидова то је контактна изолација фасаде са завршним слојем фасадног малтера (демит систем), са најчешћом дебљином изолације од 10 cm. Изолација међуспратне конструкције ка негрејаном тавану код предметних типова зграда најчешће подразумева постављање слоја термоизолације по поду тавана, најчешће у дебелинама од 10-15 cm, или скидање тршчаног плафона и испуну простора између дрвених тавањача изолацијом, а затим и постављање новог плафона. Дебљина изолације у овом случају зависи од висине тавањача, најчешће 10-12 cm. У случају да су потребне веће дебљине изолације, и да је могућ приступ таванском простору, предвиђено је постављање додатног слоја изолације по поду тавана.

Преглед позиција на којима су спроведене наведене мере обнове за сваки тип дат је у **Табели IV-3**.

| Позиција термичког омотача                 | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|--|------|------|------|------|------|
| Спољни зид                                 | •    | •    | •    | •    | •    |
| Зид према негрејаном простору              | /    | /    | •    |      | /    |
| Дилатациони зид                            | /    | /    | /    | •    | •    |
| Зид у тлу                                  | /    | /    |      | /    | /    |
| Међуспратна таваница ка негрејаном тавану  | •    | •    | •    | •    | •    |
| Међуспратна таваница ка негрејаном подруму | /    | /    | /    | /    |      |
| Под на тлу                                 | •    | •    |      | •    |      |
| Прозори и балконска врата                  | •    | •    | •    | •    | •    |
| Спољашња врата                             |      |      |      |      |      |

**Табела IV-3.** Реконструисане позиције термичког омотача по типовима, у склопу модела обнове 1 – стандардна обнова (симбол / означава да позиција не постоји у склопу термичког омотача)

Замена прозора предвиђена је новим прозорима чије су перформансе на нивоу стандарда прописаног регулативом (двоструко застакљење,  $U= 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=0.6$ ). При процени утицаја заптивености на вентилационе губитке топлоте руководило се принципом да се кроз стандардну обнову заптивеност доводи до средњег нивоа ( $n=0.6 \text{ h}^{-1}$ ), пре свега мерама замене прозора, постављањем контактне фасаде и изоловањем и заптивањем дрвене конструкције ка негрејаном таванском простору.

Преглед постигнутих унапређења термичког омотача и основних карактеристика типова након спровођења модела стандардне обнове дат је у **Табели IV-4**.

| Модел 1 (M1): стандардна обнова   |                          | Ц1.1        | Ц1.2  | Ц1.3 | Ц2.1  | Ц2.2 |
|---|--------------------------|-------------|-------|------|-------|------|
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте $U_s$ [W/m <sup>2</sup> K]  |                          | 0.40        | 0.46  | 0.48 | 0.45  | 0.49 |
| Специфични трансмисиони губитак $H'_T$ [W/m <sup>2</sup> K]   |                          | 0.414       | 0.409 | 0.46 | 0.428 | 0.44 |
| Максимални дозвољени трансмисиони губитак $H'_{T,max}$ [W/m <sup>2</sup> K]   |                          | 0.44        | 0.44  | 0.47 | 0.44  | 0.44 |
| Прозори: алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса и нискоемисионим премазом | $U$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1.5         |       |      |       |      |
|   | $g$ [%]                  | 0.6         |       |      |       |      |
| Заптивеност - број измена ваздуха на сат [h <sup>-1</sup> ]   |                          | Средња -0.6 |       |      |       |      |

Табела IV-4. Карактеристике одабраних типова – Модел 1 (M1): стандардна обнова

Списак унапређених склопова и остварених  $U$  вредности за сваки тип дати су у Прилогу 1.

## IV.2.2 МОДЕЛ 2 – амбициозна обнова

У модел 2 – амбициозна обнова, спадају мере обнове које се могу дефинисати као максимални домети обнове у садашњим техноекономским условима, са аспекта доступности материјала и могућности за извођење радова. У склопу овог модела предвиђене су мере обнове свих позиција термичког омотача. Границе унапређења позиција термичког омотача дефинисане су дебљинама изолација при примени стандардних изолационих материјала ( $\lambda = 0.031-0.037$ ), границама носивости елемената конструкције код појединих позиција (дрвене тавањаче код међуспратних конструкција ка тавану нпр.), као и граничних функционалних услова (чисте спратне висине, смањење корисног простора код изоловања зидова са унутрашње стране и сл.). Граничне дебљине изолација које се могу извести стандардним техникама (лепкови и типлови за уградњу) су 20 cm за изолацију зидова са спољне стране, 10 cm за изолацију зидова са унутрашње стране (веће дебљине значајно умањују користан простор), 5 cm за изоловање пода на тлу (веће дебљине значајно умањују чисту висину), 30 cm за изоловање међуспратних конструкција ка тавану (за веће дебљине јавља се проблем оптерећења дрвених међуспратних конструкција), 20 cm за изоловање међуспратних конструкција ка подруму. Замена прозора и врата предвиђена је новим компонентама чије су перформансе на нивоу стандарда за компоненте које се уграђују у пасивним кућама (троструко застакљење,  $U = 0.8$  W/m<sup>2</sup>K,  $g = 0.4$ ), а при процени утицаја заптивености

на вентилационе губитке топлоте руководио се принципом да се кроз амбициозну обнову заптивеност доводи до доброг нивоа ( $n=0.5 \text{ h}^{-1}$ ).

Преглед позиција на којима су спроведене наведене мере обнове за сваки тип дат је у **Табели IV-5**.

| Позиција термичког омотача                 | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|--|------|------|------|------|------|
| Спољни зид                                 | •    | •    | •    | •    | •    |
| Зид према негрејаном простору              | /    | •    | •    | •    | /    |
| Дилатациони зид                            | /    | /    | /    | •    | •    |
| Зид у тлу                                  | /    | /    | •    | /    | /    |
| Међуспратна таваница ка негрејаном тавану  | •    | •    | •    | •    | •    |
| Међуспратна таваница ка негрејаном подруму | /    | /    | /    | /    | •    |
| Под на тлу                                 | •    | •    | •    | •    | •    |
| Прозори и балконска врата                  | •    | •    | •    | •    | •    |
| Спољашња врата                             | •    | •    | •    | •    | •    |

**Табела IV-5.** Реконструисане позиције термичког омотача по типовима, у склопу модела обнове 2 – амбициозна обнова (симбол / означава да позиција не постоји у склопу термичког омотача)

Пошто се сценарио амбициозне обнове може сматрати моделом обнове који подразумева да се у наредном дужем временском периоду (барем 50 год.) неће спроводити додатне мере обнове, размотрени су услови које овај модел треба да испуни са аспекта развоја регулативе у правцу стандарда зграда јако ниске потрошње енергије – nZEB. У поменутом методу категоризације пројеката обнове у односу на њихове домете у приближавању стандарду nZEB-а (види Слику III-8, стр. 111) дефинисан је последњи, 4. ниво категоризације, који обухвата пројекте који су на добром путу за постизање стандарда nZEB обнове, а који треба да испуне барем 3 од 6 наведених критеријума (стр.112). Од наведених критеријума одабрана су три за које се предлаже да буду контролни критеријуми за дефинисање модела 2 - амбициозна обнова, како би он био у складу са дугорочним циљевима развоја нискоенергетских зграда. То су критеријуми који се односе на смањење потребне енергије, кроз смањење топлотних губитака: **значајна обнова позиција спољашњих зидова (средња U вредност  $\leq 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), значајна обнова позиција кровова (средња U вредност  $\leq 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) и троструко застакљени прозори ( $U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).**

Преглед постигнутих унапређења термичког омотача и основних карактеристика типова након спровођења модела стандардне обнове дат је у **Табели IV-6**.

| Модел 2 (M2): амбициозна обнова   |                  | Ц1.1        | Ц1.2  | Ц1.3 | Ц2.1  | Ц2.2 |
|---|------------------|-------------|-------|------|-------|------|
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте $U_s$ [ $W/m^2K$ ]  |                  | 0.25        | 0.24  | 0.25 | 0.24  | 0.25 |
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте зидова<br>$U_{s \text{ зидови}}$ [ $W/m^2K$ ]   |                  | 0.15        | 0.715 | 0.16 | 0.19  | 0.21 |
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте за<br>кров/конструкцију ка тавану $U_{s \text{ кров/таван}}$ [ $W/m^2K$ ]   |                  | 0.17        | 0.11  | 0.12 | 0.135 | 0.10 |
| Специфични трансмисиони губитак $H'_T$ [ $W/m^2K$ ]   |                  | 0.283       | 0.26  | 0.29 | 0.274 | 0.29 |
| Максимални дозвољени трансмисиони губитак<br>$H'_{T,max}$ [ $W/m^2K$ ]  |                  | 0.44        | 0.44  | 0.47 | 0.44  | 0.44 |
| Прозори: PVC рам са изолационом<br>испуном, троструко застакљење са<br>испуном од племенитог гаса и<br>нискоемисионим премазом – прозори<br>сертификовани за пасивне куће | $U$ [ $W/m^2K$ ] | 0.8         |       |      |       |      |
|   | $g$ [%]          | 0.4         |       |      |       |      |
| Врата: Дрвена врата са<br>термоизолационом испуном<br>сертификована за пасивне куће   | $U$ [ $W/m^2K$ ] | 0.8         |       |      |       |      |
| Заптивеност - број измена ваздуха на сат $n$ [ $h^{-1}$ ]   |                  | Добра - 0.5 |       |      |       |      |

Табела IV-6. Карактеристике одабраних типова – Модел 2 (M2): амбициозна обнова

Илустрације и описи склопова за сваки тип дати су у **Прилогу 1**.

### IV.3 Недостаци претходно дефинисаних модела

Претходно дефинисани модели обнове имају велики значај за процену могућности уштеда енергије кроз различите обиме унапређења на нивоу грађевинског фонда. Моделовање енергетских перформанси грађевинског фонда даје могућност формулисања и процене остварљивости циљева збирних уштеда за одређени временски период. Недостаци овако дефинисаних модела леже у несагледавању специфичности појединих типова. Велики потенцијал лежи у специфичним мерама обнове које произилазе из сагледавања ширег сета карактеристика анализираних типова, иначе се може десити да се великим улагањем у амбициозне мере обнове онемогуће, односно обесмисле накнадне интервенције и додатна улагања. Оваквим приступом се заправо проширује могућност коришћења типолошког алата, кроз дубљу анализу почетних типова. Такође, може се десити да се интервенцијом на неким од ограничавајућих наслеђених фактора (фактор облика, функционална организација и сл.) оствари додатни потенцијал за постизање значајних уштеда спровођењем мера обнове мањег обима.

## IV.4 Модел комплексне обнове – МОДЕЛ 3

За разлику од претходних модела, дефинисање комплексног модела обнове захтева приступ решавању уочених функционалних недостатака, оптимизацију структуре зграде уз додавање нових елемената и дефинисање нивоа унапређења склопова и материјализације.

Код питања нивоа побољшања склопова термичког омотача усвојено је становиште да би он требало да буде између нивоа обнове два претходно дефинисана модела (M1 и M2), односно, изнад уобичајеног (стандардног) нивоа обнове код нас, а испод максималних доемета обнове које је могуће постићи доступним материјалима и компонентама. Конкретно, за дебљине термоизолације фасадних зидова, усвојена је дебљина од 12 cm, а усвојена вредност коефицијента пролаза топлоте за прозоре је нижа од минималних захтева прописаних регулативом, али изнад вредности најбољих компоненти доступних на тражишту (усвојена је  $U=1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  са застакљењем двоструким изолационим стакло пакетима). Пошто комплексни модел обнове подразумева извођење обимних грађевинских радова, укључујући и радове који не спадају у радове на енергетској санацији, бројни недостаци у погледу решења детаља склопова и спојева могу бити отклоњени, тако да је предвиђено побољшање нивоа заптивености као у моделу амбициозне обнове (добра заптивеност,  $n=0.5 \text{ h}^{-1}$ ).

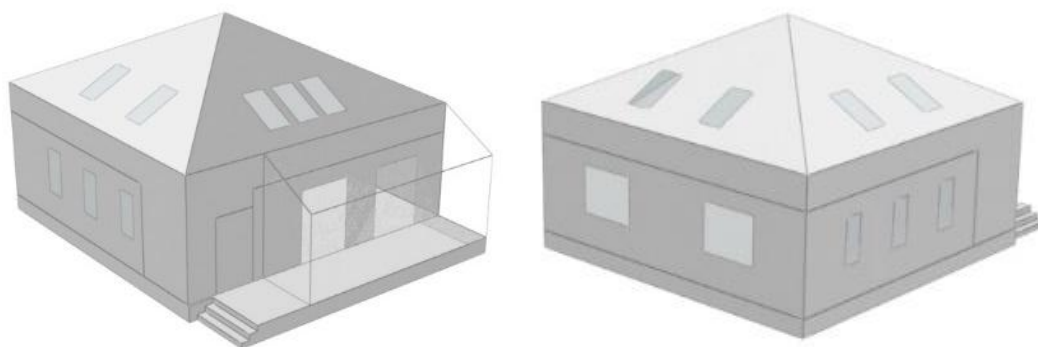
У наредном делу дати су описи методологије формирања комплексног модела обнове за сваки од анализираних типова. Карактеристични цртежи, илустрације и описи склопова за сваки тип дати су у **Прилогу 1**.

### IV.4.1 Тип Ц1.1.

Модел комплексне обнове за овај тип кућа подразумева решење основног функционалног проблема, а то је недостатак простора. Величина соба није усклађена са наменом, па је тако дневна соба исте величине као и собе ка улице. Купатило је позиционирано уз кухињу, која је пролазног карактера. Такође, улаз у

собу директно из зоне улаза није прихватљиво решење, као ни потпуни недостатак функционалне повезаности дневне собе са двориштем.

Комплексна обнова на овом типу кућа подразумева доградњу поткровља, минималне висине назидка до 1 m како би се добио простор за спаваће собе, и додавање волумена негрејаног стакленика ка дворишту, повезаног балконским вратима са централним простором дневне собе у приземљу. Грејани простор у приземљу је сведен на компактну форму додавањем зоне улаза, чиме некадашњи простор улаза постаје предпростор из кога се приступа унутрашњем степеништу које води ка поткровљу, и интерном ходнику који омогућује улаз у тоалет, кухињу са трпезаријом и независан приступ соби у приземљу. Унутрашње степениште развија се уз носећи зид и интегрише све просторије приземља и спрата. Поткровље је организовано као зона са спаваћим собама, купатилом и алтернативним дневним боравком. Собе у поткровљу осветљавају се преко кровних прозора. Илустрација модела комплексне обнове приказана је на **Слици IV-1**.



**Слика IV-1.** Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц1.1

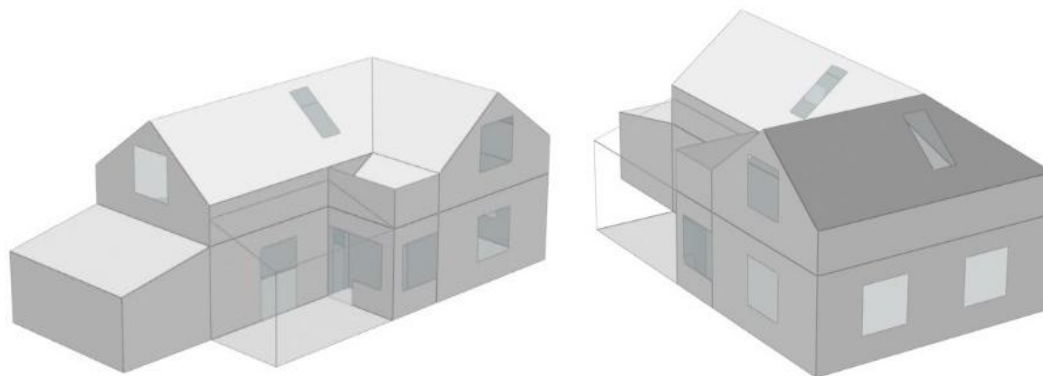
Конструкција назидака је од лаких бетонских термо-блокова, како би се додатно оптерећење постојећих зидова svelo на најмању меру. Задржан је карактеристичан четвороводни облик крова који представља изразиту карактеристику овог типа. Кровна конструкција је дрвена, а међуспратна конструкција ка поткровљу је нова армиранобетонска плоча. Сви спољни зидови, укључујући и оне ка стакленику, су изоловани контактним фасадним системом, са термоизолационим слојем од 12 cm. На местима прозора ка дворишту просечени су већи фасадни отвори, у виду балконских врата ка стакленику, а велики прозор код улаза оптимизован је и претворен у неколико мањих који одговарају новој подели

просторија (ходник, тоалет, кухиња). Застакљење прозора и балконских врата, укључујући и позиције ка стакленику, је двоструко изолационо стакло ( $U= 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=0.6$ ). Застакљење стакленика је такође двоструко изолационо стакло, конструкције рама од алуминијумских профила са термо прекидом, нешто лошијих карактеристика од застакљења примарног термичког омотача ( $U= 1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=0.71$ ). На стакленику је предвиђена померљива спољна заштита од сунца у виду спољних застора, и могућност отварања делова ради проветравања.

#### IV.4.2 Тип Ц1.2

И код овог типа основни проблем био је недостатак корисног простора у приземљу, пре свега у виду малог дневног боравка и постојања само једне одвојене спаваће собе, која је преко прозора оријентсана ка трему, што у великој мери нарушава приватност коришћења. Као функционални елемент, трем је препознат као простор који треба задржати, јер омогућује повезаност куће и дворишта, али га треба боље повезати са дневном зоном, нарочито кухињом и трпезаријом.

Комплексна обнова овог типа такође подразумева доградњу поткровне етажe, али без тежње да се задржи габарит сложеног крова, пошто код издужених основа он не представља изворни обликовни елемент, као код компактних, већ пре импровизовано решење. Корисни простор приземља је такође сведен на компактну форму, претварањем зоне улаза и трема у зону стакленика, који је у директној вези са кухињом и трпезаријом преко балконских врата. Централно степениште смештено у ходнику води ка поткровљу, где су смештене три собе и купатило. Карактеристике материјализације су у свему исте као и код претходног типа. Двобродни облик крова са малим назидцима даје више могућности за развјање корисног простора у поткровљу, тако да се само купатило, ходник и једна соба осветљавају преко кровних прозора. Дограђени волумен у приземљу задржан је као додатни негрејани складишни простор. Илустрација модела комплексне обнове приказана је на **Слици IV-2**.



Слика IV-2. Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц1.2

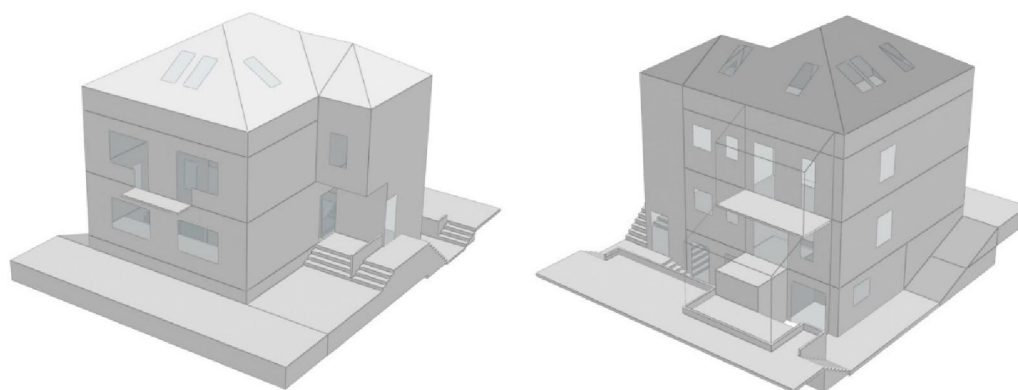
### IV.4.3 Тип Ц1.3

Код овог типа јавља се спрат и подела на две стамбене јединице, где се проблем недостатка корисног простора јавља у обе. Код стамбене јединице у приземљу основни проблем малог стамбеног простора делимично је превазиђен накнадним активирањем сутеренске етаже и претварањем сутерена у стамбени простор. Ипак, ова два стамбена простора не чине целину, пошто су повезана негрејаним степенишним простором, а такође им недостаје повезаност са двориштем. Код стамбене јединице на спрату првенствено је проблем мали стамбени простор, док се проблем повезаности са двориштем може решити само преко боље визуелне повезаности и увођењем тераса према дворишту, пошто су постојеће терасе оријентисане ка улици и не користе се. Унутрашња степеништа која у оквиру компактног волумена куће служе како би се решио приступ различитих власника својим стамбеним јединицама нарушавају термички комфор и захтевају другачије решење овог проблема.

Комплексна обнова овог типа подразумева активацију поткровне етаже уз минимално дозиђивање назидка и задржавање карактеристичне геометрије четвороводног крова, како би стан на спрату добио адекватно проширење. Решење приступа различитих власника својим становима захтева увођење додатног волумена степеништа, без обзира на досадашњи начин приступа улазу са парцеле. Повезивање стамбеног простора приземља и сутерена решено је увођењем волумена стакленика ка дворишту, који за стан на спрату прераста у застакљену



терасу. Осим везе сутерена и приземља кроз стакленик, задржана је и веза унутрашњим степеништем, које је интегрисано у грејани волумен куће, што доприноси већој компактности. Две од четири одвојене просторије у становима на приземљу и спрату спојене су у заједнички простор дневног боравка са кухињом и трпезаријом, који је преко балконских врата оријентисан ка стакленику и дворишту. Елементи материјализације решени су на исти начин као код претходних типова. Илустрација модела комплексне обнове приказана је на **Слици IV-3**.



**Слика IV-3.** Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц1.3

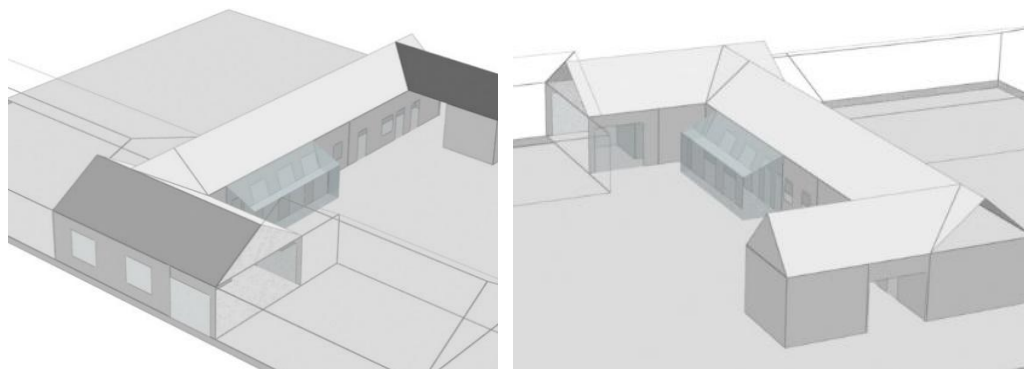
#### IV.4.4 Тип Ц2.1

Будући да овај тип својим карактеристикама одступа од претходно анализираних типова, односно, развија се на бази традиционалних типова кућа пре него типских пројеката (чија је примена на територији Војводине експандирала у каснијим периодима) комплексни модел обнов обухвата нешто другачији сет интервенција него код претходно анализираних типова.

Унапређење геометријских карактеристика у циљу побољшања енергетских перформанси и комфора коришћења код овог типа не постиже се побољшањем фактора облика, као код претходних типова, већ променом односа грејаних и негрејаних простора, односно структуром термичког омотача и односа површина према нергејаном и према спољном простору.

Како не постоји недостатак стамбеног простора већ напротив, вишак неискоришћеног простора који се развија у подужном правцу, ка дубини дворишта,

и користи се углавном као помоћни, модел комплексне обнове не укључује увећање габарита активацијом поткровне етажe. Грејани волумен куће остаје исти као у постојећем стању, уз претпоставку, да ако се јави потреба за активацијом додатног простора, прво треба активирати све расположиве постојеће капацитете. Повезивање простора који се развијају по дубини парцеле решено је увођењем зоне стакленика као зоне комуникације и интеграције просторија које би се додавале, а у постојећем стању заправо представља проширење дневне зоне ка дворишту, која се већ јавља у виду додатих габарита трема и веранди. Такође, карактеристични елемент наткривеног улаза, ајнфорт, претворен је у негрејани простор улаза, увођењем још једних врата ка дворишту. Унапређење функционалног решења подразумева укидање пролазних соба, боље дефинисање дневне зоне, груписањем улаза, ходника и купатила, и формирањем целовите дневне зоне са везом ка дворишту преко стакленика, која обухвата дневни боравак, кухињу и трпезарију. Илустрација модела комплексне обнове приказана је на **Слици IV-4**.



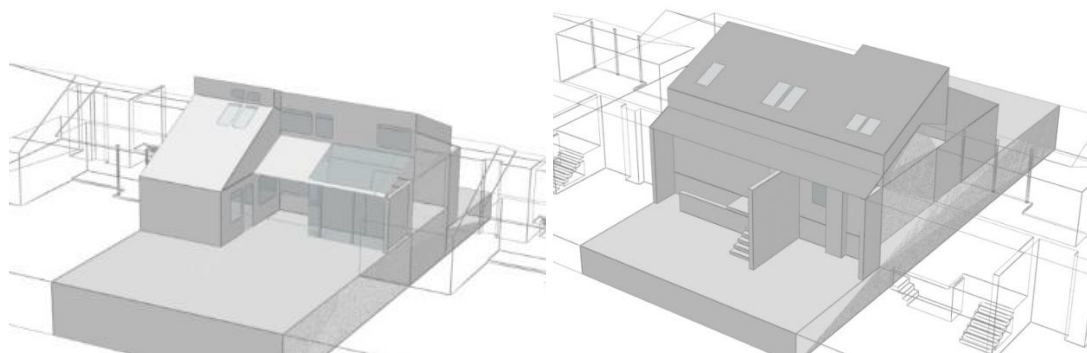
**Слика IV-4.** Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц2.1

Унапређење склопова термичког омотача подразумева изолацију фасадних зидова, било да су спољни или ка нергејаном простору, контактним системом са изолацијом од камене вуне дебљине 12 cm. Зидови ка негрејном простору такође су изоловани са спољне стране контактним системом (дебљина изолације 10 cm), док су дилатациони зидови изоловани са унутрашње стране сувомонтажним системом (дебљина изолације 8 cm). Позиције прозора и балконских врата и застакљење стакленика третирају се као и код претходних типова. Због значајне квадратуре и утицаја на енергетске перформансе и термички комфор, позиције подова на тлу и међусpratне конструкције ка негрејаном тавану (дрвена конструкција типа каратаван) изоловане су као у склопу модела амбициозне обнове.

## IV.4.5 Тип Ц2.2

Овај тип карактерише одлична функционална шема, добра повезаност са двориштем, као и добар однос између остварених квадратура просторија. Међутим, мала укупна квадратура неминовно доводи до проблема недостатка простора, који је најочљивији у простору дневног боравка, дечије собе, као и мале кухиње и купатила.

Комплексни модел унапређења обухвата претварање дела постојеће наткривене веранде ка дворишту у негрејани стакленик, и активацију таванског простора претварањем у корисно поткровље са додатним спаваћим собама, дневном зоном и купатилом. Иако се у дневној зони у приземљу јављају степенице ка поткровљу, оне су смештене тако да не ометају коришћење дневне собе, која је притом добила могућност отварања ка стакленику. Илустрација модела комплексне обнове приказана је на **Слици IV-5**.



**Слика IV-5.** Илустрација модела комплексне обнове за тип Ц2.2

Унапређење склопова термичког омотача подразумева изолацију фасадних зидова, контактним системом са изолацијом од камене вуне дебљине 12 cm. Дилатациони зидови изоловани су са унутрашње стране сувомонтажним системом (дебљина изолације 5 cm). Позиције прозора и балконских врата и застакљење стакленика третиране су као и код претходних типова. Међуспратна конструкција ка подруму и под на тлу такође су изоловани.

## IV.4.6 Преглед карактеристика модела комплексне обнове

Код свих типова где је предвиђено увећање квадратуре и габарита активацијом тавана фактор облика је значајно смањен, уз повећање квадратуре од 60-120%. Преглед најзначајнијих карактеристика геометрије и материјализације за моделе комплексне обнове дат је у **Табели IV-7**, док су карактеристични архитектонски цртежи и детаљи склопова материјализације за све типове дати у **Прилогу 1**.

| Модел комплексне обнове (МЗ)  |                        | Ц1.1       | Ц1.2  | Ц1.3  | Ц2.1   | Ц2.2   |
|---|------------------------|------------|-------|-------|--------|--------|
| Грејана површина (М0) [m <sup>2</sup> ]   |                        | 60         | 51.4  | 145   | 120    | 73.5   |
| Грејана површина (МЗ) [m <sup>2</sup> ]   |                        | 132        | 102   | 231.6 | 120    | 148.68 |
| Увећање површине [%]  |                        | 120        | 98    | 60    | /      | 102    |
| Површина додатог негрејаног стакленика [m <sup>2</sup> ]  |                        | 12.61      | 11.41 | 26.44 | 19.5   | 11.4   |
| Активирана поткровна етажа  |                        | ●          | ●     | ●     | /      | ●      |
| Грејани волумен (М0) [m <sup>3</sup> ]  |                        | 150        | 129   | 380   | 350.11 | 190.57 |
| Грејани волумен (МЗ) [m <sup>3</sup> ]  |                        | 265        | 249   | 569   | 350.11 | 350    |
| Увећање волумена [%]  |                        | 77         | 93    | 50    | /      | 84     |
| Фактор облика (М0) [m <sup>-1</sup> ]   |                        | 1.27       | 1.35  | 0.79  | 1.02   | 1.22   |
| Фактор облика (МЗ) [m <sup>-1</sup> ]   |                        | 0.93       | 0.93  | 0.64  | 1.02   | 0.95   |
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте Us (М0) [W/m <sup>2</sup> K]  |                        | 1.02       | 1.04  | 1.24  | 0.99   | 1.65   |
| Средња вредност коеф. пролаза топлоте Us (МЗ) [W/m <sup>2</sup> K]  |                        | 0.30       | 0.26  | 0.44  | 0.28   | 0.33   |
| Специфични трансмисиони губитак Н <sub>Т</sub> (М0) [W/m <sup>2</sup> K]  |                        | 0.957      | 0.928 | 1.173 | 0.895  | 1.457  |
| Специфични трансмисиони губитак Н <sub>Т</sub> (МЗ) [W/m <sup>2</sup> K]  |                        | 0.361      | 0.317 | 0.40  | 0.305  | 0.383  |
| Максимални дозвољени трансмисиони губитак Н <sub>Т, max</sub> (МЗ) [W/m <sup>2</sup> K]   |                        | 0.45       | 0.45  | 0.51  | 0.44   | 0.45   |
| Прозори: алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса и нискоемисионим премазом | U [W/m <sup>2</sup> K] | 1.2        |       |       |        |        |
|   | g [%]                  | 0.6        |       |       |        |        |
| Спољашња врата: изолована дрвена врата  | U [W/m <sup>2</sup> K] | 1.5        |       |       |        |        |
| Заптивеност - број измена ваздуха на сат [h <sup>-1</sup> ]   |                        | Добра -0.5 |       |       |        |        |

**Табела IV-7.** Упоредне карактеристике геометрије и материјализације модела комплексне обнове (МЗ) и модела постојећег стања (М0)

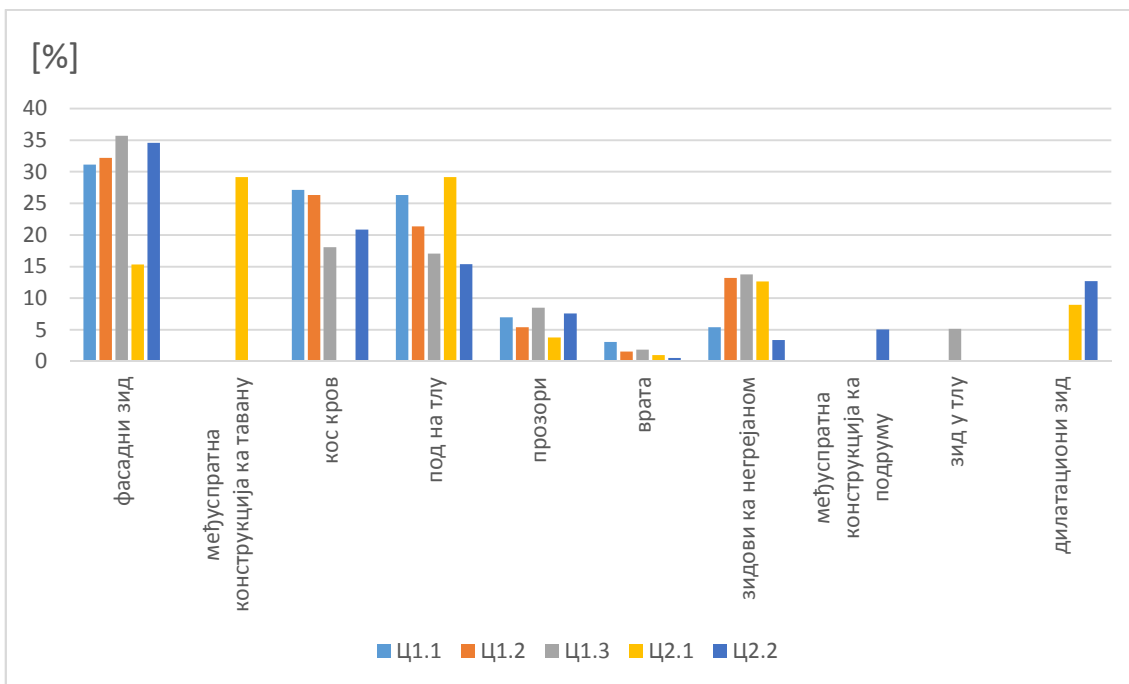
Средње вредности коефицијента пролаза топлоте и специфичног трансмисионог губитка су између вредности остварених у скопу модела 1 и 2, нешто више него у моделу 1. Преглед позиција на којима су спроведене наведене мере обнове за сваки тип дат је у **Табели IV-8**.

| Позиција термичког омотача                        | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|---|------|------|------|------|------|
| Спољни зид  | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| Зид према негрејаном простору                     | ●    | ●    | ●    | ●    | /    |
| Дилатациони зид                                   | /    | /    | /    | ●    | ●    |
| Кос кров  | ●    | ●    | ●    | /    | ●    |
| Зид у тлу   | /    | /    | ●    | /    | /    |
| Међуспратна таваница ка негрејаном тавану         | /    | /    | /    | ●    | /    |
| Међуспратна таваница ка негрејаном подруму        | /    | /    | /    | /    | ●    |
| Под на тлу  | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| Прозори и балконска врата                         | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| Спољашња врата                                    | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| Додат стакленик                                   | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| Активација тавана – увећање квадратуре и волумена | ●    | ●    | ●    | /    | ●    |

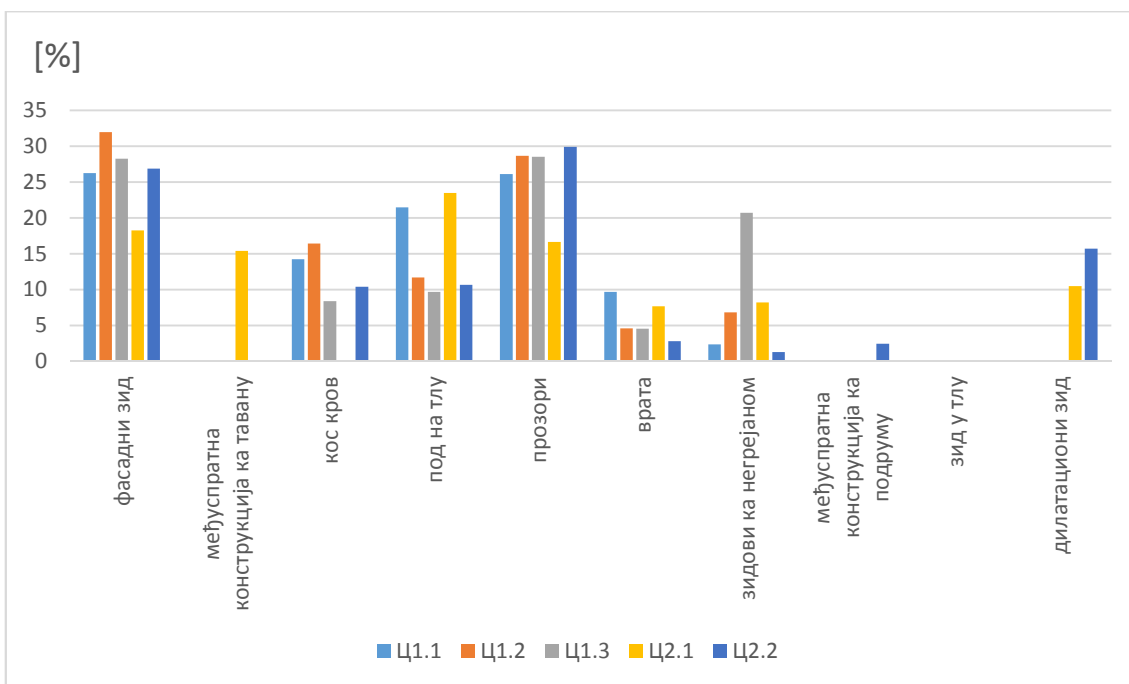
**Табела IV-8.** Реконструисане позиције термичког омотача и друге мере обнове, по типовима, у склопу комплексног модела обнове – МЗ (симбол / означава да позиција не постоји у склопу термичког омотача)

Структура термичког омотача код модела комплексне обнове илустрована је на **Графикону IV-6**. Због активације таванског простора значајну заступљеност има позиција косог крова, а због увођења негрејаног стакленика повећала се заступљеност позиције зидова ка негрејаном. У односу на постојеће стање, трансмисиони губици су равномерније распоређени међу најзаступљенијим позицијама термичког омотача, што се види на **Графикону IV-7**, због њихове свеобухватне обнове. Највећи проценат трансмисионих губитака и даље припада прозорима и фасадним зидовима, са значајним учешћем позиција подова на тлу, косих кровова, и код појединих типова (Ц1.3) зидова ка негрејаним просторима.

Када се посматра однос између делова омотача са различитим граничним условима (**Графикон IV-8**), због увођења косог крова код већине типова доминира учешће омотача према спољном простору, за разлику од постојећих стања. Одступање се јавља једино код типа Ц2.1 где је удео омотача који се граничи са спољним простором значајно смањен.

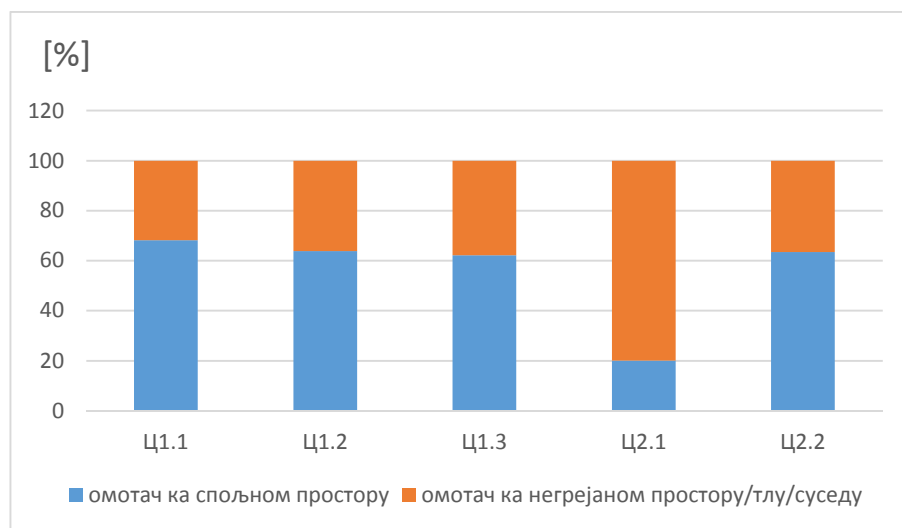


Графикон IV-6. Процентуални удео позиција термичког омотача у његовој укупној површини код модела комплексне обнове (М3) анализираних типова кућа

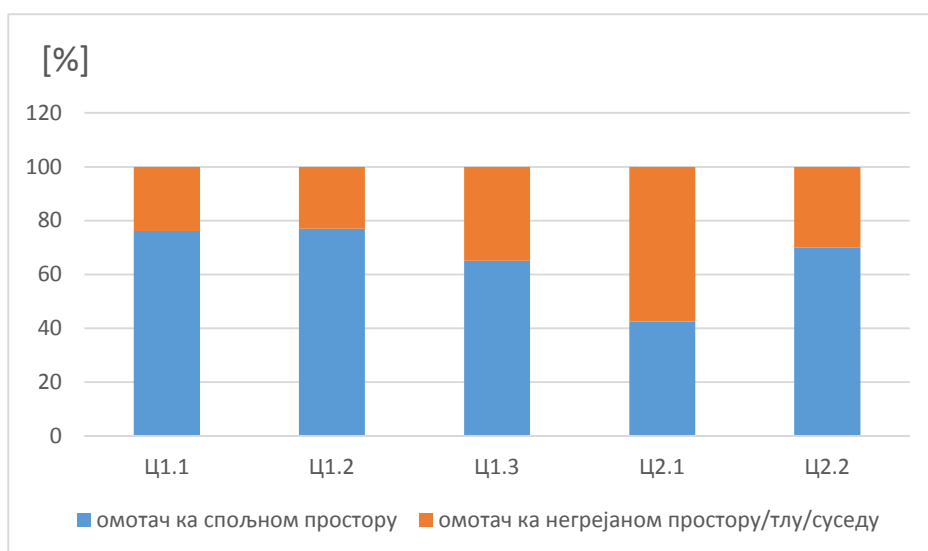


Графикон IV-7. Процентуални удео позиција термичког омотача у структура трансмисионих губитака модела комплексне обнове (М3) анализираних типова кућа

И у структури трансмисионих губитака доминирају делови омотача који се граниче са спољним простором (**Графикон IV-9**), како због повећања њиховог удела у самој структури омотача, тако и због равномерног спровођења мера обнове и на позицијама које се граниче са тлом, негрејаним просторима или суседним зградама.



**Графикон IV-8.** Процентуални удео позиција термичког омотача ка негрејаном и спољном простору у структури термичког омотача код модела комплексне обнове (М3) анализираних типова кућа



**Графикон IV-9.** Процентуално учешће делова омотача ка негрејаном и спољном простору у структури трансмисионих губитака код модела постојећег стања (М0) анализираних типова кућа

Утицај испитиваних геометријских карактеристика, као и других параметара, на енергетске перформансе код сва четири испитана модела за све типове, биће испитан кроз две методе процене енергетских перформанси, прорачуном енергије потребне за грејање и хлађење, у наредним поглављима.

## **IV.5 Методе испитивања енергетских перформанси**

За испитивање енергетских перформанси зграда постоје два основна метода:

- квази-стационарни метод, у коме се проток топлоте рачуна за дужи временски период (месечно или сезонски), где се динамички ефекти узимају у обзир преко емпиријски утврђених фактора искоришћења добитака/ утицаја губитака.
- динамички метод, где се проток топлоте одређује за краће временске периоде (часовно), који узима у обзир топлоту која се задржава и ослобађа преко термичке масе зграде.

Стандард SRPS EN ISO 13790 дефинише три различита приступа методологији прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење у зградама:

- потпуно дефинисани квази-стационарни месечни метод прорачуна (или опционо, сезонски),
- потпуно дефинисан упрошћен динамички метод прорачуна базиран на часовним распоредима,
- метод прорачуна који подразумева детаљну динамички симулацију термичког понашања зграде.

Месечни метод прорачуна даје коректне резултате на годишњем нивоу, али вредности за појединачне месеце близу почетка и краја грејне сезоне могу значајно да одступају од стварних. Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011) базиран је на првој методи, са ограничењем на одређивање потребне енергије за грејање за сваки месец, у дефинисаној грејној сезони. Часовни метод је уведен како би се у прорачун укључио утицај различитих режима коришћења. Динамичка симулација зграде даје најпрецизније податке, али је неопходно добро познавање великог броја параметара који утичу на резултате.



У складу са циљевима рада и карактеристикама типова кућа и модела унапређења који се испитују, за анализе термичких карактеристика и проверу енергетских перформанси одабрана су два метода прорачуна. Први модел се се базира на домаћој регулативи (Правилник 2011, 2012) и **потпуно дефинисаном квази-стационарним месечним методом прорачуна коришћењем методе степен-дана**, а други је **упрошћен динамички метод прорачуна на часовној бази применом адмисионе методе**. Први метод прорачуна може се сматрати верификационим, пошто се користи за проверу постигнутих перформанси на крају процеса пројектовања, док се други метод може сматрати симулационим, пошто се за његову примену користи софтвер за симулације термичких перформанси који прорачунава часовне вредности температуре, од којих зависи процена потребне енергије за грејање и хлађење. Ове вредности зависе од дефинисаних термичких карактеристика свих делова зграде, тако да на њих много директније утичу одлуке у процесу пројектовања, и може се користити као алат у самом процесу пројектовања ради оптимизације пројектантских решења.

#### IV.5.1 Верификационе методе

Основна карактеристика верификационих метода је прецизно дефинисана методологија прорачуна и скуп параметара по којима је могуће поредити различите моделе. У том смислу, они пре свега служе за сертификацију зграда у складу са регулативом и одређивање енергетских разреда. На нашем тржишту постоји више комерцијалних софтвера у употреби, у потпуности усклађених са тренутним стањем регулативе.

##### IV.5.1.1 „KnaufTerm“ софтвер

„KnaufTerm“ је један од најкоришћенијих домаћих софтвера за верификацију термичких перформанси зграда. Аутор је в.проф. др Александар Рајчић. Софтвер је доступан за слободно коришћење уз регистрацију на сајту компаније KnaufInsulation. Коришћена је верзија KnaufTerm2Sv27.13.

#### IV.5.1.1.1 Метод прорачуна

Метод прорачуна базира се на одређивању годишње потребне енергије за грејање, кроз прорачун енергетског биланса који укључује прорачун трансмисионих и вентилационих губитака топлоте, и соларних и интерних добитака топлоте. Утицај термичке масе узима се у обзир преко фактора искоришћења добитака топлоте за период грејања ( $\eta_n, g_n$ ).

Метод прорачуна коришћењем софтвера „KnaufTerm“ подразумева унос података о геометрији зграде и карактеристичним склоповима термичког омотача и одабир понуђених опција за параметаре дефинисане у домаћој регулативи (Правилник, 2011). Иако је могуће премеравање површина термичког омотача и геометрије зграде из графичких подлога, коришћен је метод рада који подразумева израду 3D модела термичког омотача одабраних типова зграда из кога су добијени подаци о површинама и волуменима. Преглед карактеристичних позиција термичког омотача за сваки анализирни модел, њихових U вредности и илустрација позиција на моделу дати су у **Прилогу 1**. Модели су рађени за постојеће стање и модел унапређења 3 – комплексна обнова, док су за анализу модела унапређења 1 и 2 вариране карактеристике склопова и параметара заптивености на моделу постојећег стања, пошто ти модели не обухватају промену геометријских карактеристика зграде.

За прорачун подова и зидова на тлу коришћен је метод дефинисан у стандарду SRPS EN ISO 13370, који у обзир узима и геометријске карактеристике пода, преко вредности карактеристичне мере пода ( $B'$  [m]) и еквивалентне дебљине пода, као и термичких карактеристика тла, за разлику од стандарда EN ISO 13789. Због коришћења ове методе подови на тлу истог састава код различитих модела имају различите U вредности.

Прорачун утицаја стакленика на соларне добитке у софтверу је дат у складу са методом дефинисаном у стандарду SRPS EN ISO 13790 (Анекс Е), који се односи на негрејане стакленике одвојене предградним зидом од суседних просторија. Параметри које обухвата овај метод прорачуна илустровани су на **Слици IV-6**.

$A_{e, hor}$  – површина хоризонталних и косих делова стакленог улаза (омотач стакленика)

$A_{e, ver}$  – парцијелне површине зидова стакленог улаза

$A_p$  – површине непрозирног дела преградног зида

$A_w$  – површине прозора у преградном зиду

$U_p$  – коефицијент пролаза топлоте непрозирног дела преградног зида

$\alpha_e$  – средњи соларни коефицијент апсорпције зрачења на прихватну површину стакленог улаза

$\alpha_p$  – средњи соларни коефицијент апсорпције зрачења на прихватну површину преградног зида

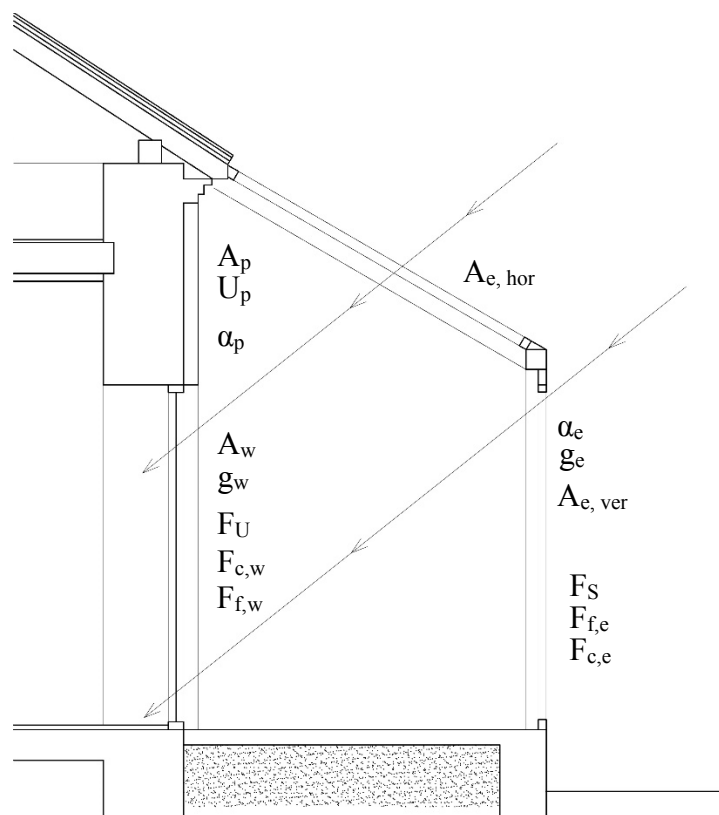
$g_e$  – укупна енергетска пропустљивост застакљења стакленог улаза при управном зрачењу

$g_w$  – укупна енергетска пропустљивост застакљења преградног зида при управном зрачењу

$F_U$  – температурски корекциони фактор према негрејаној просторији

$F_S$  – фактор умањења услед засенчења  
 $F_c$  – фактор умањења услед заштите од сунца

$F_{c,e}$  – фактор умањења за удео оквира прозора



Слика IV-6. Параметри детаљног прорачуна стакленика (прилагођено према SRPS EN ISO 13790 (Анекс Е) и улазним параметрима за прорачун у софтверу „KnaufTerm“)

Као што се може видети са илустрације, већина улазних параметара везана је за процену соларних добитака кроз стаклени улаз (омотач стакленика) и преградни зид ка грејаној просторији (транспарентне и непрозирне делове), који повећавају укупну суму добитака и тиме смањују потребе за грејањем. Температурским корекционим фактором према негрејаној просторији ( $F_U$ ) процењује се ефекат стакленика као енергетског тампона, односно интерзонални проток топлоте услед разлика у температури стакленика и грејане просторије. На овај параметар утиче одабир застакљења транспарентних делова преградног зида (једноструко, двоструко или изолационо застакљење).

Климатски подаци дефинисани су преко просечних дневних температура и средњих месечних сума Сунчевог зрачења. На основу података о просечним спољним температурама за Београд рачуна се број степен дана за грејање, за грејну сезону која траје од 16.10 – 08.04 (175 дана грејања). У **Табели IV-9** су дати улазни подаци за прорачун енергетских перформанси испитиваних модела у софтверу KnaufTerm2Sv27.13.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Положај                         | Умерено заклоњен                                       |
| Заптивеност (постојеће стање)   | Лоша - Број измена ваздуха на сат ( $n^{-1}$ ): 1      |
| Заптивеност (Модел 1)           | Средња - Број измена ваздуха на сат ( $n^{-1}$ ): 0.60 |
| Заптивеност (Модел 2 и Модел 3) | Добра - Број измена ваздуха на сат ( $n^{-1}$ ): 0.50  |
| Локација                        | Београд  |
| Број дана грејања (HD)          | 175  |
| Број степен дана грејања (HDD)  | 2520   |
| Унутрашња пројектна темп.       | 20°C   |

**Табела IV-9.** Улазни подаци за прорачун у софтверу „KnaufTerm“

## IV.5.2 Симулационе методе

Термичка симулација зграде представља динамичку анализу енергетских перформанси зграде користећи компјутерске моделе и симулационе алате (Bahar et al., 2013). Тренутно постоји преко 400 апликација које се могу применити за процену термичких и енергетских карактеристика зграда. Међу њима разликујемо симулационе алате са визуелном комуникацијом (тзв. *frontend*) (DesignBuilder, Ecotect, IES Virtual) у којима се кроз креирање тродимензионалног модела зграде врши дефиниција и унос свих релевантних параметара, и симулационе - рачунске алате код којих су улазни подаци у текстуалној форми (EnergyPlus, DOE, HTB), што значи да су претходне анализе геометрије извршене у неком другом софтверу за моделовање. Интероперабилност ових симулационих алата са постојећим софтверима за моделовање (ArchiCAD, Revit, SketchUp) представља поље на ком се непрестано уводе новине, ради интегрисања енергетских симулација са процесом пројектовања у што ранијој фази. Развој и стандардизација формата исписа података из софвера за моделовање ради лаког учитавања и препознавања од стране симулационих алата такође се непрестано развија (Green Building Studio - gbXML формат нпр.).

Разлог због кога је немогуће директно коришћење тродимензионалних модела зграде који се користе за потребе архитектонских визуелизација је због начина на који се зграда представља у симулационом софтверу. Наиме, није довољно само формирати термички омотач зграде и задати податке о материјализацији, већ је неопходно зграду дефинисати као скуп **зона** које имају исте карактеристике у погледу режима коришћења и услова термичког комфора.

Климатски подаци се у симулационим софтверима уносе преко фајла (*weather file*) са подацима о статистички упросеченим вредностима климатских параметара за одабрану локацију. Овако добијени климатски подаци доступни кроз различите фајлове разликују се, пошто релевантним подацима о јединствено дефинисаној типичној метеоролошкој години (ТМГ) није могуће слободно приступити, па је битно напоменути да од карактеристика коришћеног фајла са временским подацима зависе и резултати. Такође, треба имати на уму да већина софтвера није предвиђена за димензионисање система грејања и хлађења, већ за поређење различитих пројектантских решења.

#### IV.5.2.1 „Ecotect“ софтвер

„Ecotect“ представља један од најкоришћенијих софтвера за симулацију енергетских перформанси (Crawley et al., 2008). Његова највећа предност у односу на остале симулационе софтвере је прегледност у коришћењу и могућност добијања разноврсних анализа (соларни добици, сенке, енергетске перформансе, акустичке перформансе) у раним фазама пројекта, тако да га све више архитектонских бироа користи као алат у процесу пројектовања (Gado et al., 2016). Развијен је од стране Др. Андреа Марша (Dr. Andrew Marsh) и Square One Research Ltd. 1996., а 2008. је откупљен од стране Аутодеск (*Autodesk*) компаније. У склопу ове компаније развијене су још три самосталне верзије (2009, 2010 и 2011), а од марта 2015. функционалности овог софтвера припојене су програму *Revit*. Од тада функционише као плаг-ин у овом софтверу и развија се заједно са *Green Building Studio* симулационим алатом под именом *Project Vasari* (Bahar et al., 2013). Верзија коришћена у раду је самостална верзија *Autodesk EcotectAnalysis2011*.

#### IV.5.2.1.1 Метод прорачуна

Највећа предност у односу на прорачун месечним методом огледа се у прецизном прорачуну соларних добитака, преко реалног трасирања кретања Сунца и мапирања сунчевог зрачења на фасадама, урачунавајући тачне сенке од спољашњих објеката (суседи, надстрешнице, засене итд.), за разлику од средњих сума Сунчевог зрачења и корекционих фактора осенчености које се користе у прорачуну дефинисаним упрошћеном методом (Правилник, 2011).

Највећа разлика у односу на потпуно дефинисани квази-стационарни метод је начин прорачуна динамичких ефеката пролаза топлоте. Софтвер користи динамички метод познат као *CIBSE Admittance Method*. Овај метод је развијен 50их година прошлог века пре свега за потребе процене максималних унутрашњих температура које се јављају као последица прегревања код природно и механички вентилираних зграда, са појавом првих пословних зграда са великим процентом застакљења (Rees et al., 2000). Прецизно је дефинисан у CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers) *Guide A - Environmental design* (CIBSE 1999), коришћењем метода за прорачун температурних профила које је дефинисао Стив Шоколај (Steve Szokolay) у књизи *The Thermal Design of Buildings* (1987). CIBSE разликује две врсте динамичких симулација: цикличне (cyclic) и прелазне (transient). Цикличне су оне код којих се претпоставља да гранични услови (температура, сунчево зрачење) делују на конструкцију кроз синусоидне циклусе током 24 h, док су код прелазних модела гранични услови осетљивији на спољне и унутрашње утицаје. Циклични модели, попут адмисионог метода, адекватни су за процену термичких карактеристика и енергетских потреба у случајевима константног режима коришћења и спољних услова, а мање су поуздани код режима коришћења са прекидима, велике термичке инертности згаде (ефекат дугог складиштења топлоте) или изненадних промена спољних температура и унутрашњих добитака (CIBSE, 2006).

Овај метод рачуна енергију потребну за надокнађивање губитака/добитака топлоте слично као и квази-стационарни метод, преко разлике спољне и унутрашње температуре помножене са јединичним топлотним губицима/добицима. Подаци о средњим спољним температурама генеришу се из преузетог фајла са климатским

подацима. Разлика настаје у третману унутрашњих температура које одређују границу комфора. Температура комфора ( $T_c$ ) дефинише се као температура која зависи од задате температуре ваздуха у просторији ( $T_a$ ) и температуре окружења ( $T_e$ ) која зависи од температуре свих унутрашњих површина, у следећем односу:

$$T_c = 0.25T_a + 0.75T_e.$$

Код прорачуна трансмисионих губитака и добитака, задате унутрашње температуре ваздуха упросечавају се на дневном нивоу у зависности од температура унутрашњих површина, које се одређују преко прорачуна адмисије<sup>68</sup> материјала, односно кроз урачунавање фактора искоришћења топлотних добитака преко дефинисања три додатна параметра конструкција који описују пролаз топлоте у нестационарним условима: адмисија [ $W/m^2K$ ], степен храпавости и фактор пригушења амплитуде осцилације температуре<sup>69</sup>. Вредности адмисије и фактора пригушења амплитуде осцилације температуре изводе се прорачуном преко карактеристика топлотне проводљивости, дебљине, густине и специфичне топлоте материјала и њихове позиције у термичком омотачу. Вредности кашњења температуре осцилације<sup>70</sup> уносе се на основу табеларних вредности, датих у литератури (De Saulles, 2009, стр. 11). За карактеристичне склопове који се јављају у моделима обнове и постојећег стања прорачунате и усвојене вредности дате су у табели (**Табела IV-10**).

| Тип зида   | U [ $W/m^2K$ ] | Y [ $W/m^2K$ ] | $\eta$ | $\nu$ [h] |
|--|----------------|----------------|--------|-----------|
| Зид од опеке обострано малтерисан, d= 42 cm                      | 1.27           | 4.77           | 0.25   | 9         |
| Зид од опеке обострано малтерисан, d= 29 cm                      | 1.7            | 5.24           | 0.35   | 8         |
| Зид од гитер опеке обострано малтерисан, d= 24 cm                | 1.49           | 4.8            | 0.35   | 7         |
| Зид од лаких бетонских блокова (d= 20 cm),<br>изоливан (d= 2 cm) | 0.19           | 1.34           | 0.22   | 4         |

**Табела IV-10.** Карактеристике примењених материјала од значаја за симулациони метод

На овај начин узима се у обзир фактор термичке инертности зграде (термичка маса), за које је утврђено да значајно одступају од вредности које се у стационарним прорачунима процењују факторима искоришћења добитака топлоте (Evangelisti et

<sup>68</sup> Адмисија (admittance ( $Y$ )) описује способност материјала/конструкције да размењује топлоту са окружењем при цикличним променама температуре.

<sup>69</sup>  $\eta$  (thermal decrement -  $f$ )

<sup>70</sup>  $\nu$  (time dependancy=time lag ( $\phi$  [h]))

al., 2014). Детаљно објашњење прорачуна, са пратећим сетом матричних једначина, објашњен је у CIBSE приручнику, као и у литератури (Hall и Allinson, 2008; Rees et al., 2000). Приказан је дијаграм у виду чворне мреже, који објашњава принцип на коме се заснива овај метод (Слика IV-7), где су:

$\theta_{eo}$  - варирајућа температура спољног простора (утицај краткоталасног сунчевог зрачења);

$\theta_{ei}$  - варирајућа средња температура омотача термичке зоне;

$\theta_{ai}$  - варирајућа температура унутрашњег ваздуха;

$\Sigma AY$  - отпор пролазу топлоти зида, укључује све површине зоне;

$1/\rho C_p v$  - инфилтрација кроз зид;

добици ка чвору који представља температуру унутрашњег простора:

$Q_{aU}$  – добици пролазом топлоте кроз омотач,

$Q_{ie}$  – интерни добици,

$Q_{Se}$  – соларни добици;

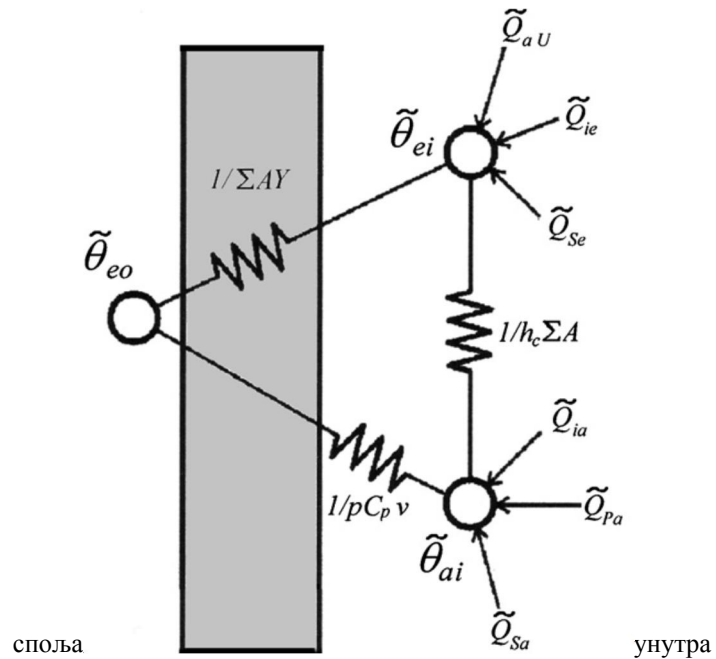
добици ка чвору који представља температуру унутрашњег ваздуха:

$Q_{ia}$  – интерни добици,

$Q_{Pa}$  – добици од уређаја за климатизацију,

$Q_{Sa}$  – соларни добици;

$1/h_c \Sigma A$  – кондукција између  $T_a$  и  $T_e$ .



Слика IV-7. Главни процеси и односи уврштени у принцип прорачуна протока топлоте у нестационарним условима адмисионом методом



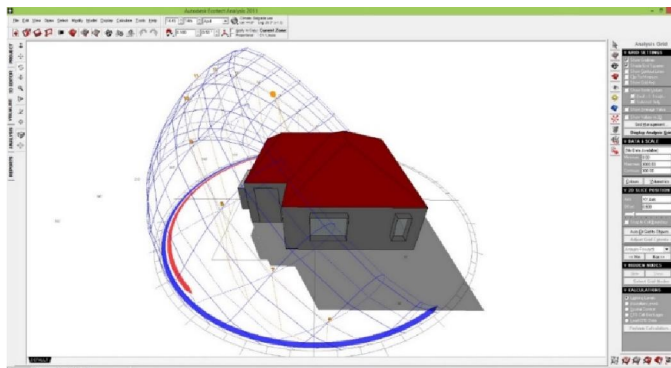
Тиме се утицај тренутних добитака топлоте кроз повишење унутрашње температуре и складиштење те топлоте у зидовима узима у обзир приликом симулације температурног профила, што је значајно код процене утицаја пасивних мера. Овај сегмент прорачуна чини да се овај метод сматра најједноставнијим методом динамичке симулације, пошто се добијене температурне варијације упросечавају на дневном нивоу.

Адекватност примене овог софтвера код процене утицаја стакленика на зимски и летњи комфор потврђена је кроз поређење измерених и моделованих температурних профила (Stoios et al., 2006). Сам аутор софтвера препоручује га као добар алат при компаративној анализи различитих архитектонских решења, а за добијање прецизних података препоручује пренос дефинисаних параметара геометрије и материјализације у виду излазних података прилагођених неком од софтвера чији се метод прорачуна базира на детаљним динамичким симулацијама (Marsh, 2005).

Како циљ овог рада није тестирање изабраног симулационог алата, нити одређивање поузданих вредности енергије потребне за грејање и хлађење за потребе димензионисања КГХ система, већ поређење различитих модела унапређења одабраних типова, од којих трећи модел подразумева и процену утицаја мера пасивног дизајна (стакленици), и процена енергије потребне за хлађење уз енергију потребну за грејање, сматра се да софтвер „Ecotect“ пружа довољну прецизност и усклађеност са циљевима истраживања. Поређење вредности енергије потребне за грејање добијене коришћењем прорачуна у софтверу „KnaufTerm“ и вредности добијене путем симулација, иако не основни циљ, такође представља један од вредних резултата истраживања.

У симулацији су коришћени климатски подаци за Београд, садржани у EnergyPlus Weather Data фајлу (.epw) који је формиран на основу података Светске метеоролошке организације. Метод рада подразумевао је прилагођавање 3D модела увозу у софтвер „Ecotect“ а затим дефинисање термичких зона и њихових карактеристика. Термичке зоне дефинисане су тако да је цео грејан простор једне етаже једна термичка зона, без поделе на просторије, осим код модела са стакленицима, где је просторија уз стакленик такође дефинисана као засебна

термичка зона. Негрејни простори тавана, подрума и стакленика дефинисани су као не-термичке зоне. На **Слици IV-8** је приказано радно окружење софтвера и изглед модела за тип Ц1.1.

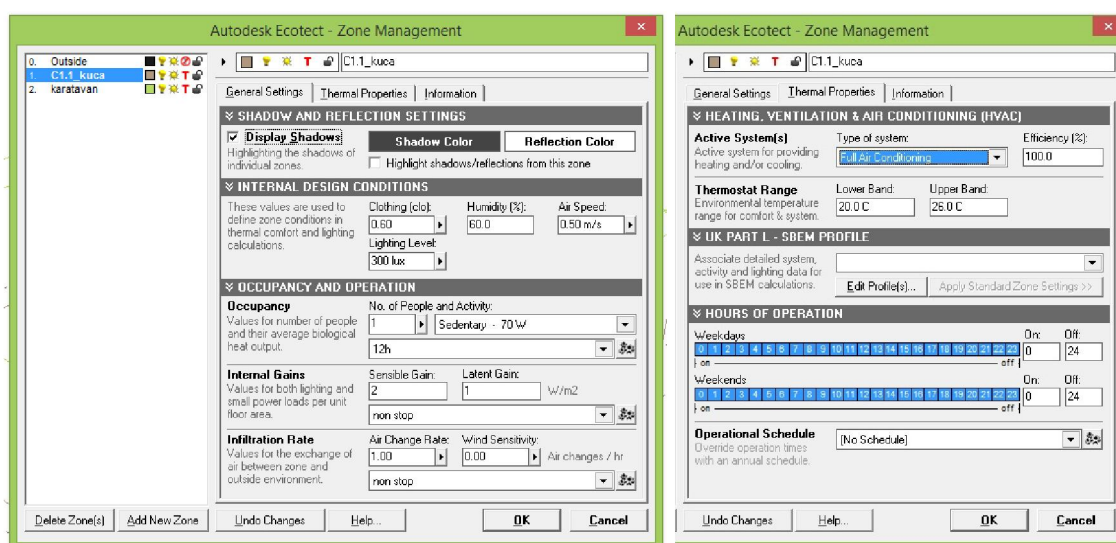


Слика IV-8. Радно окружење софтвера и изглед модела за тип Ц1.1

Неки од основних параметара при подешавању улазних података дати су у табели и на слици у наставку.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Положај                         | Умерено заклоњен                                |
| Терен                           | Приградски (Suburban)                           |
| Заптивеност (постојеће стање)   | Лоша - Број измена ваздуха на сат (n-1): 1      |
| Заптивеност (Модел 1)           | Средња - Број измена ваздуха на сат (n-1): 0.60 |
| Заптивеност (Модел 2 и Модел 3) | Добра - Број измена ваздуха на сат (n-1): 0.50  |
| Локација                        | Београд   |
| Доња температура термостата     | 20°C  |
| Горња температура термостата    | 26°C  |
| Режим коришћења                 | 12h   |
| Режим грејања и климатизације   | Грејање и хлађење (Full Air Conditioning)       |

Табела IV-11. Улазни подаци за симулацију у софтверу „Ecotect“



Слика IV-9. Параметри подешавања везани за интерне добитке, режим коришћења и режим рада система за грејање и хлађење

## IV.6 Параметри поређења дефинисаних модела

Ознаке модела кроз наредна поглавља биће следеће:

- 0- постојеће стање (M0),
- 1- модел стандардна обнова (M1)
- 2- модел амбициозне обнове (M2), и
- 3- модел комплексне обнове (M3).

За метод прорачуна, коришћењем софтвера „KnaufTerm“, поредиће се све релевантне карактеристике постојећег стања и дефинисаних модела унапређења: фактор облика ( $A/V$ ), средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ), специфични трансмисиони губитак ( $H'_T$ ), соларни добици ( $Q_{sol}$ ), специфична потребна енергија за грејање ( $Q_{H,an}$ ), као и постигнут енергетски разред.

За метод симулације, коришћењем софтвера „Ecotect“, поредиће се параметри везани за потрошњу енергије за грејање и хлађење: специфична потребна енергија за грејање и хлађење, утицај трансмисиони и вентилационих губитака/добитака, соларни добици, као и утицај негрејаних зона (стакленици) на енергетске перформансе грејаног дела, кроз интер-зоналне добитке и губитке топлоте.

Две различите методе процене енергетских перформанси поредиће се по вредностима специфичне потребне енергије за грејање.

## **V. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

### **V.1 Квантификација параметара енергетских перформанси испитиваних модела**

#### **V.1.1 Потребна енергија за грејање**

Поређење енергетских перформанси различитих модела у овом делу рада анализираће се кроз вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање и анализу најзначајних параметара који на њу утичу:

- утицај побољшања квалитета термичког омотача и геометрије зграде,
- утицај додавања стакленика.

Различити параметри варирани су кроз прорачун специфичне годишње потребне енергије за грејање и кроз симулације енергетских перформанси, у складу са ограничењима коришћених метода.

##### **V.1.1.1 Утицај побољшања квалитета термичког омотача и геометрије зграде**

Утицај најзначајнијих параметара на потребну енергију за грејање испитиван је кроз њихово варирање на различитим моделима. Испитван је утицај трансмисионих губитака топлоте, вентилационих губитака топлоте, соларних добитака (варирањем оријентације, и система заштите од сунца) и геометрије зграде (фактор облика).

#### V.1.1.1.1 Утицај смањења трансмисионих губитака топлоте

Код модела обнове који задржавају геометрију модела постојећег стања највећи утицај на побољшање термичких перформанси има смањење трансмисионих губитака топлоте. У структури губитака топлоте трансмисиони губици се интервенцијама на побољшању термичког омотача смање од 52-70 % моделом стандардне обнове (M1), док се моделом амбициозне обнове (M2) смање и до 80 % (Табела V-1).

| Смањење трансмисионих губитака [%] | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| M1                                 | 57.4 | 55.9 | 60.8 | 52.2 | 70.1 |
| M2                                 | 70.9 | 71.4 | 74.8 | 69.5 | 80.1 |
| M3                                 | 50.5 | 50.5 | 60.6 | 66.0 | 63.9 |

**Табела V-1.** Процентуално смањење трансмисионих губитака топлоте побољшањем термичког омотача у различитим моделима обнове у односу на модел постојећег стања, одређено методом прорачуна

Мерама обнове термичког омотача предвиђеним у склопу модела комплексне обнове трансмисиони губици се смање од 50-66%. Иако је обим и интензитет предвиђених мера обнове у комплексном моделу између нивоа предвиђених моделима стандардне и амбициозне обнове, процентуално смањење трансмисионих губитака у односу на модел постојећег стања зависи од структуре термичког омотача у моделу комплексне обнове. Тако је код комплексног модела типа Ц2.1 очекивано смањење трансмисионих губитака између нивоа смањења које се постиже моделима обнове M1 и M2, будући да је структура термичког омотача комплексног модела обнове веома слична моделу постојећег стања, без значајних увећања волумена и промене удела парцијелних површина омотача. Код модела код којих су значајна увећања габарита, а самим тим и термичког омотача, смањење трансмисионих губитака је нешто ниже од смањења која се постижу стандардним моделом обнове (M1).

#### V.1.1.1.2 Утицај вентилационих губитака топлоте

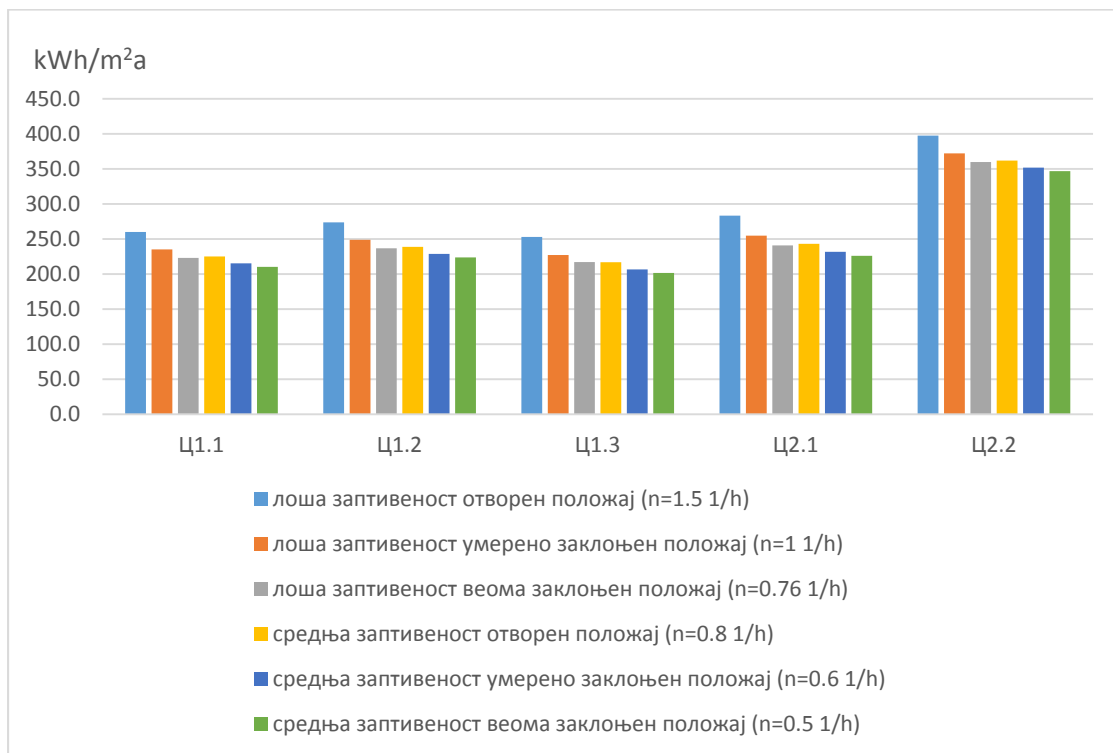
Вентилациони губици одређени методом прорачуна зависе од нето волумена грејаног простора и степена инфилтрације дефинисаног преко задатог броја измена ваздуха на сат ( $n$  [ $h^{-1}$ ]), које су дефинисане за појединачне породичне

куће са природном вентилацијом (Правилник 2011, Табела 3.4.2.2). Смањење вентилационих губитака у моделима обнове који задржавају геометрију модела постојећег стања директно је зависно од дефинисаних вредности броја измена ваздуха на сат, и износи 40% за модел М1 и 50% за модел М2. Код модела комплексне обнове ова смањења зависе и од промене волумена грејаног простора, и износе од 3.5 -11.7% код модела са значајним увећањем волумена (преко 50%, типови Ц1.1, Ц1.2, Ц2.2), 23% код модела Ц1.3 са умереним повећањем волумена (50% увећање), и 50% код модела Ц2.1 где није било увећања грејаног волумена (Табела V-2).

|   | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|---|------|------|------|------|------|
| Смањење вентилационих губитака у односу на модел постојећег стања [%] | 11.7 | 3.5  | 23.7 | 50.0 | 8.2  |
| Увећање грејане површине [%]  | 120  | 98   | 60   | /    | 102  |
| Увећање грејаног волумена [%]   | 77   | 93   | 50   | /    | 84   |

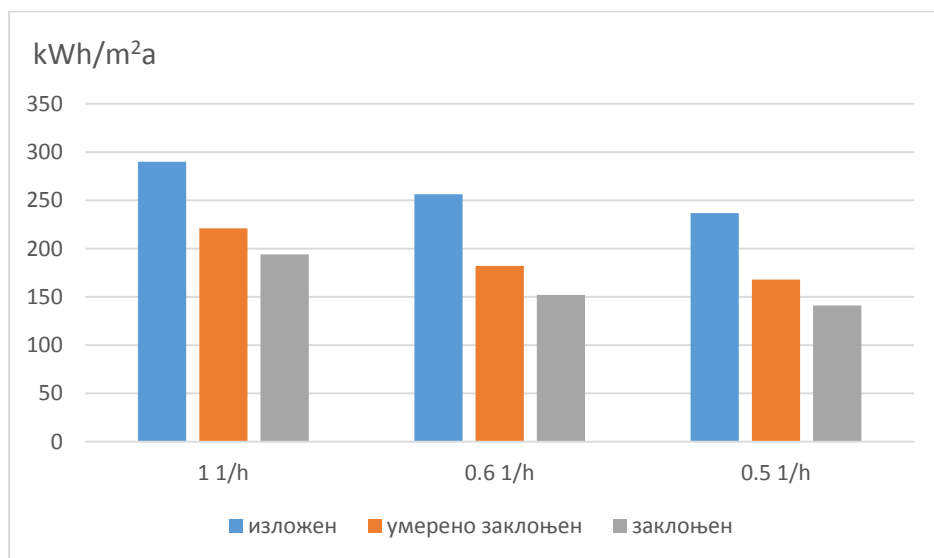
**Табела V-2.** Утицај геометријских карактеристика на смањење вентилационих губитака у комплексном моделу обнове (М3)

Утицај варијације параметара који утичу на усвајање степена инфилтрације, односно броја измена ваздуха на сат при прорачуну вентилационих губитака и њиховог утицаја на енергетске перформансе испитан је методом прорачуна на моделима постојећег стања (М0). Варирани параметри су класа заптивености (лоша, средња, добра) и изложеност ветру (заклоњеност), односно положај, који може бити изложен, умерено закољен, или веома закољен. Резултати приказани на **Графикону V-1** показују да утицај ових параметара на добијене вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање код анализираних типова утиче од **14%** (тип Ц2.2) до **26%** (тип Ц1.3, Ц2.1). При доброј заптивености изложеност ветру нема утицаја на енергетске перформансе коришћењем методе прорачуна, и добијају се исти резултати као при средњој заптивености и веома закољеном положају ( $n= 0.5 \text{ h}^{-1}$ ).



**Графикон V-1.** Утицај изложености ветру и заптивености на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање на моделима постојећег стања (M0) одабраних типова: варијација заптивености (лоша, средња, добра) и положаја (отворен, умерено заклоњен, веома заклоњен)

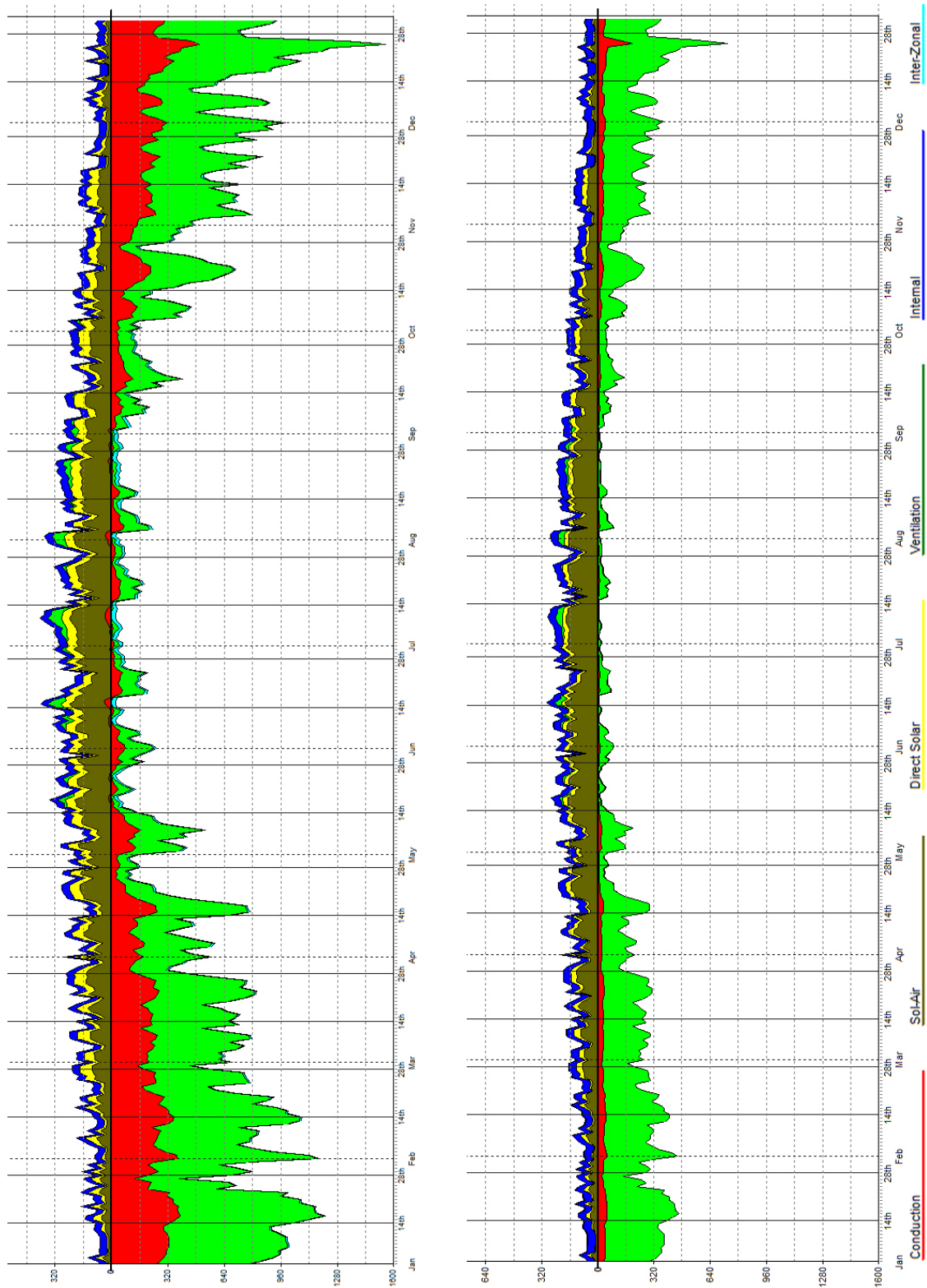
Утицај вентилационих губитака на енергетске перформансе испитиван је и кроз методе симулације, на моделу постојећег стања типа Ц1.1 (**Графикон V-2**).



**Графикон V-2.** Утицај изложености ветру и класе заптивености на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање на моделима постојећег стања типа Ц1.1 – вредности добијене методом симулације

Чак и у варијанти најбоље заклоњености, заптивеност утиче и до 40% на вредности потребне енергије за грејање. Утицај заклоњености варира од 50-70% у зависности од класе заптивености. Када се упореди структура губитака и добитака топлоте добијених методом симулације (**Слика V-1**) запажа се изражен утицај вентилационих губитака (зелена боја) у односу на трансмисионе (црвена), како у моделу постојећег стања, тако и у моделу амбициозне обнове. Овакви резултати у складу су са наводима из литературе, о пренаглашености вентилационих губитака коришћењем симулационог програма „Ecotect“, нарочито при већим вредностима инфилтрације (Hensen, 2004), због начина прорачуна који у обзир узима и климатске податке о брзини и правцу доминантог ветра на локацији. Такође, и други симулациони софтвери показују смањен утицај трансмисионих губитака у структури губитака топлоте односу на стационарне методе прорачуна (Добросављевић, 2016). При подешавању параметара који дефинишу број измена ваздуха на час ради поређења резултата са резултатима добијеним методом прорачуна мора се водити рачуна о утицају ветра, односно положаја, пошто се вредности броја измена ваздуха на сат подешавају одвојено за класу заптивености и одабрани положај зграде, и немогућности контроле укупне вредности броја измена ваздуха на сат која се добија одабиром ових утицајних фактора. При вршењу симулација је утицај ветра занемариван, и вредност броја измена ваздуха на сат подешавана само на основу задате класе заптивености, у складу са вредностима коришћеним у прорачунима.



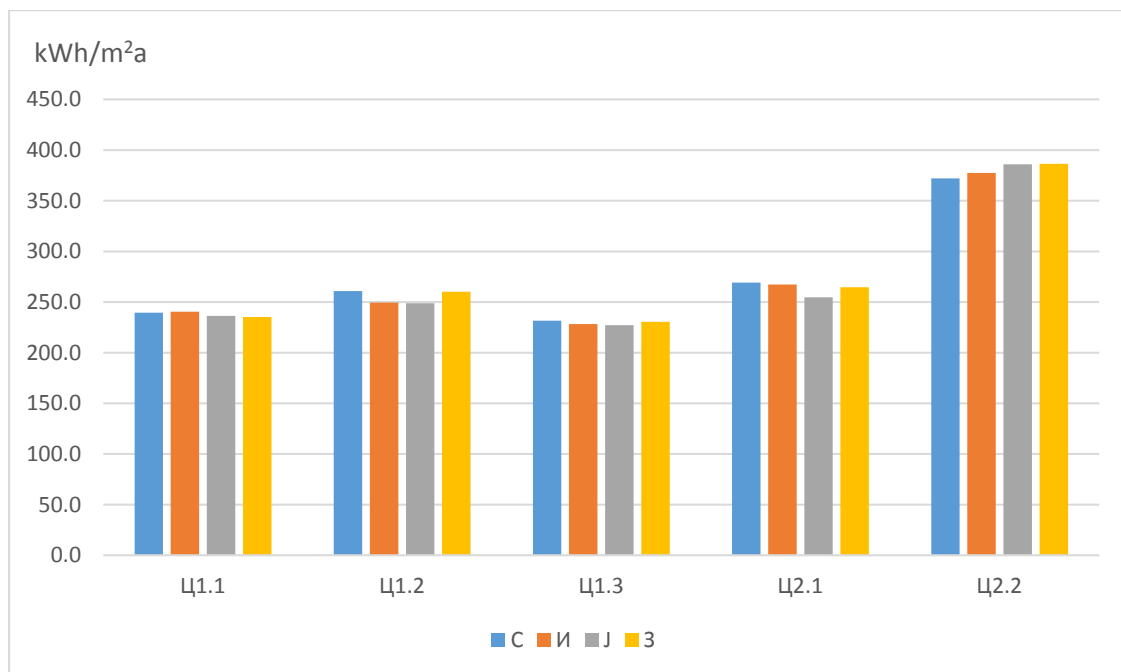


Слика V-1. Упоредни приказ годишње расподеле и структуре губитака и добитака топлоте, изражени вентилациони губици и у моделу постојећег стања (Ц1.3 M0 – лево) и у моделу амбициозне обнове (Ц1.3 M2 - десно)

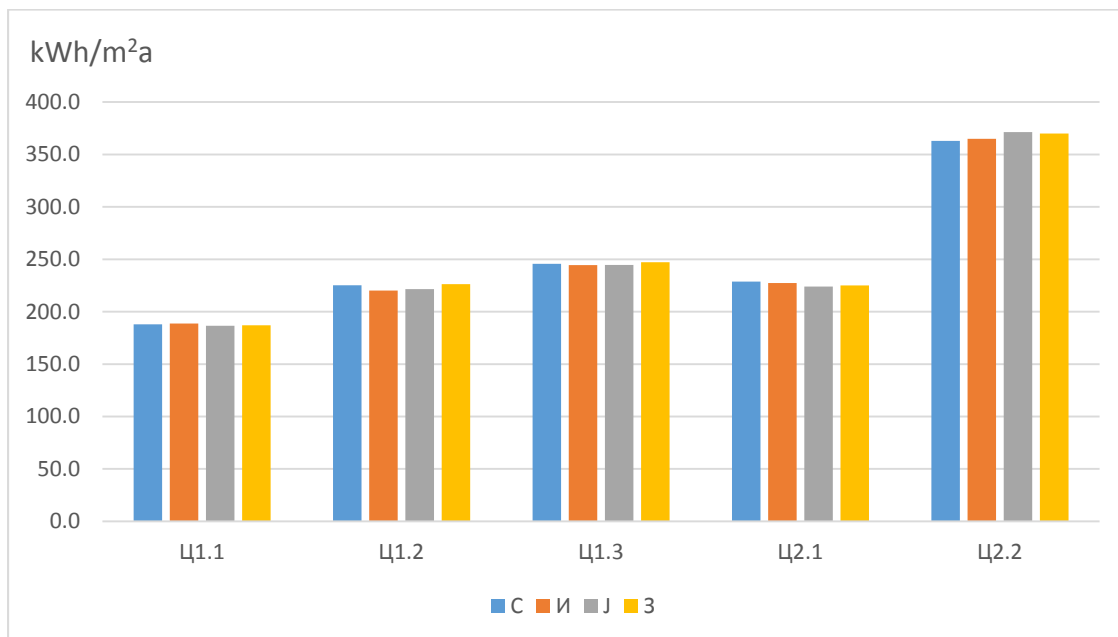
### V.1.1.1.3 Утицај соларних добитака

Утицај соларних добитака испитан је кроз варирање положаја зграде кроз све оријентације и кроз варирање фактора засенчења увођењем елемената заштите од сунца.

Резултати приказани на **Графикону V-3** показују мали утицај варирања оријентације на годишњу специфичну енергију потребну за грејање одређену методом прорачуна енергетских перформанси, у моделима постојећег стања (M0), свега до **5%** (тип Ц1.2), а просечно око **2%**. То се може објаснити малим бројем фасадних отвора и малим утицајем соларних добитака на укупне енергетске перформансе. Анализе вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање добијених методом симулације такође показују мали утицај варирања оријентације на потребе за грејањем, од **1-3%** (**Графикон V-4**).



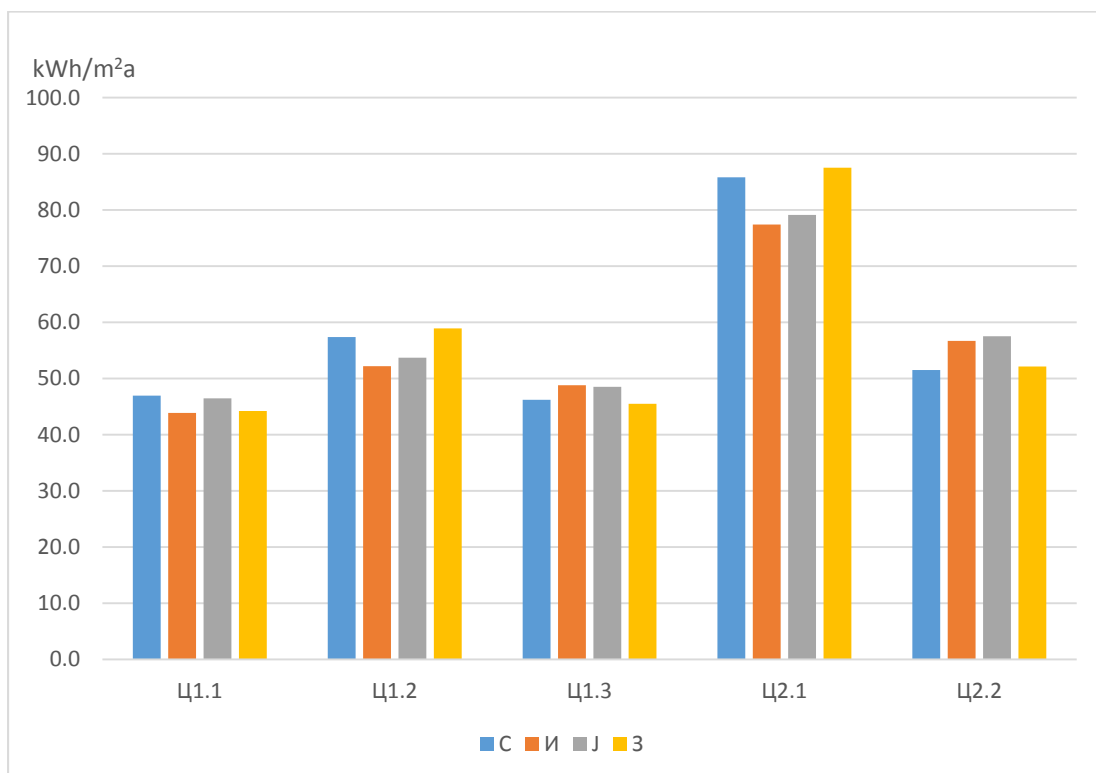
**Графикон V-3.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код одабраних типова кућа у постојећем стању (M0) добијене методом прорачуна



**Графикон V-4.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код одабраних типова кућа у постојећем стању (M0), добијене методом симулације

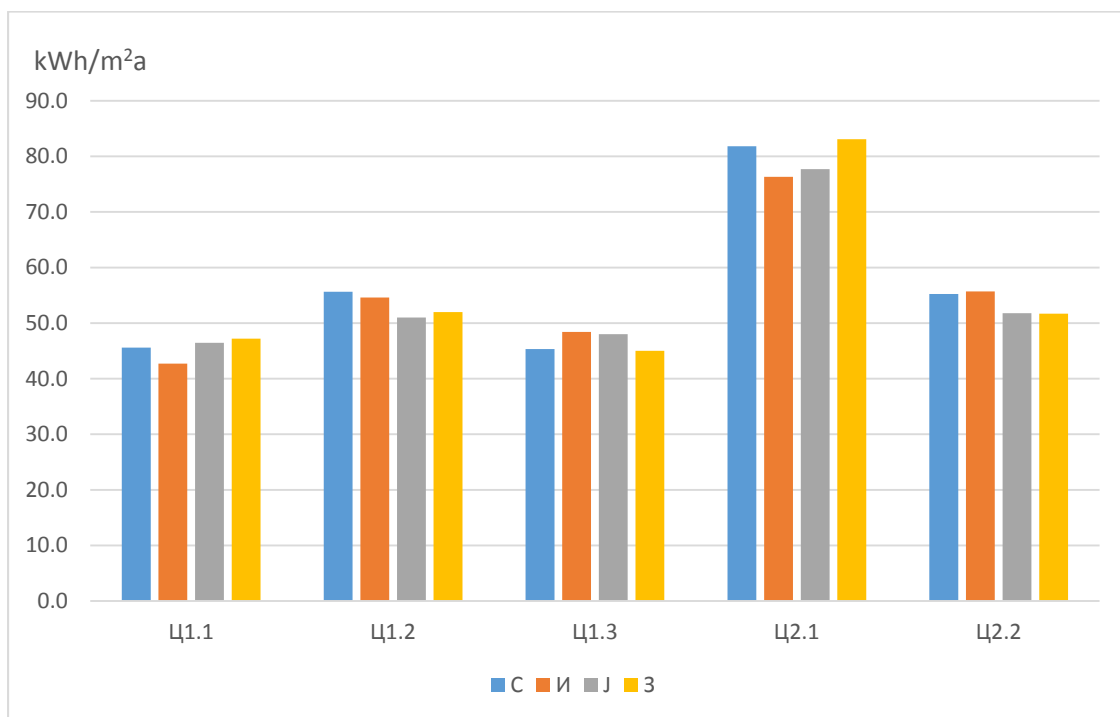
Код модела комплексне обнове (M3), где је проценат транспарентних површина термичког омотача повећан у односу на моделе постојећег стања, стандардног и амбициозног унапређења (M0, M1, M2), приметан је нешто већи утицај оријентације, односно соларних добитака, на енергетске перформансе.

На **Графикону V-5** приказан је утицај варирања оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код модела комплексне обнове, без додатих стакленика (M3 – без стакленика), добијене методом прорачуна. Највећи утицај је код модела обнове типова Ц1.2 (**13%**) и Ц2.2 (**12%**) који имају неравномерну расподелу прозора по различитим оријентацијама, будући да су двоводни кровови условили неравномерну расподелу кровних прозора, који значајно доприносе соларним добицима. Код модела куће у низу (Ц2.1) у ком комплексна обнова није обухватила активирање поткровља и додавање кровних прозора, као и код модела где је расподела прозора равномерна по свим фасадама, утицај оријентације на енергетске перформансе износи око **7-8%**.



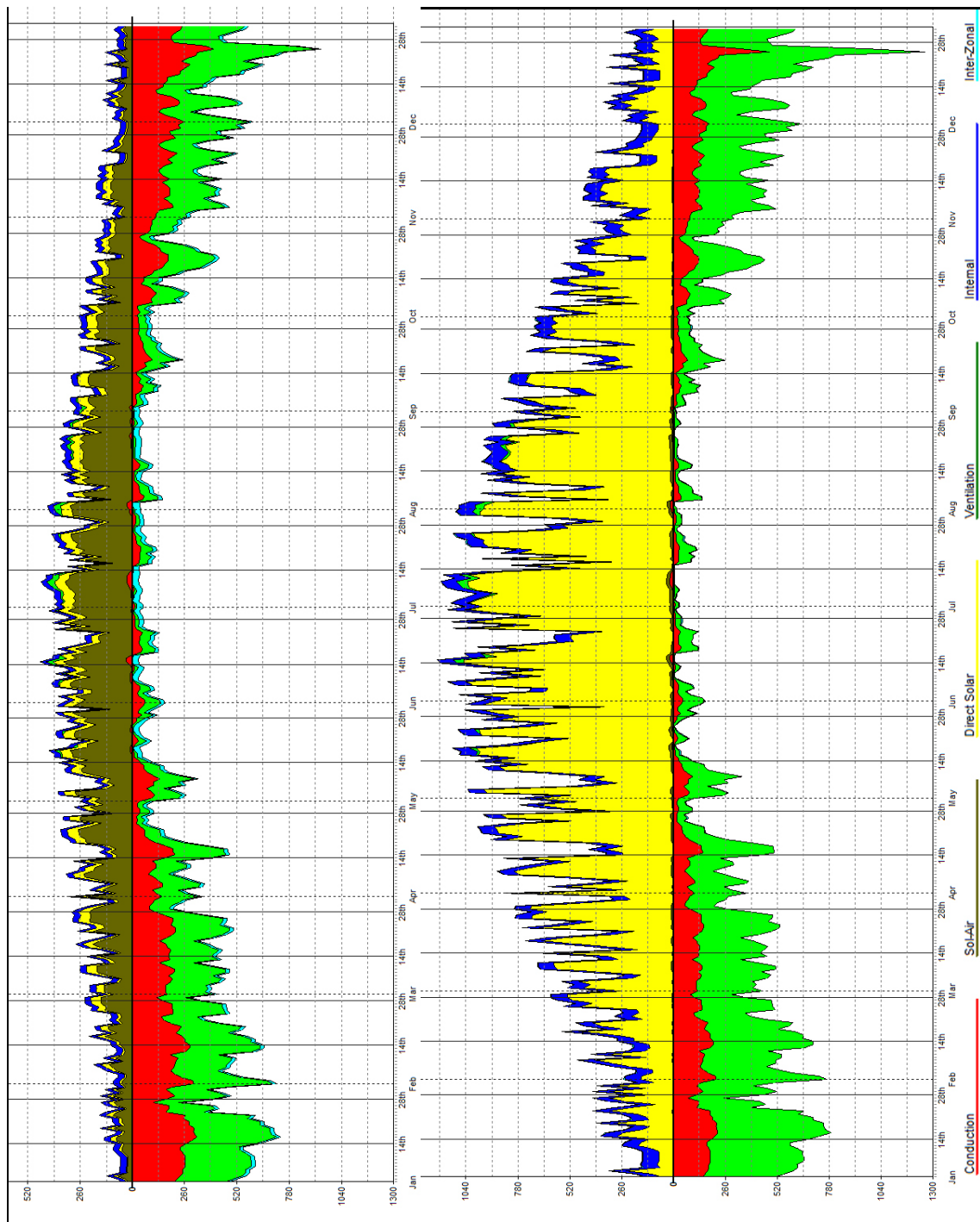
**Графикон V-5.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код модела комплексног унапређења анализираних типова кућа, без додатих стакленика (метод прорачуна)

Код модела комплексне обнове који укључује и стакленик (МЗ), утицај оријентације је мање изражен, и износи од **8-11%** (Графикон V-6). Иако оријентација веома утиче на соларне добитке стакленика, од **24-30%** код испитиваних модела методом прорачуна, сам утицај стакленика на укупне енергетске перформансе није пресудан, већ комбинација утицаја директних добитака кроз прозоре, нарочито кровне, и утицај стакленика. Тако се код модела комплексне обнове за тип Ц1.3 испоставило да најмање вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање дају западна и северна оријентација стакленика, смештених на дворишној фасади, зато што у комбинацији са оријентацијом уличне фасаде са највећом квадратуром прозора ка истоку, односно југу, резултује највећим соларним добицима.



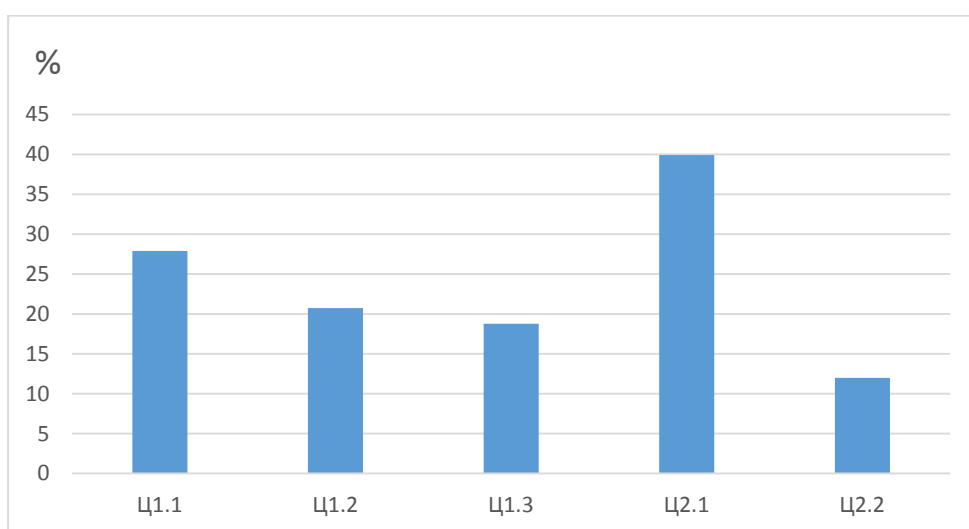
**Графикон V-6.** Утицај различите оријентације на вредности годишње специфичне енергије потребне за грејање код модела комплексног унапређења (МЗ) анализираних типова кућа, добијене методом прорачуна

Када се упореди структура губитака и добитака топлоте добијених методом симулације (Слика V-2) запажа се изражено повећање директних соларних добитака у комплексном моделу обнове (жута боја на графицима). За разлику од модела постојећег стања, где је изражен утицај индиректних соларних добитака кроз које се загревају нетранспарентне позиције термичког омотача, пре свега кровни покривач, у моделу комплексне обнове изражени су директни добици кроз транспарентне позиције у термичком омотачу, а нарочито кроз кровне прозоре.



Слика V-2. Упоредни приказ годишње расподеле и структуре губитака и добитака топлоте у моделу постојећег стања(Ц1.3. М0 - лево) и комплексном моделу обнове (Ц1.3. М3 - десно), добијених методом симулације

Сам утицај стакленика на смањење потребне енергије за грејање, одређен је поређењем модела комплексне обнове и истог таквог модела који не укључује додавање стакленика. Методом прорачуна добијен је утицај стакленика од **3.3-7%**. Овај утицај се може приписати утицају стакленика као тампон зоне, односно смањењу трансмисионих губитака топлоте, и повећању соларних добитака током грејног периода. На **Графикону V-7** приказан је удео соларних добитака од стакленика у укупним соларним добицима у грејној сезони анализираних модела комплексне обнове (М3) (вредности добијене методом прорачуна) који варира од **12-40%**.



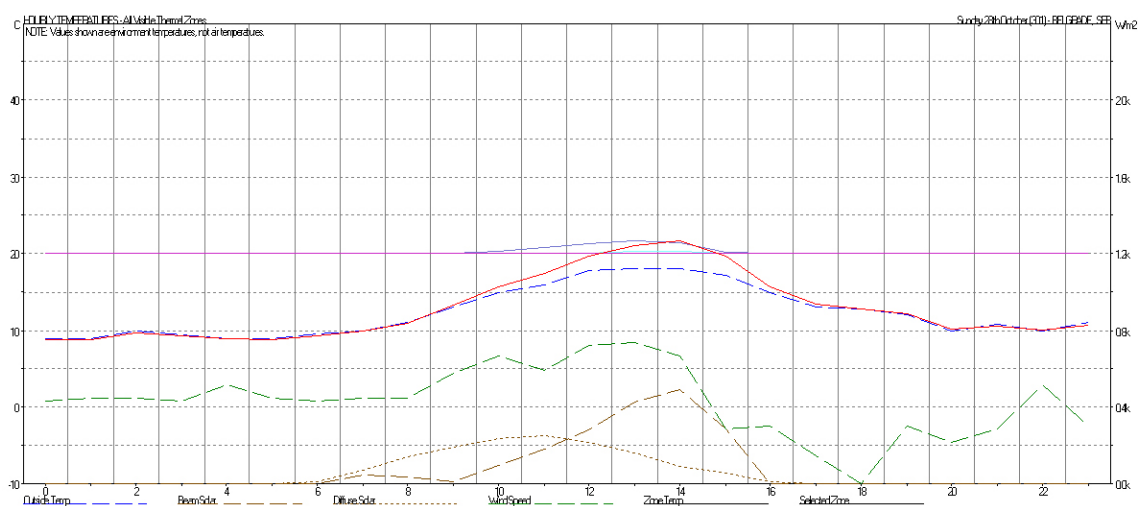
**Графикон V-7.** Удео соларних добитака од стакленика у укупним соларним добицима у грејној сезони, код модела комплексне обнове (М3) (вредности добијене методом прорачуна)

Највећи удео соларних добитака од стакленика је код модела комплексне обнове за тип Ц2.1, пошто код овог типа комплексна обнова није укључила и активацију поткровља и увођење кровних прозора. Најмањи удео соларних добитака од стакленика је код типа Ц2.2, где поред добитака од стакленика, постоји велики удео директних добитака од прозора који су, као и стакленик, оријентисани јужно, ка дворишту, као и од кровних прозора који су такође, у највећој мери јужно оријентисани. Сам утицај стакленика на енергетске перформансе овог типа је најмањи, због могућности постизања функционалне организације и распореда прозора тако да омогуће максималне соларне добитке.

Анализом вредности потребне енергије за грејање кроз метод симулације, добијен је мали утицај оријентације на вредности специфичне енергије потребне за грејање

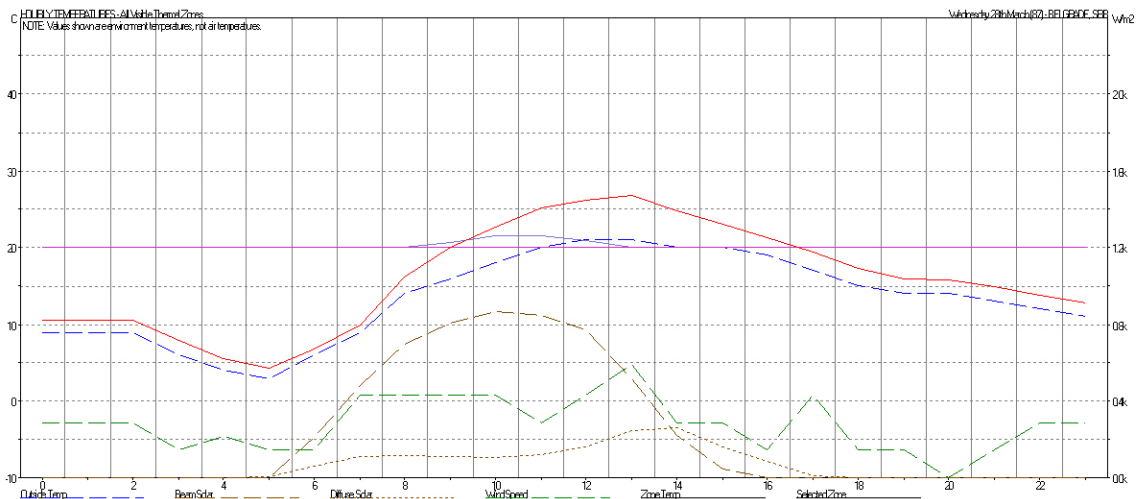
како у моделима комплексне обнове (МЗ), који укључују стакленик, тако и код модела код којих је стакленик изузет из анализа, и износе од **1-3%**. Разлике између утицаја оријентације, односно соларних добитака, на резултате добијених вредности методом прорачуна и симулације потиче од комплексности начина искоришћења соларних добитака који су остварени у стакленику, и акумулације топлоте термичких зона уз стакленик, које је кроз симулације могуће засебно дефинисати, док се у методи прорачуна соларни добици од стакленика рачунају на нивоу комплетног грејаног простора зграде, што није реално.

Сам утицај стакленика одређен је поређењем ова два модела и износи од **7-27%**. Највећи утицај је код типа Ц1.3, будући да је површина под додатим стаклеником највећа, а сам стакленик обхвата највећи део дворишне фасаде. Иако је оријентација стакленика северна, његов значај као тампон зоне највише је изражен у прелазним месецима. На **Слици V-3** приказан је температурни профил за 28.октобар у моделу Ц1.1 МЗ, где је илустрован утицај стакленика (црвена линија) на повећање температуре дневног боравка и укидање потребе за грејањем у периоду од 10-15h. Такође, на **Слици V-4** приказан је температурни профил за 28.март у истом моделу, где је илустрована слична ситуација, где је у преподневним часовима (источна оријентација стакленика) на неколико сати елиминисана потреба за грејањем.



**Слика V-3.** Температурни профил за 28.октобар (модел Ц1.1 МЗ)

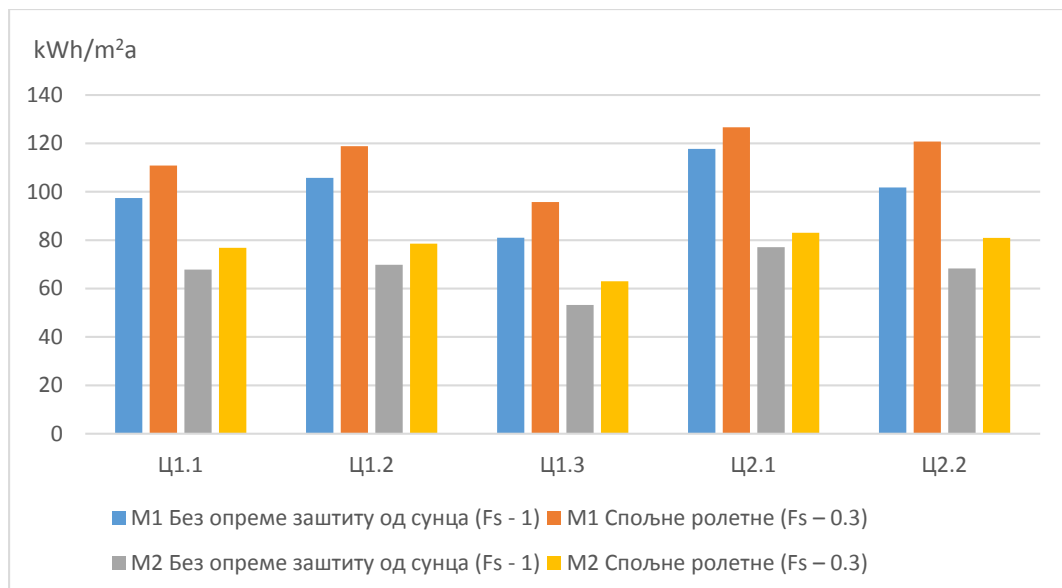




Слика V-4. Температурни профил за 28.март (модел Ц1.1 М3)

Анализом температурних профила зона уз стакленик примећено је да све док су спољне температуре преко 10°C температура у стакленику је виша за око 4°C у најтоплијем делу дана од спољне температуре, и за око 1°C током ноћи.

Утицај соларних добитака на енергетске перформансе у великој мери зависи од опреме за заштиту од сунца, што је илустровано на **Графикону V-8**, где је приказан утицај варирања фактора умањења соларних добитака у моделима М1 и М2, методом прорачуна.



Графикон V-8. Утицај варирања фактора умањења соларних добитака у моделима М1 и М2, методом прорачуна на вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање

Утицај опреме за заштиту од сунца код појединих типова може бити и до 20%, и померити зграду у нижи енергетски разред. Због тога што се методом прорачуна процењује само енергија потребна за грејање, сматрано је да се утицај заштите од сунца у зимском периоду може занемарити, односно да је понашање корисника у складу са тежњом за повећањем соларних добитака.

#### V.1.1.1.4 Утицај геометрије зграде (фактор облика)

Фактор облика пресудно утиче на енергетске перформансе анализираних типова. Чак и код виших вредности параметара карактеристика термичког омотача ( $U_s$ ,  $H'_T$ ), повољан фактор облика облика пресудно утиче на енергетске перформансе, што је илустровано у **Табели V-3**, на примеру типа Ц1.3, који има најбољи фактор облика од свих анализираних типова, док су му параметри везани за квалитет термичког омотача други по рангу највиших вредности, а ипак постиже најбоље енергетске перформансе.

| M0   | $Q_{H,an}$<br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | A/V<br>[m <sup>-1</sup> ] | $U_s$<br>[W/m <sup>2</sup> K] | $H'_T$<br>[W/m <sup>2</sup> K] | $H'_{T,max}$<br>[W/m <sup>2</sup> K] |
|------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Ц1.1 | 235.17                               | 1.27                      | 1.02                          | 0.957                          | 0.44                                 |
| Ц1.2 | 248.77                               | 1.35                      | 1.04                          | 0.928                          | 0.44                                 |
| Ц1.3 | <b>227.22</b>                        | <b>0.81</b>               | <b>1.24</b>                   | <b>1.173</b>                   | 0.47                                 |
| Ц2.1 | 254.67                               | 1.02                      | 0.99                          | 0.895                          | 0.44                                 |
| Ц2.2 | 372.12                               | 1.22                      | 1.65                          | 1.457                          | 0.44                                 |

**Табела V-3.** Преглед геометријских карактеристика и енергетских перформанси, модели постојећег стања, метод прорачуна


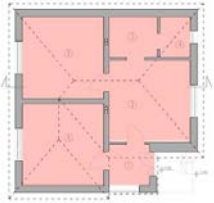
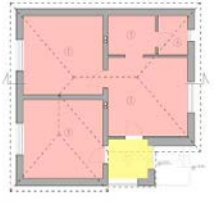
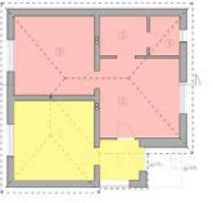
Када се упореде резултати прорачуна потребне енергије за грејање и геометријске карактеристике комплексних модела обнове (**Табела V-4**) поново се запажа да је тип Ц1.3 други најбољи по енергетским перформансама, са најбољим фактором облика и најлошијим карактеристикама термичког омотача.

| M3   | $Q_{H,an}$<br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | A/V<br>[m <sup>-1</sup> ] | $U_s$<br>[W/m <sup>2</sup> K] | $H'_T$<br>[W/m <sup>2</sup> K] | $H'_{T,max}$<br>[W/m <sup>2</sup> K] |
|------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Ц1.1 | 42.7                                 | 0.86                      | 0.33                          | 0.369                          | 0.45                                 |
| Ц1.2 | 52                                   | 0.94                      | 0.26                          | 0.312                          | 0.45                                 |
| Ц1.3 | <b>45.3</b>                          | <b>0.64</b>               | <b>0.44</b>                   | <b>0.404</b>                   | 0.51                                 |
| Ц2.1 | 76.3                                 | 1.01                      | 0.29                          | 0.305                          | 0.44                                 |
| Ц2.2 | 51.8                                 | 0.95                      | 0.33                          | 0.383                          | 0.45                                 |

**Табела V-4.** Преглед геометријских карактеристика и енергетских перформанси, модели комплексне обнове, метод прорачуна

Пресудан утицај геометријских карактеристика на енергетске перформансе потврђују и анализе варијанти расподеле грејаног простора за један од

анализираних типова (Табела V-5). То указује на потребу за што бољом искоришћеношћу расположивог простора, са што мање негрејних простора унутар волумена објекта.

|  |  |  |  |
|---|---|--|---|
|   | Ц1.1  | Ц1.1 а   | Ц1.1 б  |
| Нето грејана површина [m <sup>2</sup> ]   | 60  | 55.74  | 40  |
| Запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]   | 190   | 176.5  | 126.5   |
| Процент површине омотача ка спољном простору [%]                                  | 67  | 61.4   | 55.5  |
| A/V [m <sup>-1</sup> ]  | 1.27  | 1.31   | 1.44  |
| Средња вредност U омотача (Us) [W/ m <sup>2</sup> K]                              | 1.02  | 1.02   | 1.1   |
| Qh, an [kWh/m <sup>2</sup> a]   | 235.17  | 246.18   | 272.81  |

Табела V-5. Варијације расподеле грејаног простора и утицаја на енергетске перформансе у моделу постојећег стања, тип Ц1.1, вредности добијене методом прорачуна

### V.1.1.2 Утицај стакленика

Утицај додавања стакленика на смањење потребне енергије за грејање испитиван је варирањем модела комплексне обнове (МЗ) кроз параметре материјализације стакленика: стакленик са застакљењем једноструким или двоструким стаклом, и варијанта транспарентне или нетранспарентне кровне површине стакленика.

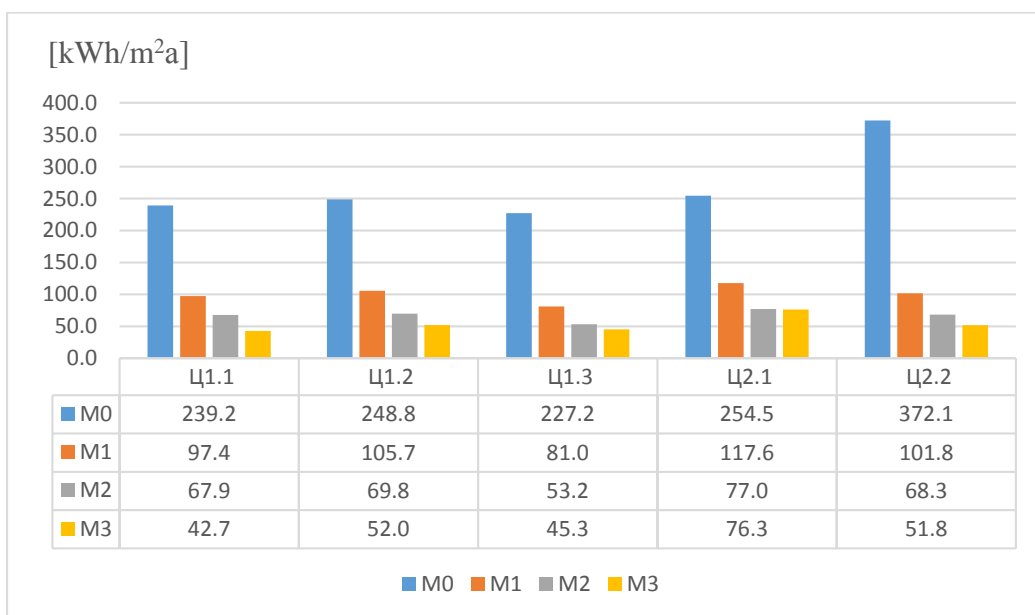
Утицај варирања застакљења стакленика на енергетске перформансе је методом прорачуна могуће анализирати само са аспекта утицаја фактора пропустљивости соларног зрачења стакла (g) пошто се ефекат трансмисионих губитака кроз спољашњу опну стакленика не узима у обзир. У том смислу, закључак анализа на основу поређења вредности потребне енергије за грејање методом прорачуна да једноструко застакљење стакленика због веће пропустљивости соларног зрачења доводи до повећаних соларних добитака, а тиме и смањења потребне енергије за грејање од чак **2%**, мора се узети са резервом. Наиме, резултати симулација показују **незнатне разлике** у вредностима енергије потребне за грејање између

стакленика застакљених једноструким и двоструким стаклом, управо због утицаја повећаних трансмисионих губитака.

Утицај материјализације кровне површине стакленика (транспарентне или нетранспарентне) утиче на енергију потребну за грејање и до **4%**, па је за овај аспект енергетских перформанси повољнија опција транспарентне кровне површине. Пошто се питање материјализације кровне површине стакленка своди на питање заштите од сунца спољашње опне стакленика неопходно је анализирати и њен утицај на смањење потребне енергије за хлађење у летњем режиму и комфора боравка у зонама непосредно уз стакленик, о чему ће бити речи касније.

### V.1.1.3 Преглед и дискусија резултата

Да би се на прави начин проценили резултати обнове која укључује повећање корисне грејане површине, као што је модел комплексне обнове, мора се анализирати вредност специфичне потребне енергије за грејање ( $Q_{h,an}$ ), која узима у обзир и квадратуру зграде, и према којој се тренутно врши сертификација зграда Србији, у складу са регулативом (Правилник, 2012). Вредности специфичне потребне енергије за грејање за анализиране моделе обнове дате су на **Графикону V-9**. Резултати прорачуна за сваки тип дати су у **Прилогу 2**.



**Графикон V-9.** Упоредни приказ вредности специфичне енергије потребне за грејање ( $Q_{h,an}$ ) код испитиваних модела, добијених методом прорачуна

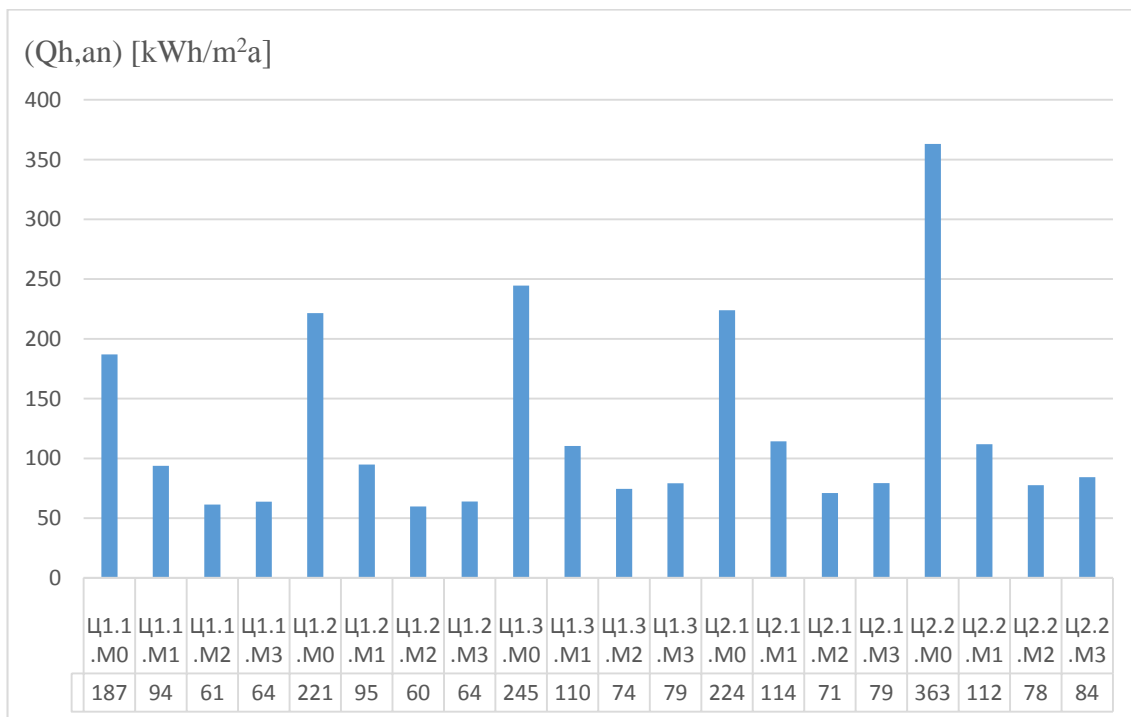
Видимо да сва три предложена модела обнове доводе до значајних уштеда потребне енергије за грејање (**Табела V-6**). Максималне уштеде које се постижу применом првог модела налазе се у оквирима границе дефиниције обимне обнове зграда (**60%**), а **достигу и 70%**. Амбициозни и комплексни модел обнове доводи до уштеда **преко 70%, па и преко 80%**, које се могу сматрати нивоом уштеда адекватним за разматрање у сценарију обимне обнове, који се показао најзначајнијим у студијама остварљивости постављених циљева уштеда енергије на нивоу европског грађевинског фонда до 2050.

| %  | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|----|------|------|------|------|------|
| M1 | 59   | 58   | 64   | 54   | 73   |
| M2 | 72   | 72   | 77   | 70   | 82   |
| M3 | 82   | 79   | 80   | 70   | 86   |

**Табела V-6.** Процентуалне уштеде специфичне енергије потребне за грејање ( $Q_{h,an}$ ) испитиваних модела обнове, у односу на модел постојећег стања

Комплексни моде обнове који не укључује увећање габарита (модел Ц2.1) доводи до истог нивоа уштеда као и модел амбициозне обнове, упркос слабијем интензитету обнове термичког омотача. То значи да се пасивним мерама енергетске санације, као што је промена односа структуре омотача у корист делова ка негрејаним просторима, као и увођењем стакленика, могу надоместити разлике које настају опредељењем за мањи обим обнове самих позиција термичког омотача.

Када упоредимо вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање добијене методом симулације, приказане на **Графикону V-10**, видимо да су вредности добијене за модел комплексне обнове (M3) и модел амбициозне обнове (M2) сличне, са нешто нижим вредностима код модела M2. Резултати симулација за сваки тип дати су у **Прилогу 3**.



**Графикон V-10.** Вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање код испитиваних модела, добијене методом симулације

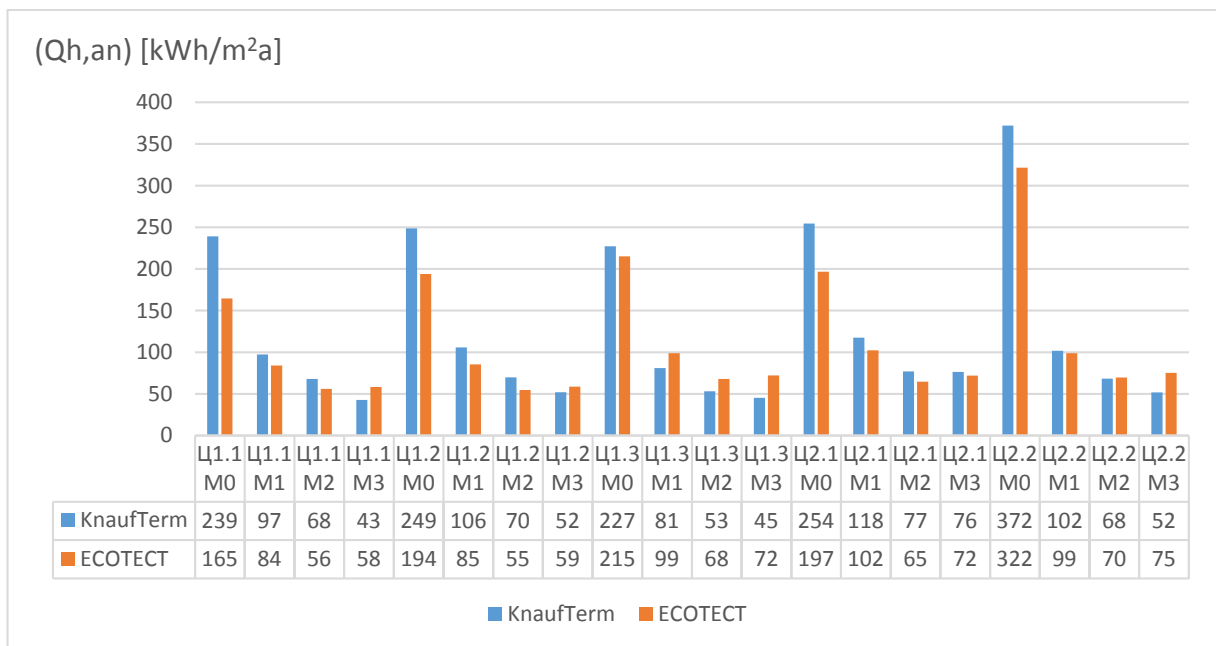
Процена остварених уштеда различитим моделима обнове на основу резултата симулација доводи до сличних закључака као и метода прорачуна. Модел стандардне обнове (M1) доводи до **максималних уштеда од 70%**, док су **просечни нивои уштеда око 50%**. **Модели амбициозне и комплексне одбнове доводе до готово истих нивоа уштеде**, максимално до **80%**, **просечно око 70%**. Нешто више вредности потребне енергије за грејање у моделима обнове које се добијају методама симулације не показују **ни у једном сценарију уштеде веће од 80%**.

Пошто се методом симулације добијају вредности потребне енергије за грејање на нивоу целе године, укључујући и потребе за грејањем које се јављају ван грејне сезоне, у прелазним периодима, да би поредили две методе прорачуна неопходно је свести све резултате на грејни период. То практично значи елиминисати све потребе за грејањем ван грејне сезоне, које се уочавају на графицима месечне расподеле потребне енергије за грејање/хлађење за сваки тип (Слика V-5).



Слика V-5. Годишња расподела енергије потребне за грејање (црвена поља на графику) и хлађење (плава поља)

На **Графикону V-11** приказане су упоредне вредности специфичне годишње потребне енергије за грејање добијене коришћењем методе прорачуна и симулације, сведене на грејну сезону.



**Графикон V-11.** Поређење годишње специфичне потребне енергије за грејање ( $Q_{h,an}$ ) сведене на вредности током грејне сезоне, добијене методом прорачуна и симулације

Видимо да се јављају разлике у виду нешто нижих вредности добијених симулацијом за моделе постојећих стања (осим у моделу Ц1.3), а виших вредности код модела обнове. Одступања су у просеку око **20%**. Код модела обнове приметна су већа одступања, нарочито код модела комплексне обнове, где су вредности добијене методом симулације више од вредности добијених прорачунима, и до 70%. То се може приписати већ поменутој непрецизности и прецењивању утицаја стакленика на побољшање енергетских перформанси у методи прорачуна.

## V.1.2 Потребна енергија за хлађење

Поређење енергетских перформанси различитих модела обнове у овом делу рада анализираће се кроз вредности годишње потребне енергије за хлађење, добијене методом симулације и анализу најзначајних параметара који на њу утичу:

- утицај побољшања квалитета термичког омотача и геометрије зграде,
- утицај ноћне вентилације.

### V.1.2.1 Утицај побољшања квалитета термичког омотача

Удео потребне енергије за хлађење код испитиваних типова кућа варира у зависности од испитиваног модела, али се може закључити да је у свим моделима веома мали (**Табела V-7**). У моделима постојећег стања износи до 2% вредности потребне енергије за грејање, док у моделима обнове достиже максимално 10% вредности енергије потребне за грејање.

| [%] | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|-----|------|------|------|------|------|
| M0  | 1.8  | 1.2  | 1.3  | 1.5  | 1.2  |
| M1  | 6.2  | 5.0  | 3.8  | 3.6  | 2.2  |
| M2  | 10.0 | 9.4  | 7.7  | 7.5  | 3.6  |
| M3  | 9.9  | 9.1  | 7.4  | 6.8  | 5.6  |

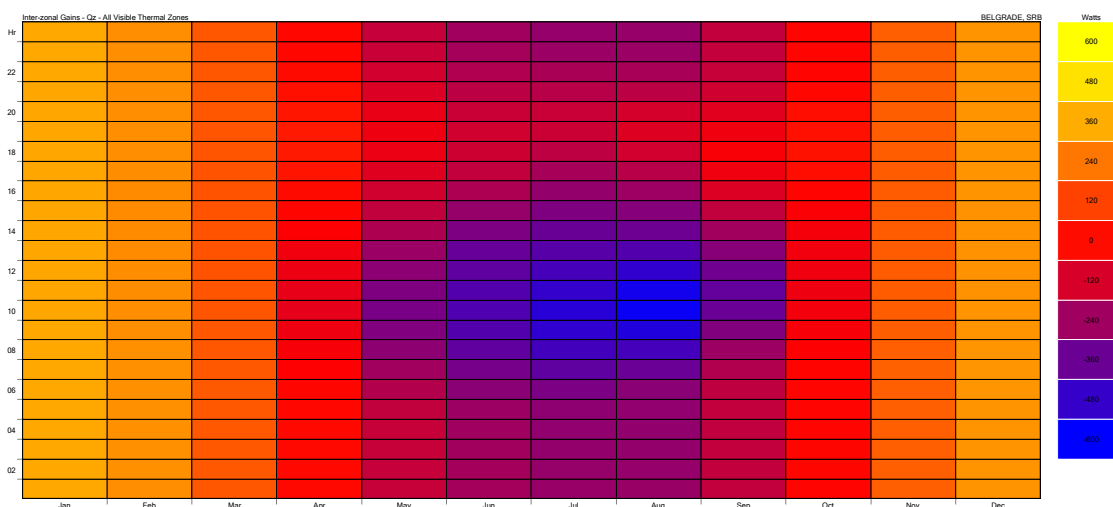
**Табела V-7.** Годишња енергија потребна за хлађење испитиваних модела изражена кроз проценат вредности годишње енергије потребне за грејање

Код свих типова кућа значај енергије потребне за хлађење расте са унапређењем термичког омотача у моделима обнове и смањивањем трансмисионих



и вентилационих губитака. Иако се са унапређењем прозора смањује и њихов фактор пропустљивости соларног зрачења (g), интерни добици се у добро изолованим и заптивеним кућама дуже задржавају унутар термичког омотача, тако да чак и смањеним соларним добицима, и истим нивоом интерних добитака као у постојећем стању, долази до повећања потребе за хлађењем.

Свеукупно мала потреба за хлађењем код испитиваних типова кућа може се објаснити и малим процентом застакљења и соларних добитака, као и великим утицајем термичке масе. Ефекат термичке масе видљив је у резултатима симулација када се посматрају изоловано добици/губици који настају интеракцијом са суседним термичким зонама, у овом случају, додатим стаклеником. На **Слици V-6** запажа се топлотно оптерећење које узрокује највеће потребе за хлађењем у току летњих подневних часова (10-14h), као и одложено загревање у вечерњим часовима (20-21 h) као последица складиштења топлоте у масивним зидовима који одвајају стакленик од куће.



**Слика V-6.** Илустрација ефекта термичке масе на примеру модела М3 за тип Ц2.2

Такође, треба напоменути да се разлог малих потреба за хлађењем може тражити и у непрецизности саме методе прорачуна коју користи коришћени симулациони алат, пошто на то указују наводи из литературе (de Saulles, 2009; Hensen, 2004). То само указује на потребу да се паралелено са анализом уштеда које се остварују на нивоу енергије потребне за грејање при планирању обнове узме у обзир и повећање потребе за хлађењем, чије нивое треба одредити прецизнијим методама прорачуна.

### V.1.2.1 Утицај ноћне вентилације

Утицај ноћне вентилације испитиван је на моделима комплексне обнове код којих су активирани поткровне етаже и уведени кровни прозори. Симулирано је да су кровни прозори и прозори у поткровљу током јуна, јула и августа отворени од 19-8h. Поређењем са вредностима потребне енергије за хлађење у моделима код којих нема активације ноћне вентилације добијени су резултати који потврђују велики значај који омогућавање проветравања има на летњи комфор (**Табела V-8**). Просечно смањење енергије потребне за хлађење износи око 60%, док је код модела у ком се отвара највећа површина прозора, због могућности отварања прозора на забатним зидовима, поред кровних, смањење чак 80%.

| [%] | Ц1.1 | Ц1.2 | Ц1.3 | Ц2.1 | Ц2.2 |
|-----|------|------|------|------|------|
| M3  | 56.6 | 80.0 | 64.1 |      | 55.9 |

**Табела V-8.** Процентуално смањење потребне енергије за хлађење симулацијом ефекта ноћне вентилације у моделу комплексне обнове (M3)

## VI. ЗАКЉУЧАК

### VI.1 Закључна разматрања

Закључке рада можемо поделити на неколико нивоа:

- I. закључци о карактеристикама периода изградње које су условиле формирање испитиваних типова,
- II. закључци произашли из анализе савремених тенденција третмана проблема обнове зграда, који су условили формулисање испитиваних модела обнове,
- III. смернице за унапређење дефинисаних типова зграда произашле из анализе њихових карактеристика, нарочито смернице за формирање комплексног модела обнове,
- IV. закључци који произилазе из анализа утицаја различитих фактора на енергетске перформансе испитиваних модела обнове,
- V. закључци који произилазе из поређења испитиваних модела обнове у погледу унапређења енергетских перформанси, и
- VI. закључци који произилазе из поређења две коришћене методе процене енергетских перформанси.

I) Значај породичних кућа испитиваног периода лежи у њиховој заступљености у стамбеном грађевинском фонду Србије, одређеној на основу истраживања спроведених у склопу израде Националне типологије стамбених зграда Србије (Јовановић Поповић *и други*, 2013). Породичне куће грађене у периоду 1945-1970 чине 35% фонда породичног становања, и 31% укупног стамбеног фонда. На основу обрађеног узорка од око 2000 кућа изграђених током овог периода, запажене су такође њихове изразито хомогене карактеристике, које су навеле на даље истраживање стамбене изградње током предметног периода. Изучавање грађе о предметном периоду и прикупљање техничке документације за моделске зграде резултирало је сазнањима о обиму и начину индивидуалне изградње. Иако у стручној литератури преовлађују подаци о великом обиму колективне изградње, то нипошто није из разлога занемарљивог обима

индивидуалне изградње. Напротив, изградња породичних кућа у сопственој режији и сопственим средствима интензивно се спроводила, и то у све већем обиму како је период одмицао, тако да је кулминирала у деценијама након завршетка предметног периода. Из идеолошких и политичких разлога, помињање и уређивање области индивидуалне изградње није било пожељно, пошто је императив развоја виђен у колективизацији свих сфера, па тако и стамбене, која се суочавала са стамбеном кризом и константним недостатком стамбених јединица. Уз пар интервенција државе, у виду организованог конкурса (1951) и израде каталога пројеката типских индивидуалних једнопородичних и двојних кућа на основу конкурсних радова (1953), а потом и мањих индивидуалних зграда са неколико стамбених јединица (1958), непрестани раст обима овог типа изградње, пре свега у предграђима, и интересовање које није престајало да јењава потпуно су игнорисани. На основу анализираниог узорка зграда предметног периода очигледан је утицај поменутих конкурсних решења дистрибуираним кроз каталоге типских пројеката, тако да се може рећи да слику стамбеног грађевинског фонда предметног периода формира свега неколико пројеката израђених за потребе конкурса. Међу овим пројектима најраспрострањенији су пројекти мањих кућа које карактерише четвороводни кров и компактна форма са мало фасадних отвора, и који имају јасна формална упоришта у традиционалној архитектури централне Србије, али са веома ограниченим постигнутим комфором становања, у складу са пројектним задатком.

**II) Обнова зграда представља својеврсну парадигму одрживог грађења.** Поред еколошких, везаних за рециклажу материјала и смањење грађевинског отпада, процесе обнове зграда карактеришу и енергетске, економске и друштвене предности. Иако је увођењем и поштравањем прописа из области енергетске ефикасности током претходних деценија значајно смањена потрошња енергије и са њом повезана емисија штетних гасова (пре свега CO<sub>2</sub>) у сектору грађевинарства, остваривање значајнијих уштеда и даље кочи низак степен обнове, нарочито када се грађевински фонд састоји претежно од старијих зграда које не испуњавају савремене захтеве ефикасног коришћења енергије, као што је случај са европским грађевинским фондом. Значај стамбеног сектора, и породичних кућа као његовог значајног дела у свим европским земљама, у процесима планирања стратегија обнове и уштеда енергије велики је, а код нас је додатно наглашен већим уделом

породичних кућа у укупној структури стамбеног фонда него у осталим европским земљама. Стратешко планирање активности обнове спроводи се у складу са директивама европске уније којима се дефинишу планирани циљеви уштеда у наредном временском периоду (20% до 2020., 40% до 2030. и 80% до 2050.) и начини за њихово остваривање. У испитивањима различитих стратегија унапређења грађевинског фонда креирају се сценарији којима се испитује однос између интензитета обнове, односно укупне планиране површине грађевинског фонда на коме се обнова планира, и обима обнове, којим се дефинише сложеност предвиђених радова и планиране уштеде на нивоу појединачних зграда. У складу са етапним формулисањем циљева обнове дефинисани су и различити нивои обнове, па је тако уведен појам обимне обнове зграда, повезан са појмом зграда скоро нулте потрошње енергије (nZEB), које је неопходно дефинисати као будући праг ефикасности за све зграде које се граде и обнављају. Пошто је процењено да се већином тренутних активности обнове постижу уштеде од око 20-30%, иако није прецизно дефинисан, обим уштеда којима се обнова сврстава у обимне процењује се на 60-90%. Поређењем различитих сценарија обнове закључено је да само сценарији који укључују мањи интензитет са већим обимом обнове доводе до планираних дугорочних уштеда и економски су исплативије од обнова већег интензитета а мањег обима. У оквиру пројекта COHERENO развијен је концепт који дефинише принципе обнове породичних кућа у складу са тенденцијама развоја дефиниције nZEB-а, и критеријуме по којима би се обнова могла сврстати у стандард nZEB обнове. Неки од ових критеријума искоришћени су као критеријуми при дефинисању испитиваних модела обнове.

**III)** Као карактеристични типови предметног периода издвојени су типови слободностојећих кућа (три типа) и два типа кућа у низу. Примећени веома заступљени тип куће компактне квадратне форме (Ц1.1) јавља се и у варијанти изломљене основе са сложеним кровом (Ц1.2), и у варијанти спратне двојне куће такође компактне форме (Ц1.3). Препозната су такође два карактеристична типа кућа у низу, иако је њихова заступљеност много мања од слободностојећих типова. Тип Ц2.1 представља тип традиционалне куће у низу заступљен у Војводини, који карактерише период пре 1945., али је наставио да се примењује и током предметног периода. Други карактеристични тип куће у низу (Ц2.2) представља пример зачетка

недовољно развијене праксе организованог облика индивидуалне изградње, у склопу плански грађених насеља у предграђима. Све одабране типове карактерише примена масивне конструкције, мала површина прозора и функционална организација неадекватна савременим потребама, будући да су пројекти добијени на конкурсима почетком 50их били намењени веома скромном начину живота, за подмирење основних стамбених потреба у доба стамбене кризе. Изузетак са аспекта функционалних карактеристика је једино тип куће у низу традиционалних одлика подручја Војводине (Ц2.1), чији просторни капацитети надмашују могућности комфорног коришћења у тренутном стању, тако да се приступ формулисању стратегије обнове донекле разликује од приступа код осталих типова.

Наиме, основна карактеристика свих типова у погледу формулисања смерница за унапређења је дотрајалост и потреба замене или обнове већине конструктивних елемената, укључујући фасаде, прозоре и врата, међуспратне конструкције, подне облоге, инсталације и кровни покривач. Овакво стање свих позиција термичког омотача, са аспекта погодности енергетске рехабилитације, пружа добар основ за њихово унапређење како би се ускладиле са захтевима савремене регулативе и обезбедило побољшање комфора коришћења. Будући да су сви анализирани типови грађени у масивном систему, једини конструктивни елементи који могу бити искоришћени и интегрисани у будућа решења су масивни зидови од опеке и темељи. Овакво стање, уз непходност интервенција на термичком омотачу, пружа повољан оквир за спровођење активности обимне обнове, и интегрисање комплексних мера унапређења енергетске ефикасности попут рационалне надоградње и повећања волумена ради побољшања геометријских карактеристика (фактора облика), увођења пасивних мера и побољшања функционалних карактеристика. Када је реч о функционалним карактеристикама, основни функционални проблем већине анализираних типова представља недовољна издиференцираност функционалних зона унутар куће (дневна и ноћна зона, јавно и приватно, недостатак спаваћих соба) и недовољна повезаност са двориштем, што би требало да представља основни квалитет приземних кућа. Рационалним увећањем габарита (доградња и активација поткровне етаже) и повезивањем дневних зона у приземљу са двориштем преко застакљених простора стакленика и тремова могу се превазићи примећени недостаци. Такође, како је

утврђено да архитектонске одлике примећених типова потичу од свесног архитектонског израза аутора идејних решења конкурса за типске пројекте, и имају упориште у одликама традиционалне архитектуре (трем, четвороводни кров), препорука је да се у што већој мери очувају кроз архитектонска решења обнове.

**IV)** У раду је испитано неколико модела за унапређење најзаступљенијих типова породичних кућа у стамбеном фонду Србије. Прва два модела представљају типске моделе стандардне и амбициозне обнове, који су коришћени у претходним истраживањима, а додатно прилагођени потребама овог истраживања. Трећи, комплексни модел обнове, представља модел који укључује сложеније мере обнове, које произилазе из специфичности конкретних типова. Сви модели су дефинисани, а затим испитивани путем две методе процене енергетских перформанси: методом прорачуна у складу са актуелном регулативом и путем термичке симулације користећи програм „Ecotect“. Методама прорачуна и симулације испитивани су утицаји побољшања квалитета термичког омотача и геометрије зграде и утицај додавања стакленика на вредности годишње потребне енергије за грејање, а кроз метод симулације испитани су и утицаји побољшања квалитета термичког омотача и ноћне вентилације на годишње потребе за хлађењем.

Испитивањем утицаја различитих фактора од којих зависе вредности прорачунате потребне енергије за грејање закључено је да пресудан утицај имају геометријске карактеристике, односно фактор облика. У моделима постојећег стања, као и код модела комплексне обнове, тип Ц1.3 је постигао најниже вредности енергије потребне за грејање упркос најлошијим карактеристикама термичког омотача, захваљујући најбољем фактору облика. Такође, велики утицај на вредности потребне енергије за грејање имају параметри од којих зависе вентилациони губици топлоте, од 14-26%, а затим и соларни добици, код којих параметри подешавања везани за опрему за заштиту од сунца могу утицати и до 20% на вредности потребне енергије за грејање. Метод симулације показао је изразит утицај вентилационих губитака, од 40-70% у зависности од параметара заптивености и заклоњености, што треба узети са резервом, будући да подаци из литературе говоре о пренаглашености вентилационих губитака методом прорачуна коју користи одабрани симулациони програм.

Утицај оријентације на соларне добитке и енергетске перформансе није се показао као пресудан, пошто су и метод прорачуна и симулације показали утицај од свега 1-3% на енергетске перформансе у моделима постојећег стања, што је веома значајно за применљивост прорачунатих вредности потребне енергије за грејање на нивоу репрезентата типова у склопу Националне типологије. Код модела комплексне обнове, који имају већи проценат прозора у склопу фасадног омотача, прорачуни показују да је овај утицај нешто већи, и износи од 7-12% за модел комплексне обнове без додатих стакленика, и 8-11% за моделе комплексне обнове са додатим стакленицима. Утицај оријентације на прорачунате вредности соларних добитака стакленика износи 24-30%, али је свеобухватан утицај стакленика на енергетске перформансе испитиваних типова свега 3-7%, иако удео соларних добитка стакленика износи од 12-40%. Највећи удео соларних добитака стакленика је код модела комплексне обнове за тип Ц2.1, пошто код овог типа комплексна обнова није укључила и активацију поткровља и увођење кровних прозора.

Сам утицај стакленика на укупне енергетске перформансе испитан је поређењем модела комплексне обнове са и без додатих стакленика. Закључено је да сами добици кроз стакленик нису пресудни, већ комбинација утицаја директних добитака кроз прозоре, нарочито кровне, и утицај стакленика, пре свега као тампон зоне на смањивање трансмисионих губитака топлоте. Највећи утицај стакленика на енергетске перформансе је код типа Ц1.3, будући да је површина под додатим стаклеником највећа, а сам стакленик обхвата највећи део дворишне фасаде, па иако је оријентација стакленика северна, његов значај као тампон зоне највише је изражен у прелазним месецима. Метод симулације показује утицај стакленика на енергетске перформансе од 7-27% у зависности од анализираног типа. Анализом температурних профила зона уз стакленик примећено је да се у прелазним месецима у најтоплијем делу дана на неколико сати елиминише потреба за грејањем, а да је све док су спољне температуре изнад 10°C температура у стакленику виша за око 4°C у најтоплијем делу дана од спољне температуре, и за око 1°C током ноћи.

Што се саме материјализације стакленика тиче, испитиван је утицај материјализације стакленика на енергетске перформансе, кроз варирање спољашњег застакљења (једноструко и двоструко стакло) и материјализације



кровне површине стакленика (транспарентна и нетранспарентна). Метод прорачуна показује повољан утицај једноструког застакљења спољашње опне стакленика због више вредности фактора пропустљивости соларног зрачења стакла, на смањење вредности енергије потребне за грејање (до 2%), али уз немогућност процене негативног утицаја који више вредности коефицијента пролаза топлоте једноструког стакла у поређењу са двоструким имају на трансмисионе губитке. Метод симулације показује незнатне разлике у утицају спољашњег застакљења стакленика на енергетске перформансе. Утицај материјализације крова стакленика показује утицај од 4% на повећање енергије потребне за грејање у случају нетранспарентног крова, али без процене утицаја на повећање потребе за хлађењем лети.

Што се тиче енергије потребне за хлађење, резултати симулација показују да код свих типова кућа значај енергије потребне за хлађење расте са унапређењем термичког омотача у моделима обнове и смањивањем трансмисионих и вентилационих губитака. Свеукупно мала потреба за хлађењем код испитиваних типова кућа може се објаснити и малим процентом застакљења и соларних добитака, као и великим утицајем термичке масе. Такође, потврђен је изузетан утицај ноћне вентилације на смањење енергије потребне за хлађење у летњем периоду. Просечно смањење енергије потребне за хлађење износи око 60%, док је код модела у ком се отвара највећа површина прозора, због могућности отварања прозора на забатним зидовима, поред кровних, смањење чак 80%.

V) Поређењем перформанси испитиваних модела са аспекта уштеде енергије потребне за грејање закључено је са два три предложена модела обнове доводе до значајних уштеда потребне енергије за грејање. Максималне уштеде, добијене методом прорачуна, које се постижу применом првог модела налазе се у оквирима границе дефиниције обимне обнове зграда (**60%**), а **достигу и 70%**. Амбициозни и комплексни модел обнове доводи до уштеда **преко 70%, па и преко 80%**, које се могу сматрати нивоом уштеда адекватним за разматрање у сценарију обимне обнове. Комплексни модел обнове који не укључује увећање габарита (модел Ц2.1) доводи до истог нивоа уштеда као и модел амбициозне обнове, упркос слабијем интензитету обнове термичког омотача. То значи да се пасивним мерама енергетске санације, као што је промена односа структуре омотача у корист делова

ка негрејаним просторима, као и увођењем стакленика, могу надоместити разлике које настају опредељењем за мањи обим обнове самих позиција термичког омотача. Процена остварених уштеда различитим моделима обнове на основу резултата симулација доводи до сличних закључака као и метода прорачуна. Модел стандардне обнове (M1) доводи до **максималних уштеда од 70%**, док су **просечни нивои уштеда око 50%**. **Модели амбициозне и комплексне одбнове доводе до готово истих нивоа уштеде, максимално до 80%, просечно око 70%**. Нешто више вредности потребне енергије за грејање у моделима обнове које се добијају методама симулације не показују **ни у једном сценарију уштеде веће од 80%**.

Удео потребне енергије за хлађење код испитиваних типова кућа варира у зависности од испитиваног модела, али се може закључити да је у свим моделима веома мали. У моделима постојећег стања износи до 2% вредности потребне енергије за грејање, док у моделима обнове достиже максимално 10% вредности енергије потребне за грејање.

**VI)** Разлике између вредности добијене специфичне енергије за грејање методама прорачуна и симулације су у виду нешто нижих вредности добијених симулацијом за моделе постојећих стања (осим у моделу Ц1.3), а виших вредности код модела обнове. Одступања су у просеку око **20%**. Код модела обнове приметна су већа одступања, нарочито код модела комплексне обнове, где су вредности добијене методом симулације више од вредности добијених прорачунима, и до 70%. То се може приписати непрецизности и прецењивању утицаја стакленика на побољшање енергетских перформанси у методи прорачуна. Такође, треба напоменути да се добијени резултати симулација у виду малог удела енергије потребне за хлађење, као и великог утицаја вентилационих губитака топлоте, слажу са наводима из литературе о ограничењима примењеног програма за симулације, који произлазе из метода прорачуна који се у њему користи.

**Основна теза рада, а то је да се моделом комплексне обнове постижу сличне или боље перформансе у погледу уштеде енергије за грејање потврђена је. Када се узме у обзир значајно увећање просторних капацитета објеката, њихове повећане материјалне вредности и комфор коришћења, свакако би препорука била да ако се процењује или планира обимна обнова одређеног**

типа зграда, треба узети у обзир што више параметара који могу утицати на енергетске перформансе и креирати модел обнове који се не базира искључиво на типским мерама обнове, већ покушати превазићи евентуална наслеђена ограничења постојећих зграда.

## VI.2 Могући правци даљег истраживања

Један од могућих праваца даљег истраживања био би испитивање техноекономских параметара предложених модела обнове зграда, како би се утврдили економски параметри који карактеришу сваки од дефинисаних модела (*cost optimal analysis*). Иако је код поређења комплексног модела обнове са амбициозним моделом евидентна додатна корист спровођења комплексне обнове у виду увећања квадратуре код већине анализираних типова, а самим тим и материјалне вредности, као и повећаног просторног комфора, било би неопходно упоредити вредности инвестиција код оба модела, са уштедама енергије које се остварују, ради одређивања периода повраћаја инвестиције. Ове податке би требало анализирати, како за моделе који укључују повећање квадратуре, тако и за модел који задржава постојећу квадратуру (модел Ц2.1, ако се изузме додавање стакленика) ради одређивања параметра коштања обнове по јединици површине, како би се утицај овако дефинисаног модела могао користити и у проценама обнове већег дела грађевинског фонда.

Такође, због комплексности процене утицаја пасивних мера побољшања енергетске ефикасности, и примећених ограничења метода прорачуна на коме се базира коришћени симулациони алат, неопходно је испитати енергетске перформансе дефинисаних модела у неколико комплекснијих симулационих програма, у склопу мултидисциплинарног тима стручњака, како би се са већом сигурношћу могли заговарати модели обнове који се базирају на примени пасивних мера побољшања енергетске ефикасности.

## **VII. ПРИЛОЗИ**

### **VII.1 ПРИЛОГ 1 – графички прилози**

- Геометријске карактеристике модела постојећег стања (M0): основне геометријске карактеристике, карактеристичне основе и пресеци, са означеним позицијама термичког омотача.
- Карактеристике термичког омотача модела постојећег стања (M0): илустрације позиције и састава склопова термичког омотача, опис склопа и одговарајућа вредност коефицијента пролаза топлоте.
- Карактеристике термичког омотача у моделима унапређења стандардне и амбициозне обнове (M1 и M2): илустрације састава склопова термичког омотача, опис склопа и одговарајућа вредност коефицијента пролаза топлоте.
- Геометријске карактеристике модела комплексне обнове (M3): основне геометријске карактеристике, карактеристичне основе и пресеци, са означеним позицијама термичког омотача.
- Карактеристике термичког омотача модела комплексне обнове (M3): илустрације позиције и састава склопова термичког омотача, опис склопа и одговарајућа вредност коефицијента пролаза топлоте.

Скраћенице ознака склопова:

ФЗ – фасадни зид

УЗ – зид према негрејаном простору

ДЗ – дилатациони зид

ЗТ – зид у тлу

ПНТ – под на тлу

МТ – међуспратна конструкција ка тавану

МП – међуспратна конструкција ка подруму

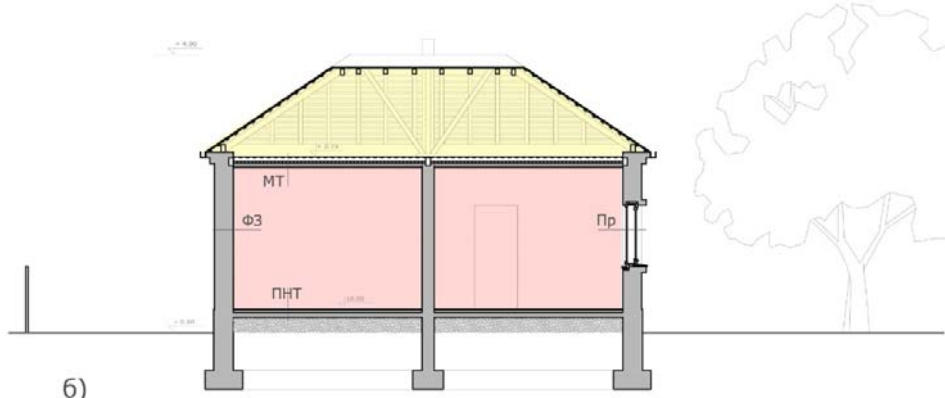
КК – кос кров

Пр – прозори и балконска врата

Прк – кровни прозори

Вр – улазна врата

| <b>Ц1.1 М0 – постојеће стање – геометријске карактеристике</b> |      |
|--|------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ]                    | 60   |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]                        | 190  |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]                         | 1.27 |

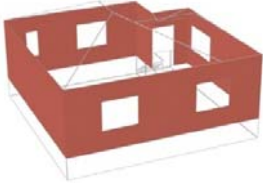
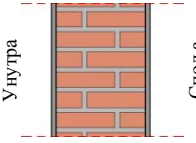
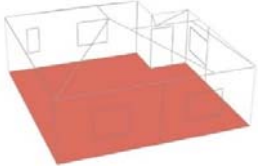
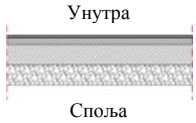
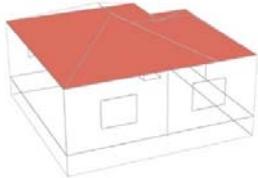
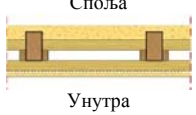
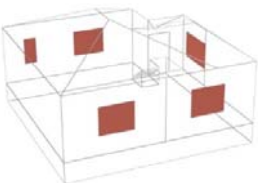
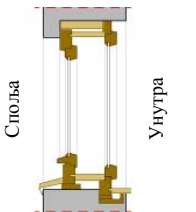
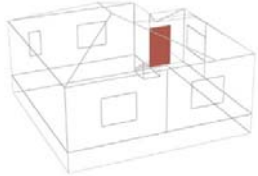
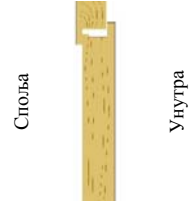


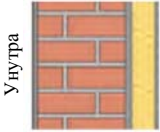




б)

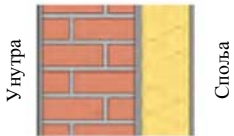
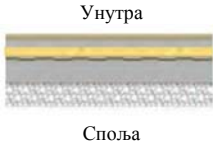


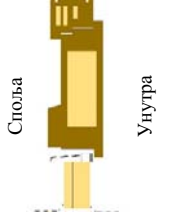


а)

а) основа приземља б) пресек  
 легенда ознака просторија: 1-улаз, 2 - дневна соба/трпезарија, 3 - кухиња, 4 - купатило, 5 - собе

| <b>Ц1.1 М0 – постојеће стање – карактеристике термичког омотача</b>         |   |   |   |                            |
|---|---|---|---|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |   |   | 0.957                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |   |   | 1.02                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа  | Опис склопа   | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm  | 1.27                       |
| ПНТ   |    |    | паркет у асфалту 2.2 cm,<br>цем. кошуљица 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm          | 0.64                       |
| МТ  |   |   | набијена земља 6 cm,<br>дрвене тавањаче 10/12 cm на 80 cm/ блато +<br>дрвене летве + слој ваздуха,<br>тршчани плафон 5 cm | 0.77                       |
| Пр  |  |  | Дрвени, двоструки са размакнутиим крилима (широка кутија) и једноструким стаклом, дрвена ролетна                          | 3.50<br>(0.8)              |
| Вр  |  |  | Пуна дрвена врата   | 3.00                       |

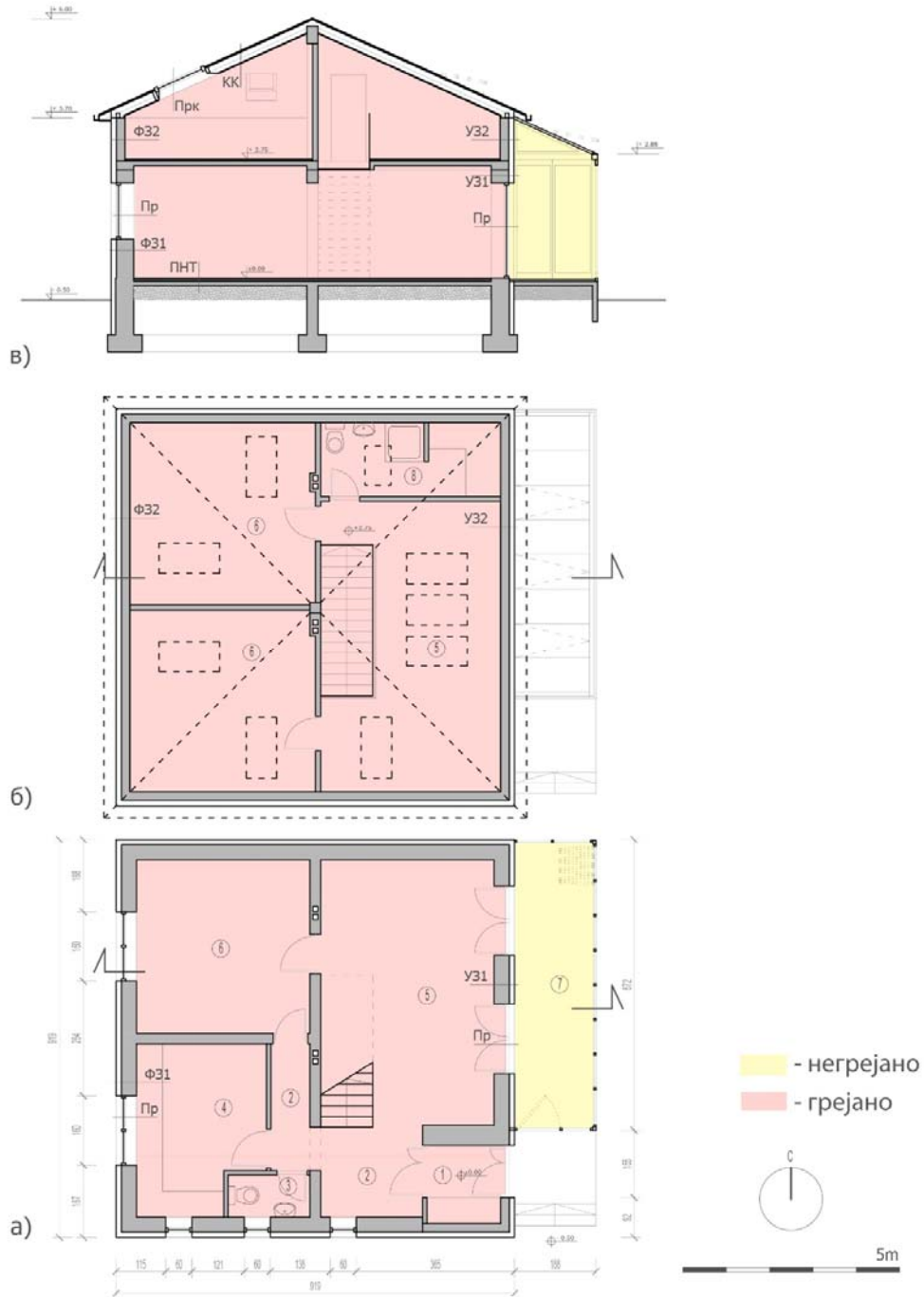
| <b>Ц1.1 М1 – стандардна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H_T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.414                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.40                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.26                       |
| ПНТ   |    | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цементна кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 2 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm | 0.47                       |
| МТ  |  | даске 2.4 cm,<br>дрвене тавањаче 10/12 cm на 80 cm/<br>термоизолација 10 cm,<br>гипс-картонске плоче 1.25 cm                               | 0.25                       |
| Пр  |  | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет             | 1.50<br>(0.6)              |
| Вр  |  | Пуна дрвена врата  | 3.00                       |

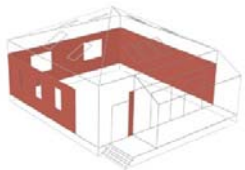
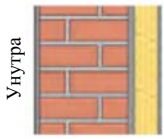

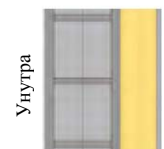

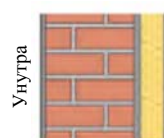
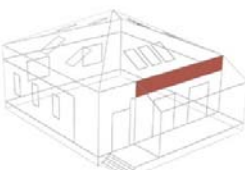
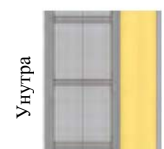
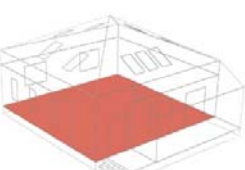
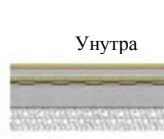


| <b>Ц1.1 М2 – амбициозна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.283                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.25                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 20 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.146                      |
| ПНТ   |    | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цементна кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm     | 0.34                       |
| МТ  |   | термоизолација 10 cm,<br>даске 2.4 cm,<br>дрвене тавањаче 10/12 cm на 80 cm/<br>термоизолација 10 cm,<br>гипс-картонске плоче 1.25 cm          | 0.17                       |
| Пр  |  | Пластични (PVC) рам са троструким застакљењем са испуном од племенитог гас, нискоемисиони стакло пакет - прозори сертификован иза пасивне куће | 0.80<br>(0.4)              |
| Вр  |  | Дрвена врата са термоизолационом испуном сертификована за пасивне куће   | 0.80                       |

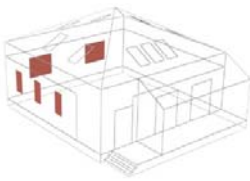

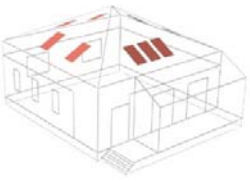

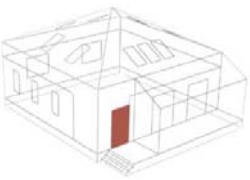
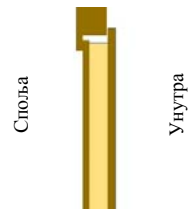
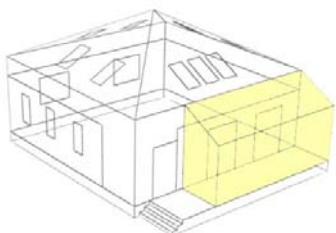
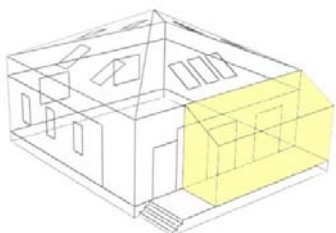
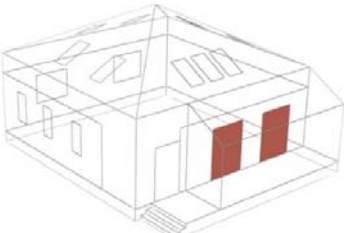
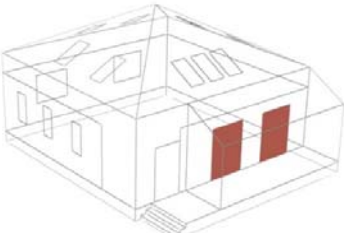


**Ц1.1 М3 – комплексна обнова – геометријске карактеристике**

|   |      |
|---|------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 132  |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 366  |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 0.86 |

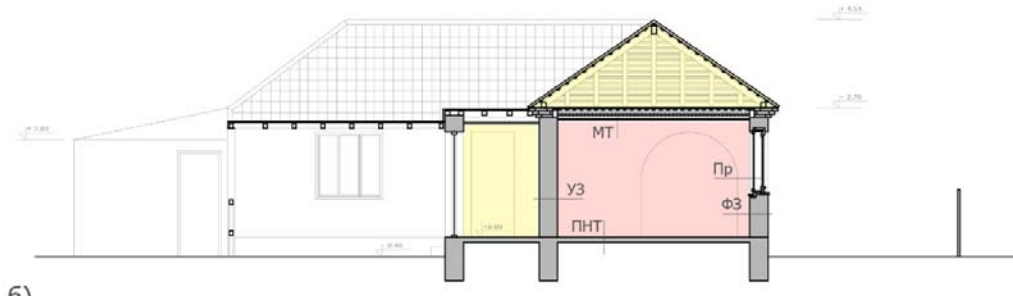


| <b>Ц1.1 М3 – комплексна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |  |                       |
|---|---|--|--|-----------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  |  | 0.369                 |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  |  | 0.33                  |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа   | Опис склопа  | U [ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |    | <br>Унутра<br>Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.24                  |
| Ф32   |    | <br>Унутра<br>Споља   | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.19                  |
| У31   |   | <br>Унутра<br>Споља  | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.24                  |
| У32   |  | <br>Унутра<br>Споља | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.19                  |
| ПНТ   |  | <br>Унутра<br>Споља | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 2 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm                                   | 0.44                  |
| КК  |  | <br>Споља<br>Унутра | жлебљени цреп, летве<br>тер папир, даске 2 cm<br>рог 10/14 cm/<br>термоизолација 14 cm,<br>додатна термоизолација<br>16 cm, ПЕ фолија<br>гипс-картонске плоче<br>1.25 cm | 0.14                  |

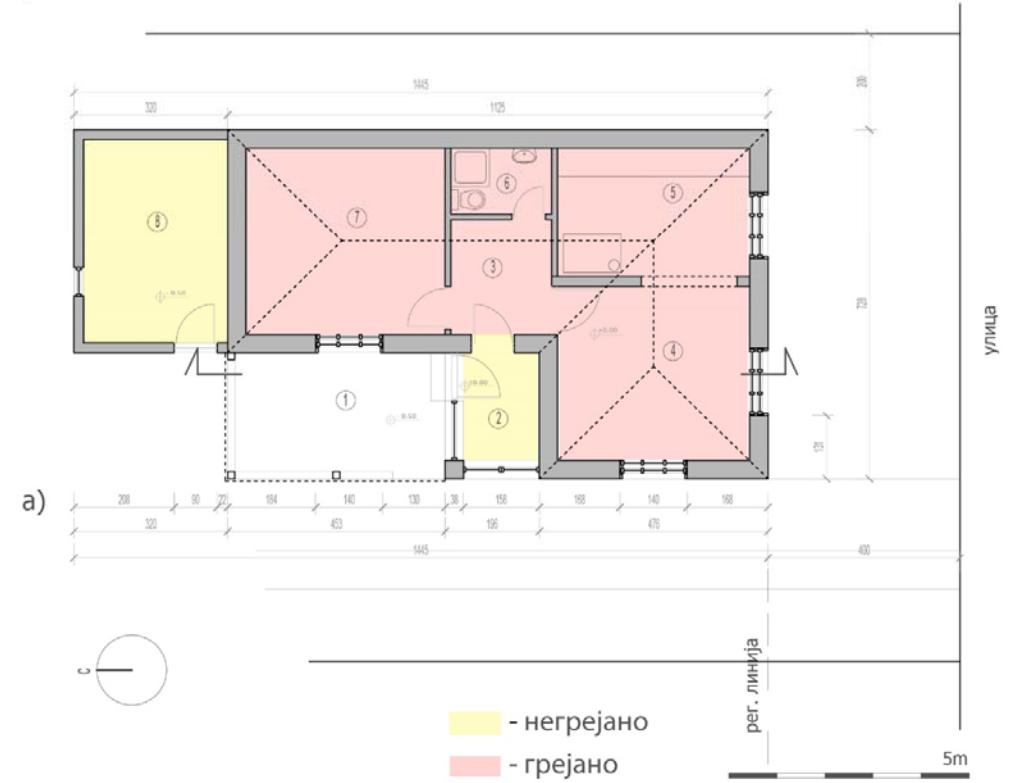
|   |   |   |  |               |
|---|---|---|--|---------------|
| Пр  |  |    | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет | 1.20<br>(0.6) |
| Прк   |  |    | дрвени кровни прозори, са двоструким застакљењем и испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет                      | 1.20<br>(0.6) |
| Вр  |  |    | Изолована дрвена врата   | 1.50          |
| <b>СТАКЛЕНИК</b>  |   |   |  |               |
|   |   | Површина (Ac) = 12.6 m <sup>2</sup>   |  |               |
|   |   | Омотач - застакљење: Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, прозирно стакло (U=1.80 W/m <sup>2</sup> K, g=0.71)                               |  |               |
|  |   | Отвори ка стакленику (Пр)   |  |               |
|  |   | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет (U=1.20 W/m <sup>2</sup> K, g=0.6) |  |               |

### Ц1.2 М0 – постојеће стање – геометријске карактеристике

|   |      |
|---|------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 51.4 |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 168  |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 1.35 |




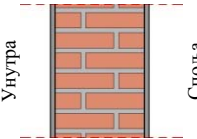
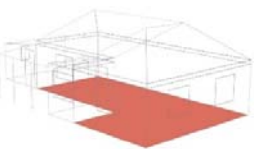

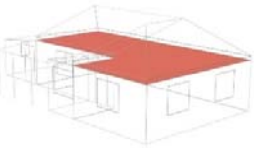
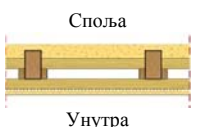
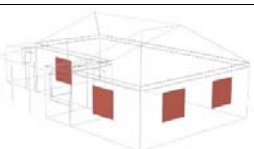
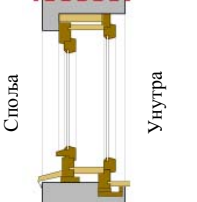
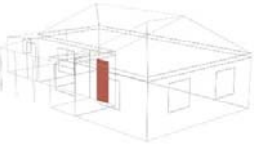
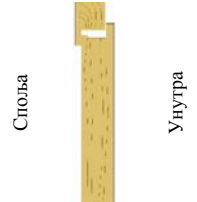
б)

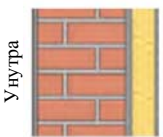






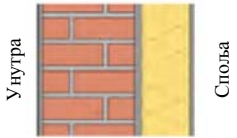
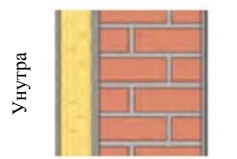
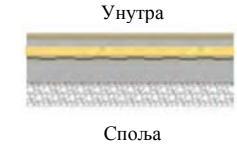


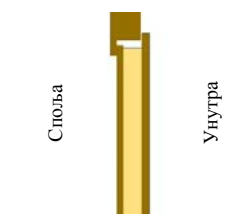
а)

а) основа приземља б) пресек

легенда ознака просторија: 1 - трем, 2 - улаз, 3 - ходник, 4 - дневни боравак, 5 – кухиња, 6 – купатило, 7 - соба, 8 - остава

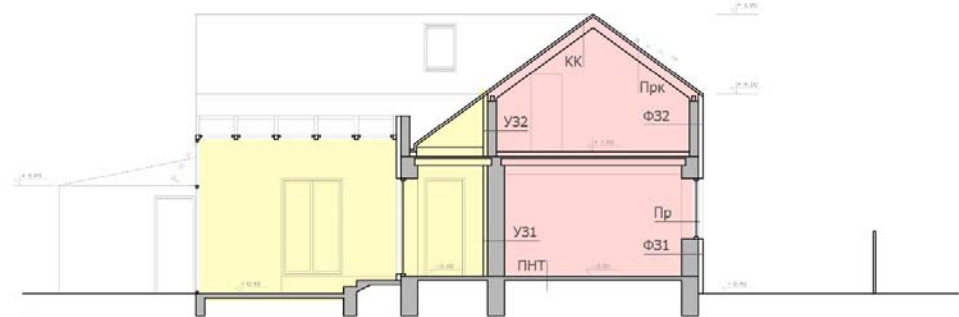
| <b>Ц1.2 М0 – постојеће стање – карактеристике термичког омотача</b>         |   |   |   |                            |
|---|---|---|---|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H_T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |   |   | 0.93                       |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |   |   | 1.04                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа  | Опис склопа   | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    |    | малтер 2 см,<br>зид од опеке 38 см,<br>малтер 3 см  | 1.27                       |
| ПНТ   |    |    | паркет у асфалту 2.2 см,<br>цем. кошуљица 5 см,<br>хидроизолација 1 см,<br>набијени бетон 10 см,<br>шљунак 10 см                | 0.73                       |
| МТ  |   |   | набијена земља 6 см,<br>дрвене тавањаче 10/12<br>см на 80 см/ блато +<br>дрвене летве + слој<br>ваздуха,<br>тршчани плафон 5 см | 0.77                       |
| Пр  |  |  | Дрвени, двоструки са<br>размакнутиим крилима<br>(широка кутија) и<br>једноструким стаклом,<br>дрвена ролетна                    | 3.50<br>(0.8)              |
| Вр  |  |  | Пуна дрвена врата   | 3.00                       |

| <b>Ц1.2 М1 – стандардна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H_T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.409                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.46                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |  Унутра<br>Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.26                       |
| ПНТ   |  Унутра<br>Споља   | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цементна кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 2 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm | 0.53                       |
| МТ  |  Споља<br>Унутра | термоизолација 8 cm,<br>даске 2.4 cm, дрвене тавањаче 10/12 cm<br>на 80 cm/ термоизолација 12 cm,<br>гипс-картонске плоче 1.25 cm          | 0.18                       |
| Пр  |  Споља<br>Унутра | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет             | 1.50<br>(0.6)              |
| Вр  |  Споља<br>Унутра | Пуна дрвена врата  | 3.00                       |

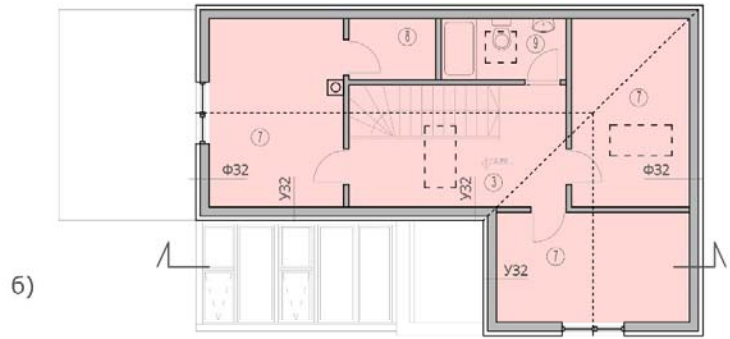
| <b>Ц1.2 М2 – амбициозна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |   |                            |
|---|---|---|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |   | 0.26                       |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |   | 0.24                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа   | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 20 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.146                      |
| УЗ  |    | малтер 1 cm,<br>малтер 2 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm   | 0.25                       |
| ПНТ   |   | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цементна кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm              | 0.37                       |
| МТ  |  | термоизолација 18 cm,<br>даске 2.4 cm, дрвене тавањаче 10/12 cm<br>на 80 cm/ термоизолација 12 cm,<br>гипс-картонске плоче 1.25 cm                      | 0.11                       |
| Пр  |  | Пластични (PVC) рам са троструким<br>застакљењем са испуном од племенитог гас,<br>нискоемисиони стакло пакет - прозори<br>сертификован иза пасивне куће | 0.80<br>(0.4)              |
| Вр  |  | Изолована дрвена врата  | 1.50                       |

**Ц1.2 М3 – комплексна обнова – геометријске карактеристике**

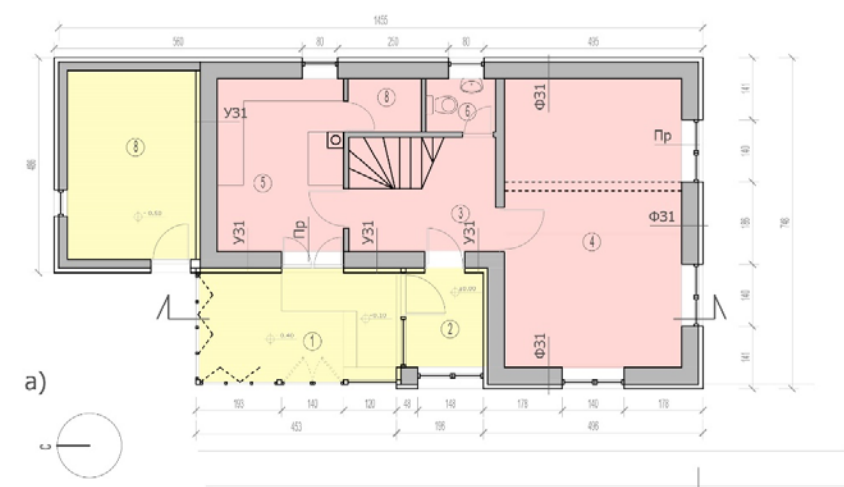
|   |       |
|---|-------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 102   |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 369.8 |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 0.94  |



в)



б)



а)

- негрејано  
 - грејано

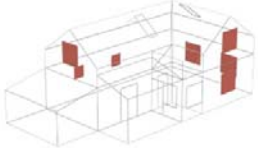



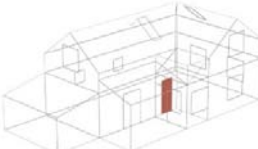
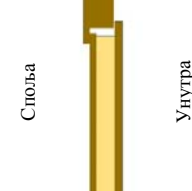
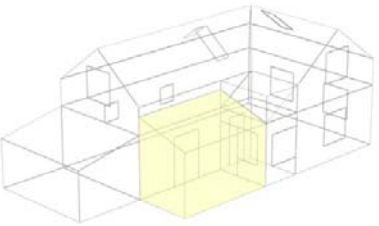
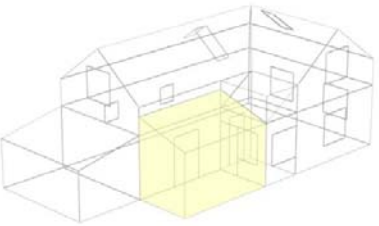




а) основа приземља б) основа поткровља в) пресек

легенда ознака просторија: 1 - трем/стакленик, 2 - улаз, 3 - ходник, 4 - дневни боравак, 5 – кухиња, 6 – купатило, 7 - соба, 8 - остава

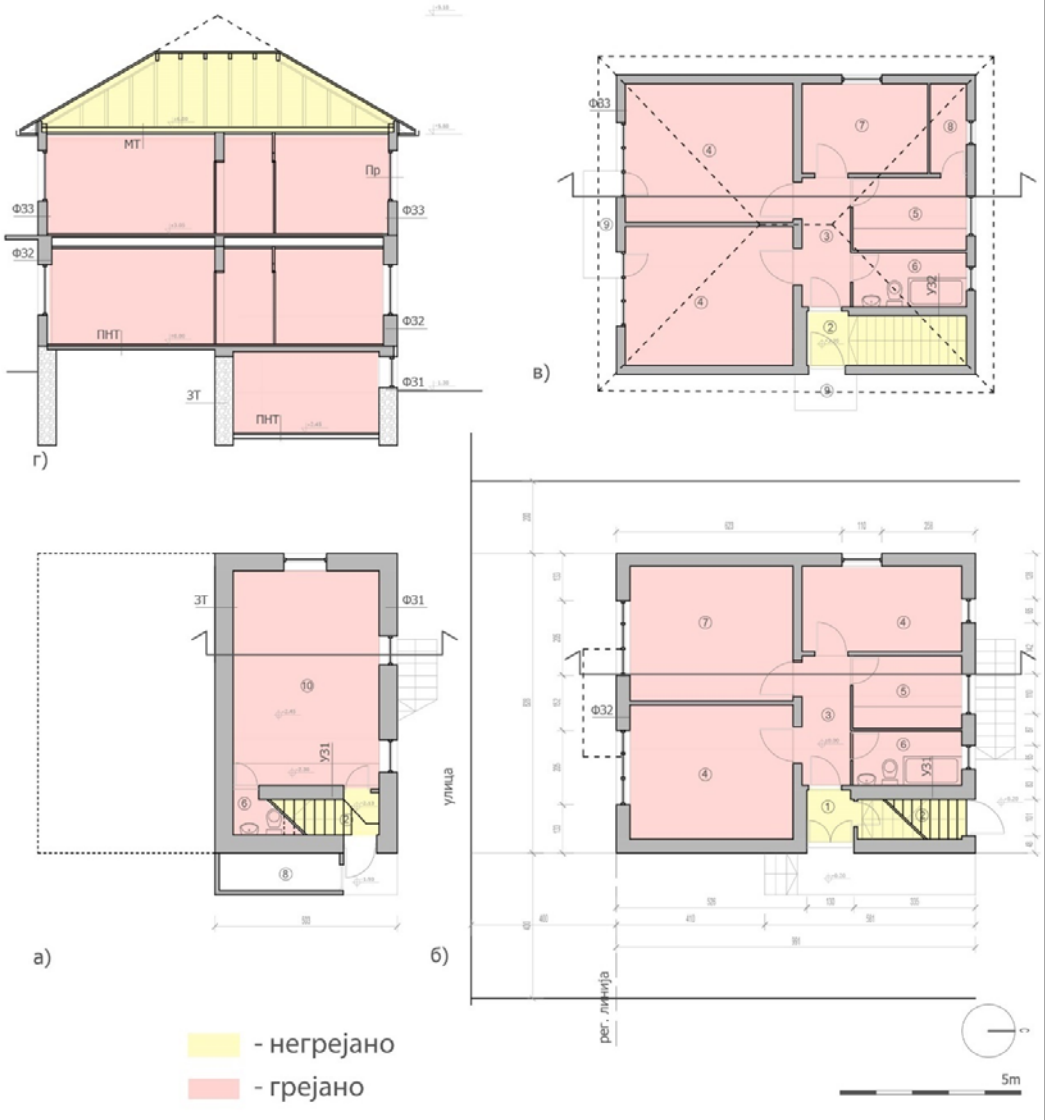


| <b>Ц1.2 М3 – комплексна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |                      |                     |   |                            |
|---|----------------------|---------------------|---|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |                      |                     |   | 0.312                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |                      |                     |   | 0.26                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције | Илустрација склопа  | Опис склопа   | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |                      | <br>Унутра<br>Споља | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.24                       |
| Ф32   |                      | <br>Унутра<br>Споља | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.19                       |
| У31   |                      | <br>Унутра<br>Споља | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.24                       |
| У32   |                      | <br>Унутра<br>Споља | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.19                       |
| ПНТ   |                      | <br>Унутра<br>Споља | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 2 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm                                  | 0.23                       |
| КК  |                      | <br>Споља<br>Унутра | жлебљени цреп, летве<br>тер папир, даске 2 cm<br>рог 10/14 cm/<br>термоизолација 14 cm,<br>додатна термоизолација<br>16 cm, ПЕ фолија<br>гипскартонске плоче 1.25<br>cm | 0.14                       |

|   |   |   |  |               |
|---|---|---|--|---------------|
| Пр  |  |    | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет | 1.20<br>(0.6) |
| Прк   |  |    | дрвени кровни прозори, са двоструким застакљењем и испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет                      | 1.20<br>(0.6) |
| Вр  |  |    | Изолована дрвена врата   | 1.50          |
| <b>СТАКЛЕНИК</b>  |   |   |  |               |
|   |   | Површина (Ac) = 11.4 m <sup>2</sup>   |  |               |
|   |   | Омотач - застакљење: Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, прозирно стакло (U=1.80 W/m <sup>2</sup> K, g=0.71)                               |  |               |
|  |   | Отвори ка стакленику (Пр)   |  |               |
|  |   | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет (U=1.20 W/m <sup>2</sup> K, g=0.6) |  |               |


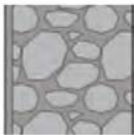

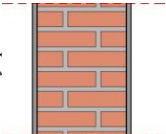


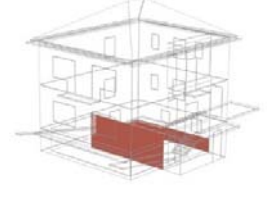


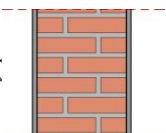
### Ц1.3 М0 – постојеће стање – геометријске карактеристике


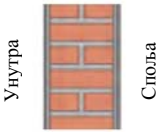
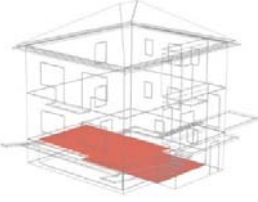



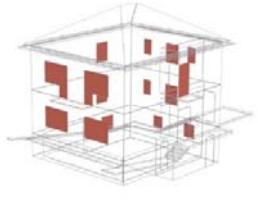
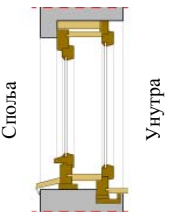
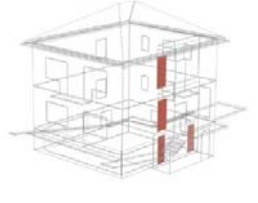
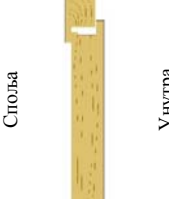
|   |      |
|---|------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 145  |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 545  |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 0.81 |

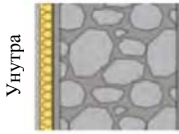
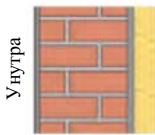
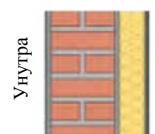
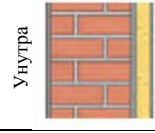
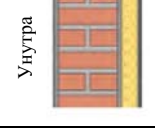


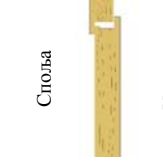


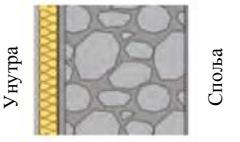
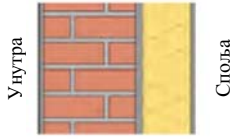
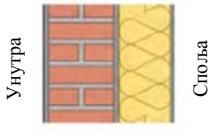

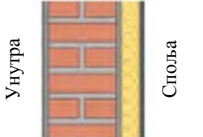
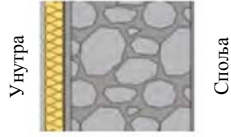
а) основа сутерена б) основа приземља в) основа спрата г) пресек

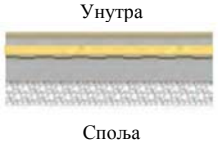


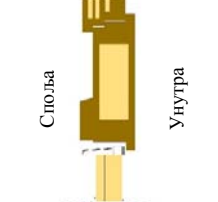
легенда ознака просторија: 1 - улаз, 2 - степениште, 3 - ходник, 4 - соба, 5 – кухиња, 6 – купатило, 7 - дневни боравак/трпезарија, 8 - остава, 9 - тераса, 10 - соба са кухињом

| <b>Ц1.3 М0 – постојеће стање – карактеристике термичког омотача</b>         |   |  |  |                            |
|---|---|--|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  |  | 1.173                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  |  | 1.24                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа   | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |    | Унутра  Споља   | малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm                | 1.57                       |
| Ф32   |    | Унутра  Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm | 1.27                       |
| Ф33   |   | Унутра  Споља | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm | 1.70                       |
| ЗТ  |  | Унутра  Споља | малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm                | 0.80                       |
| У31   |  | Унутра  Споља | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm | 1.14                       |

|     |   |   |   |               |
|-----|---|---|---|---------------|
| УЗ2 |    |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm  | 1.47          |
| ПНТ |    |    | паркет у асфалту 2.2 cm,<br>цем. кошуљица 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm      | 0.52          |
| МТ  |    |    | набијена земља 10 cm,<br>даске 2 cm,<br>дрвене тавањаче<br>14/20 cm на 80 cm/<br>ваздух 20 cm,<br>тршчани плафон 5 cm | 0.71          |
| Пр  |   |   | Дрвени, двоструки са<br>размакнутиим крилима<br>(широка кутија) и<br>једноструким стаклом,<br>дрвена ролетна          | 3.50<br>(0.8) |
| Вр  |  |  | Пуна дрвена врата   | 3.00          |

| <b>Ц1.3 М1 – стандардна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                       |
|---|---|--|-----------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.46                  |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.48                  |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | U [ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |  Унутра<br>Споља   | гипс-картонска плоча 1.25 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm   | 0.45                  |
| Ф32   |  Унутра<br>Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.26                  |
| Ф33   |  Унутра<br>Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.28                  |
| У31   |  Унутра<br>Споља  | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.44                  |
| У32   |  Унутра<br>Споља | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.48                  |
| МТ  |  Унутра<br>Споља | набијена земља 10 cm,<br>даске 2 cm,<br>дрвене тавањаче<br>14/20 cm на 80 cm/<br>термоизолација 20 cm,<br>гипс-картонска плоча 1.25 cm | 0.23                  |
| Пр  |  Споља<br>Унутра | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет         | 1.50<br>(0.6)         |
| Вр  |  Споља<br>Унутра | Пуна дрвена врата  | 3.00                  |

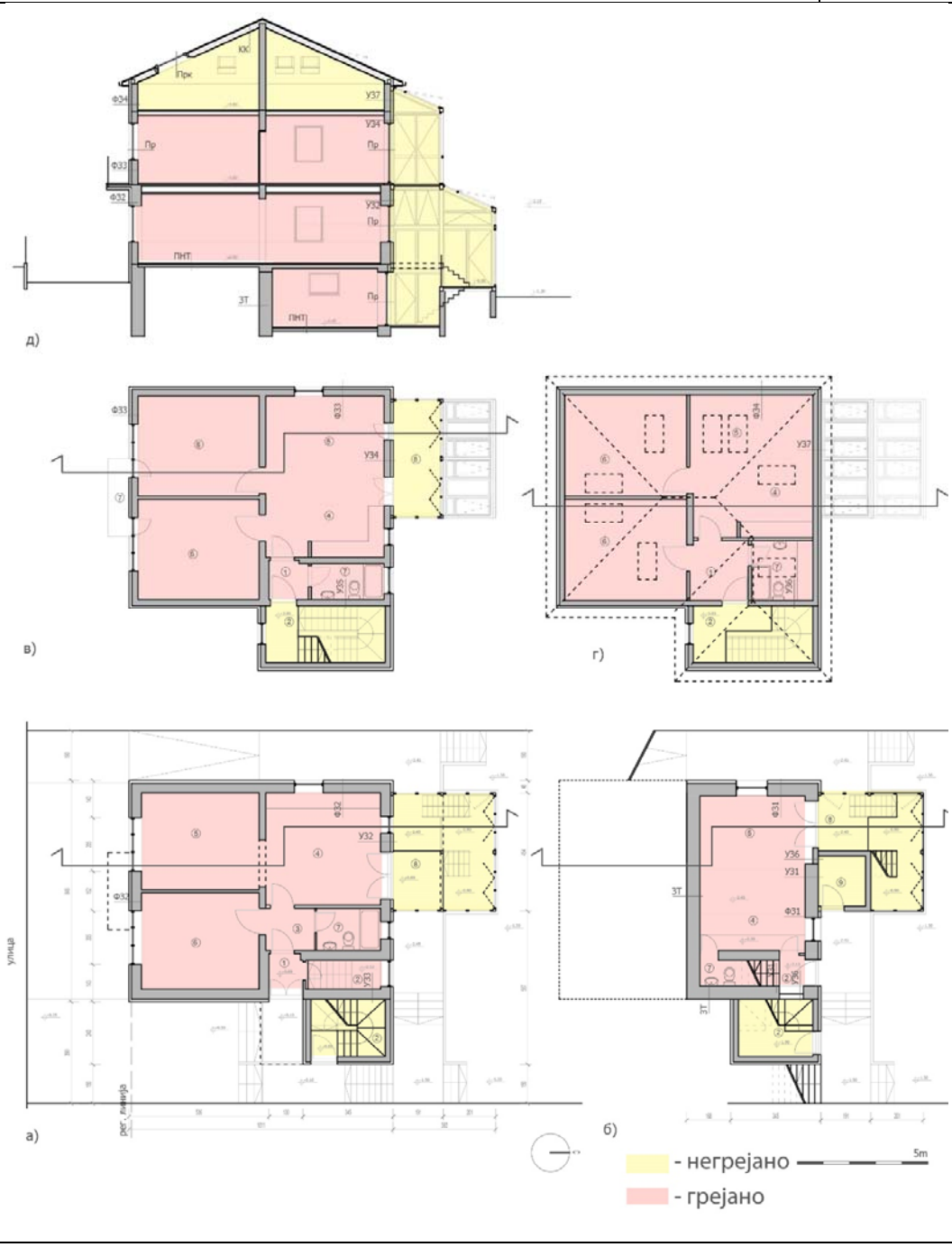
| <b>Ц1.3 М2 – амбициозна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.29                       |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.25                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |    | гипс-картонска плоча 1.25 cm,<br>термоизолација 8 cm,<br>малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm | 0.32                       |
| Ф32   |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 20 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.146                      |
| Ф33   |   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 20 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.15                       |
| У31   |  | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 8 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.30                       |
| У32   |  | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 8 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.32                       |
| ЗТ  |  | гипс-картонска плоча 1.25 cm,<br>термоизолација 8 cm,<br>малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm | 0.24                       |

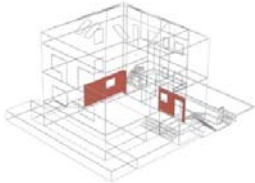
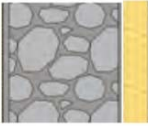



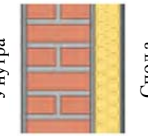

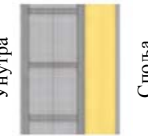

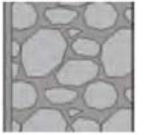


|     |   |   |               |
|-----|---|---|---------------|
| ПНТ |    | <p>паркет у лепку 2.2 cm,<br/>цементна кошуљица 3 cm,<br/>термоизолација 5 cm,<br/>хидроизолација 1 cm,<br/>набијени бетон 10 cm,<br/>шљунак 10 cm</p>            | 0.33          |
| МТ  |    | <p>термоизолација 10 cm,<br/>даске 2 cm,<br/>дрвене тавањаче<br/>14/20 cm на 80 cm/<br/>термоизолација 20 cm,<br/>гипс-картонска плоча 1.25 cm</p>                | 0.12          |
| Пр  |    | <p>Пластични (PVC) рам са троструким<br/>застакљењем са испуном од племенитог гас,<br/>нискоемисиони стакло пакет - прозори<br/>сертификован иза пасивне куће</p> | 0.80<br>(0.4) |
| Вр  |  | <p>Дрвена врата са термоизолационом испуном<br/>сертификована за пасивне куће</p>   | 0.80          |



### Ц1.3 М3 – комплексна обнова – геометријске карактеристике

|   |        |
|---|--------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 231.6  |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 784.72 |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 0.64   |



| <b>Ц1.3 М3 – комплексна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |   |                            |
|---|---|--|---|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H_T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  |   | 0.40                       |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  |   | 0.44                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа   | Опис склопа   | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |    | Унутра  Споља   | малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm                | 0.25                       |
| Ф32   |    | Унутра  Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm | 0.24                       |
| Ф33   |   | Унутра  Споља  | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm | 0.25                       |
| Ф34   |  | Унутра  Споља | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm            | 0.19                       |
| У31   |  | Унутра  Споља | малтер 3 cm,<br>зид од камена 50 cm   | 1.37                       |
| У32   |  | Унутра  Споља | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm | 0.24                       |

|     |  |  |  |      |
|-----|--|--|--|------|
| У33 |  |  | малтер 2 см,<br>зид од опеке 25 см,<br>малтер 3 см   | 1.24 |
| У34 |  |  | малтер 2 см,<br>зид од опеке 25 см,<br>малтер 3 см,<br>термоизолација 12 см,<br>малтер 1 см  | 0.25 |
| У35 |  |  | малтер 2 см,<br>зид од опеке 25 см,<br>малтер 3 см   | 1.57 |
| У36 |  |  | малтер 2 см,<br>гас-бетонски блок 20 см,<br>малтер 1 см  | 0.54 |
| У37 |  |  | малтер 2 см,<br>гас-бетонски блок 20 см,<br>термоизолација 12 см,<br>малтер 1 см   | 0.19 |
| ЗТ  |  |  | гипс-картонска плоча<br>1.25 см,<br>термоизолација 5 см,<br>малтер 3 см,<br>зид од камена 50 см  | 0.36 |
| ПНТ |  |  | паркет у лепку 2.2 см,<br>цем. кошуљица 3 см,<br>термоизолација 5 см,<br>хидроизолација 1 см,<br>набијени бетон 10 см,<br>шљунак 10 см | 0.33 |

|                  |   |   |               |
|------------------|---|---|---------------|
| КК               |   | жљебљени цреп, летве тер папир, даске 2 cm<br>рог 10/14 cm/<br>термоизолација 14 cm,<br>додатна термоизолација<br>16 cm, ПЕ фолија<br>гипс-картонске плоче<br>1.25 cm | 0.14          |
| Пр               |   | Алуминијумски рам са<br>побољшаним термо<br>прекидом, двоструко<br>застакљење са испуном<br>од племенитог гаса,<br>нискоемисиони стакло<br>пакет                      | 1.20<br>(0.6) |
| Прк              |   | дрвени кровни прозори,<br>са двоструким<br>застакљењем и испуном<br>од племенитог гаса,<br>нискоемисиони стакло<br>пакет  | 1.20<br>(0.6) |
| Вр               |   | Изолована дрвена врата  | 1.50          |
| <b>СТАКЛЕНИК</b> |   |   |               |
|                  | Површина (Ac) = 26.44 m <sup>2</sup>  |   |               |
|                  | Омотач - застакљење: Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, прозирно стакло (U=1.80 W/m <sup>2</sup> K, g=0.71)                               |   |               |
|                  | Отвори ка стакленику (Пр)   |   |               |
|                  | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет (U=1.20 W/m <sup>2</sup> K, g=0.6) |   |               |


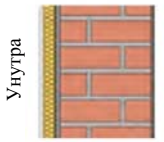




| <b>Ц2.1 М0 – постојеће стање – геометријске карактеристике</b> |      |
|--|------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ]                    | 120  |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]                        | 504  |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]                         | 1.02 |

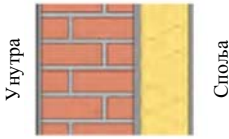

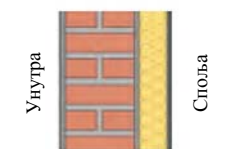
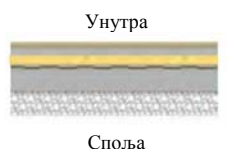


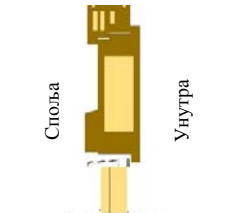


а) основа приземља б) попречни пресек в) подужни пресек

легенда ознака просторија: 1- улаз (ајнфорт), 2- ходник, 3- соба, 4 - веранда, 5 – купатило, 6 – кухиња са трпезаријом/дневни боравак, 7 - остава, 8 – помоћне просторије, 9 - двориште

| <b>Ц2.1 М0 – постојеће стање – карактеристике термичког омотача</b>         |                      |                    |  |                            |
|---|----------------------|--------------------|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H_T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |                      |                    |  | 0.895                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |                      |                    |  | 0.99                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције | Илустрација склопа | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |                      |                    | малтер 2 см,<br>зид од опеке 38 см,<br>малтер 3 см   | 1.27                       |
| ДЗ  |                      |                    | малтер 2 см,<br>зид од опеке 38 см   | 1.23                       |
| УЗ  |                      |                    | малтер 2 см,<br>зид од опеке 25 см,<br>малтер 3 см   | 1.45                       |
| ПНТ   |                      |                    | паркет у асфалту 2.2 см,<br>цем. кошуљица 5 см,<br>хидроизолација 1 см,<br>набијени бетон 10 см,<br>шљунак 10 см | 0.60                       |
| МТ  |                      |                    | даске 2 см,<br>дрвене греде 16/20 см<br>на 90 см/ ваздух 20 см,<br>тршчани плафон 5 см                           | 0.66                       |
| Пр  |                      |                    | Дрвени, двоструки са<br>размакнутиим крилима<br>(широка кутија) и<br>једноструким стаклом,<br>дрвена ролетна     | 3.50<br>(0.8)              |
| Вр  |                      |                    | Пуна дрвена врата  | 3.00                       |

| <b>Ц2.1 М1 – стандардна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                       |
|---|---|--|-----------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H_T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.428                 |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.45                  |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | U [ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.26                  |
| ДЗ  |    | гипс-картонске плоче 1.25 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm  | 0.42                  |
| ПНТ   |   | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цементна кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 2 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm | 0.41                  |
| МТ  |  | даске 2 cm,<br>дрвене греде 16/20 cm на 90 cm/<br>термоизолација 20 cm,<br>гипс-картонске плоче 1.25 cm                                    | 0.23                  |
| Пр  |  | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет             | 1.50<br>(0.6)         |
| Вр  |  | Изолована дрвена врата   | 1.50                  |

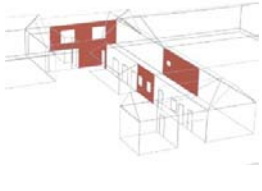
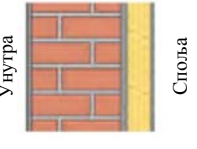
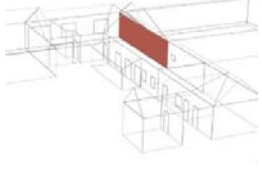
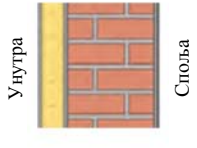
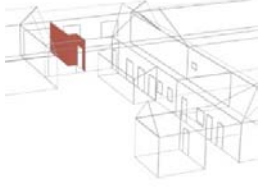

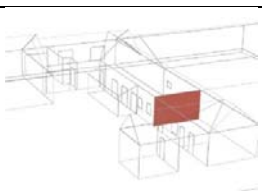
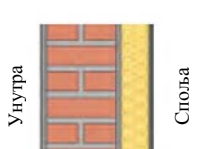
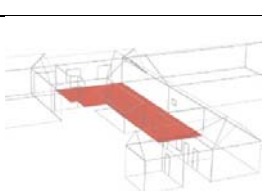
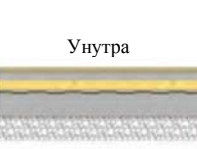
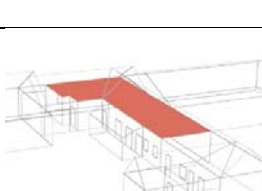

| <b>Ц2.1 М2 – амбициозна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |  |  |                            |
|---|--|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |  |  | 0.274                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |  |  | 0.24                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа   | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |  Унутра Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 20 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.146                      |
| ДЗ  |  Унутра Споља   | гипс-картонске плоче 1.25 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm   | 0.25                       |
| УЗ  |  Унутра Споља   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 2 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.27                       |
| ПНТ   |  Унутра Споља | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цементна кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm     | 0.33                       |
| МТ  |  Споља Унутра | термоизолација 10 cm,<br>даске 2 cm,<br>дрвене греде 16/20 cm на 90 cm/<br>термоизолација 20 cm,<br>гипс-картонске плоче 1.25 cm               | 0.135                      |
| Пр  |  Споља Унутра | Пластични (PVC) рам са троструким застакљењем са испуном од племенитог гас, нискоемисиони стакло пакет - прозори сертификован иза пасивне куће | 0.80<br>(0.4)              |
| Вр  |  Споља Унутра | Дрвена врата са термоизолационом испуном сертификована за пасивне куће   | 0.80                       |

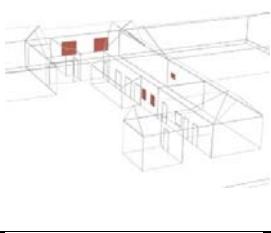

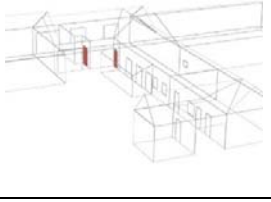
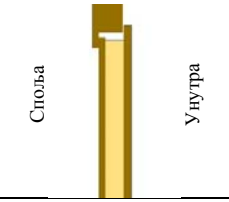
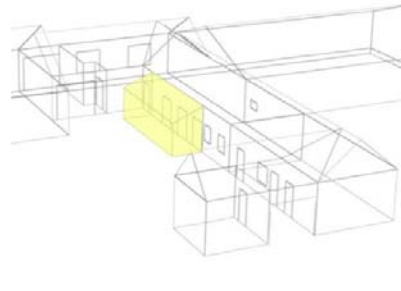
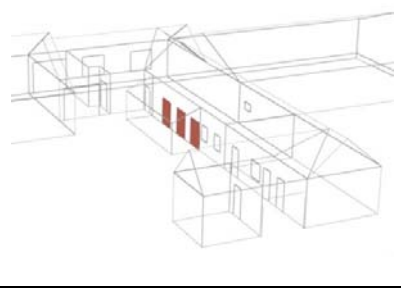




### Ц1.2 М3 – комплексна обнова – геометријске карактеристике

|   |      |
|---|------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 120  |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 504  |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 1.01 |

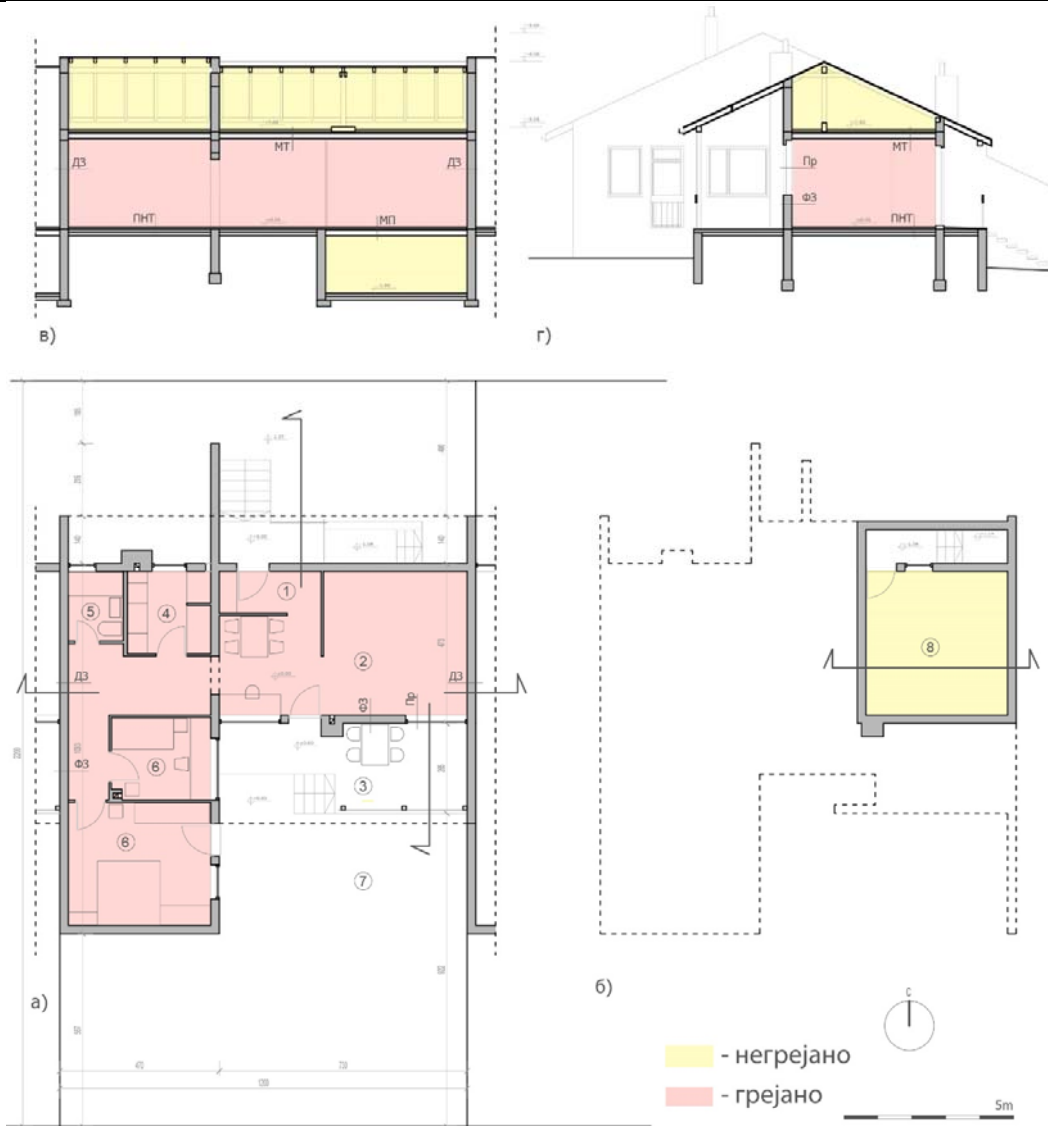


| <b>Ц2.1 М3 – комплексна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |   |  |                            |
|---|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |   |  | 0.305                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |   |  | 0.29                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |    |    | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.24                       |
| ДЗ  |    |    | гипс-картонске плоче<br>1.25 cm,<br>термоизолација 8 cm,<br>малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm   | 0.30                       |
| У31   |   |   | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 38 cm,<br>малтер 3 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.24                       |
| У32   |  |  | малтер 2 cm,<br>зид од опеке 25 cm,<br>малтер 2 cm,<br>термоизолација 10 cm,<br>малтер 1 cm  | 0.27                       |
| ПНТ   |  |  | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm | 0.33                       |
| МТ  |  |  | термоизолација 10 cm,<br>даске 2 cm,<br>дрвене греде 16/20 cm на<br>90 cm/<br>термоизолација 20 cm,<br>гипс-картонске плоче<br>1.25 cm | 0.135                      |

|   |   |   |  |               |
|---|---|---|--|---------------|
| Пр  |  |    | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет | 1.20<br>(0.6) |
| Вр  |  |    | Иzolована дрвена врата   | 1.50          |
| <b>СТАКЛЕНИК</b>  |   |   |  |               |
|   |   | Површина (Ac) = 19.5 m <sup>2</sup>   |  |               |
|  |   | Омотач - застакљење: Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, прозирно стакло (U=1.80 W/m <sup>2</sup> K, g=0.71)                               |  |               |
|  |   | Отвори ка стакленику (Пр)   |  |               |
|  |   | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет (U=1.20 W/m <sup>2</sup> K, g=0.6) |  |               |


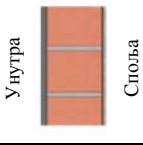
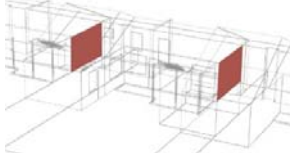
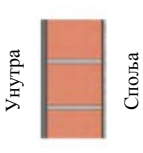
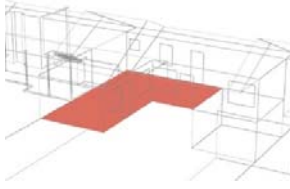

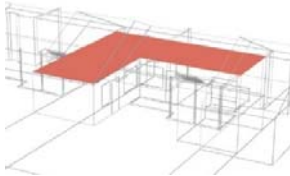
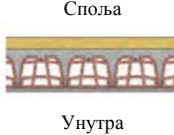
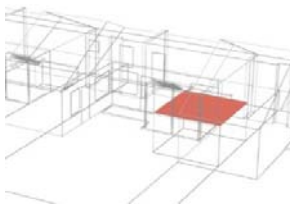

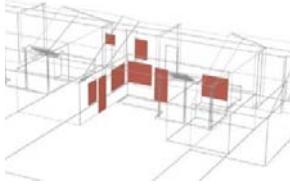
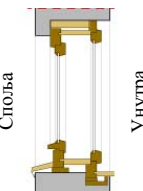
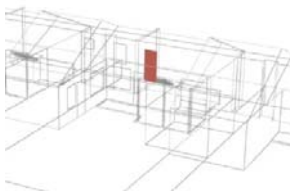
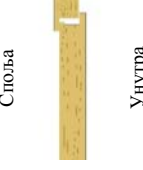
### Ц2.2 М0 – постојеће стање – геометријске карактеристике


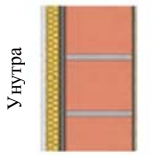



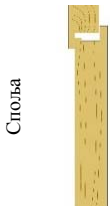
|   |       |
|---|-------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 73.5  |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 252.5 |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 1.22  |


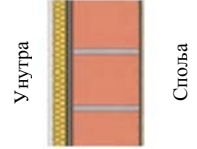
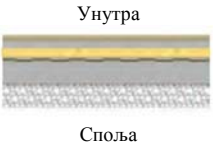

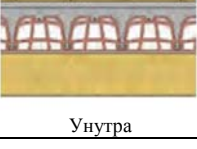

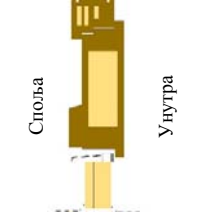


а) основа приземља б) основа подрума в) подужни пресек г) попречни пресек

легенда ознака просторија: 1- улаз, 2- дневни боравак, 3 - веранда, 4 - кухиња, 5 – купатило, 6 – соба, 7 - двориште, 8 – подрум

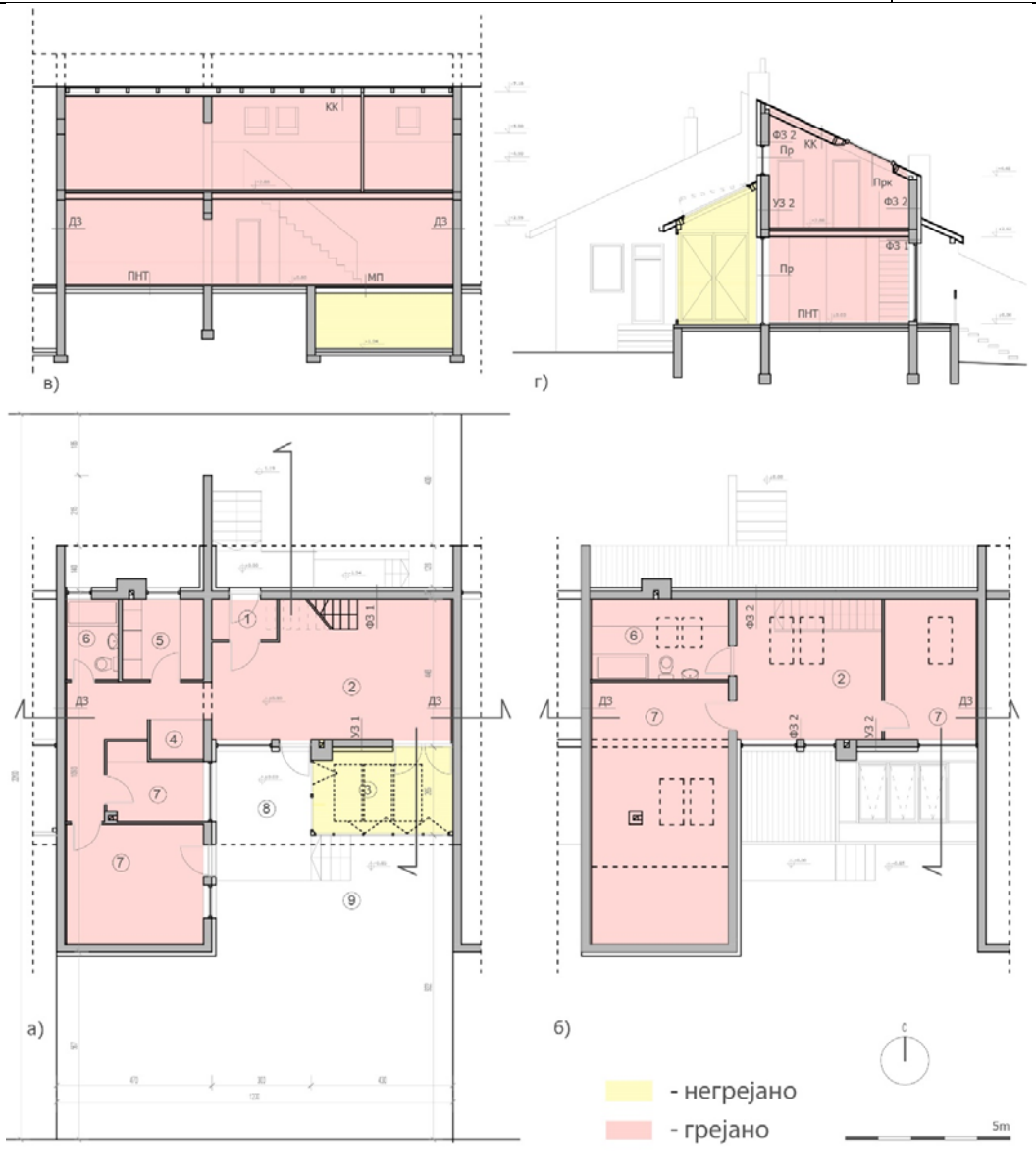
| <b>Ц2.2 М0 – постојеће стање – карактеристике термичког омотача</b>         |   |   |   |                            |
|---|---|---|---|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |   |   | 1.457                      |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |   |   | 1.65                       |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа  | Опис склопа   | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    |    | малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm   | 1.49                       |
| ДЗ  |    |    | малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm   | 1.40                       |
| ПНТ   |    |    | паркет на битумену<br>2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm | 0.85                       |
| МТ  |  |  | блато са плевом 6 cm,<br>ТМЗ таваница 20 cm,<br>малтер 2 cm   | 2.17                       |
| МП  |  |  | паркет на битумену<br>2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>ТМЗ таваница 20 cm  | 1.54                       |
| Пр  |  |  | Дрвени, двоструки са<br>размакнутиим крилима<br>(широка кутија) и<br>једноструким стаклом,<br>дрвени капци          | 3.50<br>(0.8)              |
| Вр  |  |  | Пуна дрвена врата   | 3.00                       |

| <b>Ц2.2 М1 – стандардна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.44                       |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.49                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    | малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm,<br>термоизолација 20 cm,<br>малтер 1 cm                                     | 0.15                       |
| ДЗ  |    | гипс-картонске плоче 1.25 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm                     | 0.44                       |
| МТ  |   | термоизолација 10 cm,<br>ТМ3 таваница 20 cm,<br>малтер 2 cm  | 0.29                       |
| МР  |  | паркет на битумену<br>2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>ТМ3 таваница 20 cm,<br>термоизолација 10 cm                              | 0.27                       |
| Пр  |  | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет | 1.50<br>(0.6)              |
| Вр  |  | Пуна дрвена врата  | 3.00                       |

| <b>Ц2.2 М2 – амбициозна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |  | 0.29                       |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |  | 0.25                       |
| Ознака позиције   | Илустрација склопа  | Опис склопа  | $U$<br>[ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| ФЗ  |    | малтер 2 см,<br>гитер опека 25 см,<br>малтер 2 см,<br>термоизолација 20 см,<br>малтер 1 см   | 0.15                       |
| ДЗ  |    | гипс-картонске плоче 1.25 см,<br>термоизолација 5 см,<br>малтер 2 см,<br>гитер опека 25 см,<br>малтер 2 см                                     | 0.44                       |
| ПНТ   |   | паркет у лепку 2.2 см,<br>цементна кошуљица 3 см,<br>термоизолација 5 см,<br>хидроизолација 1 см,<br>набијени бетон 10 см,<br>шљунак 10 см     | 0.39                       |
| МТ  |  | термоизолација 20 см,<br>ТМ3 таваница 20 см,<br>малтер 2 см  | 0.10                       |
| МР  |  | паркет на битумену<br>2 см,<br>цем. кошуљица 3 см,<br>ТМ3 таваница 20 см,<br>термоизолација 20 см  | 0.15                       |
| Пр  |  | Пластични (PVC) рам са троструким застакљењем са испуном од племенитог гас, нискоемисиони стакло пакет - прозори сертификован иза пасивне куће | 0.80<br>(0.4)              |
| Вр  |  | Дрвена врата са термоизолационом испуном сертификована за пасивне куће   | 0.80                       |

### Ц2.2 М3 – комплексна обнова – геометријске карактеристике

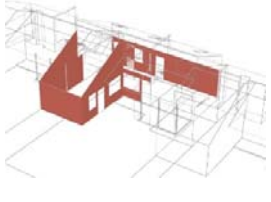
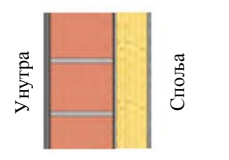

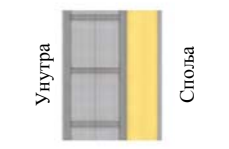
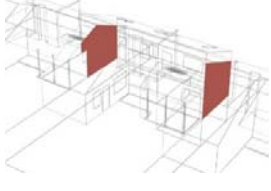
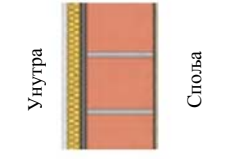
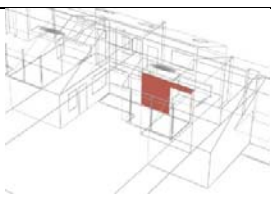
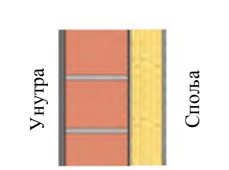
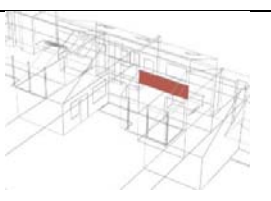
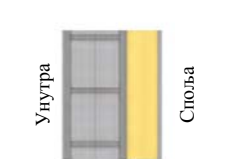
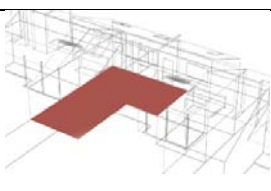
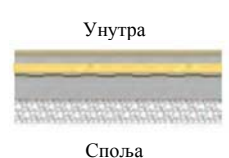
|   |       |
|---|-------|
| нето грејана површина (A) [m <sup>2</sup> ] | 148.7 |
| запремина омотача (V) [m <sup>3</sup> ]     | 450   |
| Фактор облика (A/V) [m <sup>-1</sup> ]      | 0.95  |



а) основа приземља б) основа поткровља в) попречни пресек г) подужни пресек

легенда ознака просторија: 1- улаз, 2- дневни боравак, 3 - стакленик, 4 - остава, 5 – кухиња, 6 - купатило, 7 – соба, 8 - веранда, 9 – двориште



| <b>Ц2.2 М3 – комплексна обнова – карактеристике термичког омотача</b>       |   |   |  |                       |
|---|---|---|--|-----------------------|
| Специфични трансмисиони губитак ( $H^T$ ) [ $W/m^2K$ ]                      |   |   |  | 0.383                 |
| Средња вредност коефицијента пролаза топлоте омотача ( $U_s$ ) [ $W/m^2K$ ] |   |   |  | 0.33                  |
| Ознака позиције   | Илустрација позиције  | Илустрација склопа  | Опис склопа  | U [ $W/m^2K$ ]<br>(g) |
| Ф31   |    |    | малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.23                  |
| Ф32   |    |    | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.19                  |
| ДЗ  |   |   | гипс-картонске плоче<br>1.25 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm                          | 0.44                  |
| У31   |  |  | малтер 2 cm,<br>гитер опека 25 cm,<br>малтер 2 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.23                  |
| У32   |  |  | малтер 2 cm,<br>гас-бетонски блок 20 cm,<br>термоизолација 12 cm,<br>малтер 1 cm   | 0.19                  |
| ПНТ   |  |  | паркет у лепку 2.2 cm,<br>цем. кошуљица 3 cm,<br>термоизолација 5 cm,<br>хидроизолација 1 cm,<br>набијени бетон 10 cm,<br>шљунак 10 cm | 0.39                  |

|   |   |   |  |               |
|---|---|---|--|---------------|
| МП  |    | <p>Споља</p>  <p>Унутра</p>  | <p>паркет на битумену<br/>2 cm,<br/>цем. кошуљица 3 cm,<br/>ТМЗ таваница 20 cm,<br/>термоизолација 10 cm</p>   | 0.27          |
| КК  |    | <p>Споља</p>  <p>Унутра</p>  | <p>жлебљени цреп, летве<br/>тер папир, даске 2 cm<br/>рог 10/14 cm/<br/>термоизолација 14 cm,<br/>додатна термоизолација<br/>16 cm, ПЕ фолија<br/>гипс-картонске плоче<br/>1.25 cm</p> | 0.14          |
| Пр  |    | <p>Споља</p>  <p>Унутра</p>  | <p>Алуминијумски рам са<br/>побољшаним термо<br/>прекидом, двоструко<br/>застакљење са испуном<br/>од племенитог гаса,<br/>нискоемисиони стакло<br/>пакет</p>                          | 1.20<br>(0.6) |
| Прк   |   |   | <p>дрвени кровни прозори,<br/>са двоструким<br/>застакљењем и испуном<br/>од племенитог гаса,<br/>нискоемисиони стакло<br/>пакет</p>   | 1.20<br>(0.6) |
| Вр  |  | <p>Споља</p>  <p>Унутра</p>  | <p>Изолована дрвена врата</p>  | 1.50          |
| <b>СТАКЛЕНИК</b>  |   |   |  |               |
|  |   | Површина (Ac) = 11.4 m <sup>2</sup>   |  |               |
|   |   | Омотач - застакљење: Алуминијумски рам са термо прекидом, двоструко застакљење, прозирно стакло (U=1.80 W/m <sup>2</sup> K, g=0.71)                               |  |               |
|  |   | Отвори ка стакленику (Пр)   |  |               |
|   |   | Алуминијумски рам са побољшаним термо прекидом, двоструко застакљење са испуном од племенитог гаса, нискоемисиони стакло пакет (U=1.20 W/m <sup>2</sup> K, g=0.6) |  |               |

## VII.2 ПРИЛОГ 2 – резултати прорачуна и симулација

### Тип Ц1.1

| <b>KnaufTerm Ц1.1</b>  | <b>Ц1.1.М0</b> | <b>Ц1.1.М1</b> | <b>Ц1.1.М2</b> | <b>Ц1.1.М3</b> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )  | 60.0           | 60.0           | 60.0           | 132.0          |
| грејани волумен (m <sup>3</sup> )  | 150.0          | 150.0          | 150.0          | 265.0          |
| <b>Потребна енергија за грејање (Qh,nd=Qt+Qv-Qi+Qsolh) [kWh]</b>                               | <b>14349.7</b> | <b>5844.2</b>  | <b>4072.1</b>  | <b>5636.9</b>  |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Qh,an) [kWh/m <sup>2</sup> a]                 | <b>239.2</b>   | <b>97.4</b>    | <b>67.9</b>    | <b>42.7</b>    |
| Енергетски разред  | <b>G</b>       | <b>D</b>       | <b>C</b>       | <b>C</b>       |
| <b>ЕНЕРГИЈА ПОТРЕБНА ЗА НАДОКНАЂИВАЊЕ ГУБИТАКА ТОПЛОТЕ [kWh]</b>                               |                |                |                |                |
| Трансмисиони (Qt)  | 14216.0        | 6049.5         | 4138.5         | 7030.0         |
| Вентилациони (Qv)  | 2993.8         | 1796.3         | 1496.9         | 2644.5         |
| <b>ГУБИЦИ ТОПЛОТЕ (Qt+Qv)</b>  | <b>17209.7</b> | <b>7845.7</b>  | <b>5635.4</b>  | <b>9674.5</b>  |
| <b>ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ У ГРЕЈНОЈ СЕЗОНИ (Qi+Qsolh) [kWh]</b>  | <b>2860.1</b>  | <b>2001.6</b>  | <b>1563.2</b>  | <b>4037.6</b>  |
| <b>ИНТЕРНИ (Qi)</b>  | <b>726.5</b>   | <b>726.5</b>   | <b>726.5</b>   | <b>1598.4</b>  |
| Људи (Qp)  | 151.2          | 151.2          | 151.2          | 332.6          |
| Ел.уређаји (Qel)   | 575.3          | 575.3          | 575.3          | 1265.8         |
| <b>УКУПНИ ГОДИШЊИ СОЛАРНИ ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ (QsolU) [kWh]</b>                                     | <b>6276.4</b>  | <b>3759.8</b>  | <b>2467.3</b>  | <b>7085.0</b>  |
| Укупни годишњи добици од стакленика  |                |                |                | 1702.2         |
| Укупни годишњи добици (директни и дифузни)   |                |                |                | 5382.8         |
| <b>Ван грејне сезоне (Qsolc)</b>   | <b>4142.9</b>  | <b>2484.8</b>  | <b>1630.6</b>  | <b>4645.8</b>  |
| Добици од стакленика ван грејне сезоне   |                |                |                | 1021.6         |
| Утицај добитака од стакленика (%)  |                |                |                | 22.0           |
| <b>У грејној сезони (Qsolh)</b>  | <b>2133.5</b>  | <b>1275.0</b>  | <b>836.7</b>   | <b>2439.2</b>  |
| Укупни добици (директни и дифузни) у грејној сезони  |                |                |                | 1850.7         |
| Неискоришћени добици у грејној сезони  |                |                |                | 92.2           |
| Добици од стакленика у грејној сезони  |                |                |                | 680.6          |
| Утицај добитака од стакленика у грејној сезони (%)   |                |                |                | 27.9           |
| <b>ЕСОТЕСТ - Ц1.1</b>  | <b>Ц1.1.М0</b> | <b>Ц1.1.М1</b> | <b>Ц1.1.М2</b> | <b>Ц1.1.М3</b> |
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )  | 60.0           | 60.0           | 60.0           | 132.0          |
| Потребна енергија за грејање (Qh,nd) [kWh]   | 11222.0        | 5622.7         | 3682.0         | 8412.0         |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Qh,an) [kWh/m <sup>2</sup> a]                 | <b>187.0</b>   | <b>93.7</b>    | <b>61.4</b>    | <b>63.7</b>    |
| Потребна енергија за хлађење (Qc,nd) [kWh]   | 205.0          | 373.3          | 407.0          | 929.0          |
| Годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Qh,nd) [kWh]                             | 9877.0         | 5040.5         | 3364.0         | 7711.0         |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Qh,an) [kWh/m <sup>2</sup> a] | <b>164.6</b>   | <b>84.0</b>    | <b>56.1</b>    | <b>58.4</b>    |

## Тип Ц1.2

| <b>KnauфTerm - Ц1.2</b>   | <b>Ц1.2.M0</b> | <b>Ц1.2.M1</b> | <b>Ц1.2.M2</b> | <b>Ц1.2.M3</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 51.4           | 51.4           | 51.4           | 102.0          |
| грејани волумен (m <sup>3</sup> )   | 129.0          | 129.0          | 129.0          | 249.0          |
| <b>Потребна енергија за грејање (Q<sub>h,nd</sub>=Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>-Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b> | <b>12786.7</b> | <b>5433.9</b>  | <b>3589.3</b>  | <b>5302.3</b>  |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>248.8</b>   | <b>105.7</b>   | <b>69.8</b>    | <b>52.0</b>    |
| Енергетски разред   | <b>G</b>       | <b>D</b>       | <b>C</b>       | <b>C</b>       |
| <b>ЕНЕРГИЈА ПОТРЕБНА ЗА НАДОКНАЌИВАЊЕ ГУБИТАКА ТОПЛОТЕ [kWh]</b>  |                |                |                |                |
| Трансмисиони (Q <sub>t</sub> )  | 12694.0        | 5592.3         | 3632.4         | 6281.4         |
| Вентилациони (Q <sub>v</sub> )  | 2574.6         | 1544.8         | 1287.3         | 2484.8         |
| <b>ГУБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>)</b>   | <b>15268.6</b> | <b>7137.1</b>  | <b>4919.7</b>  | <b>8766.2</b>  |
| <b>ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ У ГРЕЈНОЈ СЕЗОНИ (Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b>   | <b>2481.9</b>  | <b>1703.2</b>  | <b>1330.4</b>  | <b>3463.9</b>  |
| <b>ИНТЕРНИ (Q<sub>i</sub>)</b>  | <b>622.4</b>   | <b>622.4</b>   | <b>622.4</b>   | <b>1235.0</b>  |
| Људи (Q <sub>p</sub> )  | 129.5          | 129.5          | 129.5          | 257.0          |
| Ел.уређаји (Q <sub>el</sub> )   | 492.9          | 492.9          | 492.9          | 978.0          |
| <b>УКУПНИ ГОДИШЊИ СОЛАРНИ ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>solU</sub>) [kWh]</b>   | <b>5211.7</b>  | <b>2969.5</b>  | <b>1942.1</b>  | <b>6363.4</b>  |
| Укупни годишњи добици од стакленика   |                |                |                | 1219.00        |
| Укупни годишњи добици (директни и дифузни)  |                |                |                | 5144.4         |
| <b>Ван грејне сезоне (Q<sub>solc</sub>)</b>   | <b>3352.2</b>  | <b>1888.7</b>  | <b>1234.1</b>  | <b>4134.5</b>  |
| Добици од стакленика ван грејне сезоне  |                |                |                | 756.9          |
| Утицај добитак од стакленика (%)  |                |                |                | 18.3           |
| <b>У грејној сезони (Q<sub>solh</sub>)</b>  | <b>1859.5</b>  | <b>1080.8</b>  | <b>708.0</b>   | <b>2228.9</b>  |
| Укупни добици (директни и дифузни) у грејној сезони   |                |                |                | 1816.4         |
| Неискоришћени добици у грејној сезони   |                |                |                | 49.6           |
| Добици од стакленика у грејној сезони   |                |                |                | 462.1          |
| Утицај добитак од стакленика (%)  |                |                |                | 20.7           |
|   |                |                |                |                |
| <b>ECOTEST - Ц1.2</b>   | <b>Ц1.2.M0</b> | <b>Ц1.2.M1</b> | <b>Ц1.2.M2</b> | <b>Ц1.2.M3</b> |
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 51.4           | 51.4           | 51.4           | 102.0          |
| Потребна енергија за грејање (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 11384.0        | 4874.0         | 3075.0         | 6513.0         |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>221.5</b>   | <b>94.8</b>    | <b>59.8</b>    | <b>63.9</b>    |
| Потребна енергија за хлађење (Q <sub>c,nd</sub> ) [kWh]   | 143.0          | 255.0          | 319.0          | 655.0          |
| Годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 9970.0         | 4390.0         | 2813.0         | 5981.0         |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]             | <b>194.0</b>   | <b>85.4</b>    | <b>54.7</b>    | <b>58.6</b>    |

### Тип Ц1.3

| <b>KnauфTerm - Ц1.3</b>   | <b>Ц1.3.M0</b> | <b>Ц1.3.M1</b> | <b>Ц1.3.M2</b> | <b>Ц1.3.M3</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 145.0          | 145.0          | 145.0          | 231.6          |
| грејани волумен (m <sup>3</sup> )   | 380.0          | 380.0          | 380.0          | 569.0          |
| <b>Потребна енергија за грејање (Q<sub>h,nd</sub>=Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>-Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b> | <b>32946.7</b> | <b>11749.1</b> | <b>7715.9</b>  | <b>10497.1</b> |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>227.2</b>   | <b>81.0</b>    | <b>53.2</b>    | <b>45.3</b>    |
| Енергетски разред   | <b>G</b>       | <b>D</b>       | <b>C</b>       | <b>C</b>       |
| <b>ЕНЕРГИЈА ПОТРЕБНА ЗА НАДОКНАЂИВАЊЕ ГУБИТАКА ТОПЛОТЕ [kWh]</b>  |                |                |                |                |
| Трансмисиони (Q <sub>t</sub> )  | 31193.5        | 12222.5        | 7857.4         | 12287.8        |
| Вентилациони (Q <sub>v</sub> )  | 7446.3         | 4467.8         | 3723.1         | 5678.2         |
| <b>ГУБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>)</b>   | <b>38639.8</b> | <b>16690.3</b> | <b>11580.5</b> | <b>17965.9</b> |
| <b>ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ У ГРЕЈНОЈ СЕЗОНИ (Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b>   | <b>5693.1</b>  | <b>4941.1</b>  | <b>3864.6</b>  | <b>7468.8</b>  |
| <b>ИНТЕРНИ (Q<sub>i</sub>)</b>  | <b>1755.8</b>  | <b>1755.8</b>  | <b>1755.8</b>  | <b>2804.5</b>  |
| Људи (Q <sub>p</sub> )  | 365.4          | 365.4          | 365.4          | 583.6          |
| Ел.уређаји (Q <sub>el</sub> )   | 1390.4         | 1390.4         | 1390.4         | 2220.8         |
| <b>УКУПНИ ГОДИШЊИ СОЛАРНИ ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>solU</sub>) [kWh]</b>   | <b>10638.4</b> | <b>8516.4</b>  | <b>5633.8</b>  | <b>12655.7</b> |
| Укупни годишњи добици од стакленика   |                |                |                | 2278.3         |
| Укупни годишњи добици (директни и дифузни)  |                |                |                | 10377.4        |
| <b>Ван грејне сезоне (Q<sub>solc</sub>)</b>   | <b>6701.1</b>  | <b>5331.1</b>  | <b>3525.0</b>  | <b>7991.4</b>  |
| Добици од стакленика ван грејне сезоне  |                |                |                | 1402.5         |
| Утицај добитакa од стакленика (%)   |                |                |                | 17.6           |
| <b>У грејној сезони (Q<sub>solh</sub>)</b>  | <b>3937.3</b>  | <b>3185.3</b>  | <b>2108.8</b>  | <b>4664.34</b> |
| Укупни добици (директни и дифузни) у грејној сезони   |                |                |                | 3872.3         |
| Неискористићени добици у грејној сезони   |                |                |                | 83.7           |
| Добици од стакленика у грејној сезони   |                |                |                | 875.8          |
| Утицај добитакa од стакленика (%)   |                |                |                | 18.8           |
|   |                |                |                |                |
| <b>ЕСОТЕСТ - Ц1.3</b>   | <b>Ц1.3.M0</b> | <b>Ц1.3.M1</b> | <b>Ц1.3.M2</b> | <b>Ц1.3.M3</b> |
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 145.0          | 145.0          | 145.0          | 231.6          |
| Потребна енергија за грејање (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 35460.0        | 16012.0        | 10793.0        | 18338.0        |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>244.6</b>   | <b>110.4</b>   | <b>74.4</b>    | <b>79.2</b>    |
| Потребна енергија за хлађење (Q <sub>c,nd</sub> ) [kWh]   | 481.0          | 627.0          | 905.0          | 1470.0         |
| Годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 31190.0        | 14334.0        | 9840.0         | 16706.0        |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]             | <b>215.1</b>   | <b>98.9</b>    | <b>67.9</b>    | <b>72.1</b>    |

## Тип Ц2.1

| <b>KnaufTerm Ц2.1</b>   | <b>Ц2.1.М0</b> | <b>Ц2.1.М1</b> | <b>Ц2.1.М2</b> | <b>Ц2.1.М3</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 120.0          | 120.0          | 120.0          | 120.0          |
| грејани волумен (m <sup>3</sup> )   | 350.1          | 350.1          | 350.1          | 350.1          |
| <b>Потребна енергија за грејање (Q<sub>h,nd</sub>=Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>-Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b> | <b>30535.0</b> | <b>14110.0</b> | <b>9240.6</b>  | <b>9158.9</b>  |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>254.5</b>   | <b>117.6</b>   | <b>77.0</b>    | <b>76.3</b>    |
| Енергетски разред   | <b>G</b>       | <b>D</b>       | <b>D</b>       | <b>D</b>       |
| <b>ЕНЕРГИЈА ПОТРЕБНА ЗА НАДОКНАЂИВАЊЕ ГУБИТАКА ТОПЛОТЕ [kWh]</b>  |                |                |                |                |
| Трансмисиони (Q <sub>t</sub> )  | 27495.7        | 13143.1        | 8375.8         | 9360.5         |
| Вентилациони (Q <sub>v</sub> )  | 6860.6         | 4116.4         | 3430.3         | 3430.3         |
| <b>ГУБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>)</b>   | <b>34356.3</b> | <b>17259.4</b> | <b>11806.1</b> | <b>12790.8</b> |
| <b>ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ У ГРЕЈНОЈ СЕЗОНИ (Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b>   | <b>3821.3</b>  | <b>3149.4</b>  | <b>4366.2</b>  | <b>3631.9</b>  |
| <b>ИНТЕРНИ (Q<sub>i</sub>)</b>  | <b>1451.9</b>  | <b>1451.9</b>  | <b>1451.9</b>  | <b>1451.9</b>  |
| Људи (Q <sub>p</sub> )  | 302.1          | 302.1          | 302.1          | 302.1          |
| Ел.уређаји (Q <sub>el</sub> )   | 1149.7         | 1149.7         | 1149.7         | 1149.7         |
| <b>УКУПНИ ГОДИШЊИ СОЛАРНИ ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>solU</sub>) [kWh]</b>   | <b>6362.1</b>  | <b>8516.4</b>  | <b>5633.8</b>  | <b>5372.0</b>  |
| Укупни годишњи добици од стакленика   |                |                |                | 2196.0         |
| Укупни годишњи добици (директни и дифузни)  |                |                |                | 3176.0         |
| <b>Ван грејне сезоне (Q<sub>solc</sub>)</b>   | <b>3992.7</b>  | <b>6818.8</b>  | <b>2719.5</b>  | <b>3192.0</b>  |
| Добици од стакленика ван грејне сезоне  |                |                |                | 1326.0         |
| Утицај добитак од стакленика (%)  |                |                |                | 41.5           |
| <b>У грејној сезони (Q<sub>solh</sub>)</b>  | <b>2369.4</b>  | <b>1697.6</b>  | <b>2914.3</b>  | <b>2180.0</b>  |
| Укупни добици (директни и дифузни) у грејној сезони   |                |                |                | 1310.0         |
| Неискоришћени добици од стакленика у грејној сезони   |                |                |                | 0.0            |
| Добици од стакленика у грејној сезони   |                |                |                | 870.0          |
| Утицај добитак од стакленика (%)  |                |                |                | 39.9           |
|   |                |                |                |                |
| <b>ЕСОТЕСТ - Ц2.1</b>   | <b>Ц2.1.М0</b> | <b>Ц2.1.М1</b> | <b>Ц2.1.М2</b> | <b>Ц2.1.М3</b> |
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 120.0          | 120.0          | 120.0          | 120.0          |
| Потребна енергија за грејање (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 26870.0        | 13717.0        | 8525.0         | 9512.0         |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>223.9</b>   | <b>114.3</b>   | <b>71.0</b>    | <b>79.3</b>    |
| Потребна енергија за хлађење (Q <sub>c,nd</sub> ) [kWh]   | 404.0          | 506.0          | 696.0          | 693.0          |
| Годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 23596.0        | 12280.0        | 7761.0         | 8627.0         |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]             | <b>196.6</b>   | <b>102.3</b>   | <b>64.7</b>    | <b>71.9</b>    |

## Тип Ц2.2

| <b>KnaufTerm Ц2.2</b>   | <b>Ц2.2.М0</b> | <b>Ц2.2.М1</b> | <b>Ц2.2.М2</b> | <b>Ц2.2.М3</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 73.5           | 73.5           | 73.5           | 148.7          |
| грејани волумен (m <sup>3</sup> )   | 190.6          | 190.6          | 190.6          | 350.0          |
| <b>Потребна енергија за грејање (Q<sub>h,nd</sub>=Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>-Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b> | <b>27343.3</b> | <b>7477.5</b>  | <b>5018.1</b>  | <b>7700.6</b>  |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>372.1</b>   | <b>101.8</b>   | <b>68.3</b>    | <b>51.8</b>    |
| Енергетски разред   | <b>G</b>       | <b>D</b>       | <b>C</b>       | <b>B</b>       |
| <b>ЕНЕРГИЈА ПОТРЕБНА ЗА НАДОКНАЌИВАЊЕ ГУБИТАКА ТОПЛОТЕ [kWh]</b>  |                |                |                |                |
| Трансмисиони (Q <sub>t</sub> )  | 27381.0        | 8199.8         | 5449.5         | 9880.4         |
| Вентилациони (Q <sub>v</sub> )  | 3734.3         | 2240.6         | 1867.2         | 3429.2         |
| <b>ГУБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>t</sub>+Q<sub>v</sub>)</b>   | <b>31115.3</b> | <b>10440.4</b> | <b>7316.6</b>  | <b>13309.6</b> |
| <b>ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ У ГРЕЈНОЈ СЕЗОНИ (Q<sub>i</sub>+Q<sub>solh</sub>) [kWh]</b>   | <b>3772.0</b>  | <b>2962.9</b>  | <b>2298.6</b>  | <b>5609.0</b>  |
| <b>ИНТЕРНИ (Q<sub>i</sub>)</b>  | <b>889.8</b>   | <b>889.8</b>   | <b>889.8</b>   | <b>1800.4</b>  |
| Људи (Q <sub>r</sub> )  | 185.2          | 185.2          | 185.2          | 374.7          |
| Ел.уређаји (Q <sub>el</sub> )   | 704.6          | 704.6          | 704.6          | 1425.7         |
| <b>УКУПНИ СОЛАРНИ ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ (Q<sub>solU</sub>)</b>   | <b>7894.3</b>  | <b>5633.9</b>  | <b>3830.9</b>  | <b>10109.2</b> |
| Укупни годишњи добици од стакленика   |                |                |                | 1041.9         |
| Укупни годишњи добици (директни и дифузни)  |                |                |                | 9067.3         |
| <b>Ван грејне сезоне (Q<sub>solc</sub>)</b>   | <b>5012.1</b>  | <b>3560.7</b>  | <b>2422.1</b>  | <b>6300.6</b>  |
| Добици од стакленика ван грејне сезоне  |                |                |                | 585.6          |
| Утицај добитак од стакленика (%)  |                |                |                | 9.3            |
| <b>У грејној сезони (Q<sub>solh</sub>)</b>  | <b>2882.2</b>  | <b>2073.2</b>  | <b>1408.8</b>  | <b>3808.6</b>  |
| Укупни добици (директни и дифузни) у грејној сезони   |                |                |                | 3373.5         |
| Неискоришћени добици од стакленика у грејној сезони   |                |                |                | 21.2           |
| Добици од стакленика у грејној сезони   |                |                |                | 456.3          |
| Утицај добитак од стакленика (%)  |                |                |                | 12.0           |
|   |                |                |                |                |
| <b>ЕСОТЕСТ - Ц2.2</b>   | <b>Ц2.2.М0</b> | <b>Ц2.2.М1</b> | <b>Ц2.2.М2</b> | <b>Ц2.2.М3</b> |
| нето грејана површина (m <sup>2</sup> )   | 73.5           | 73.5           | 73.5           | 148.7          |
| Потребна енергија за грејање (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 26675.0        | 8221.0         | 5700.0         | 12529.0        |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]                             | <b>363.0</b>   | <b>111.9</b>   | <b>77.6</b>    | <b>84.3</b>    |
| Потребна енергија за хлађење (Q <sub>c,nd</sub> ) [kWh]   | 337.0          | 184.0          | 210.0          | 750.0          |
| Годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,nd</sub> ) [kWh]   | 23625.0        | 7265.0         | 5119.0         | 11202.0        |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање - грејна сезона (Q <sub>h,an</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> a]             | <b>321.5</b>   | <b>98.9</b>    | <b>69.7</b>    | <b>75.3</b>    |

## VIII СПИСАК КОРИШЋЕНЕ ЛИТЕРАТУРЕ

### Литература коришћена у поглављу II - ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ ИЗГРАЂЕНЕ У ПЕРИОДУ 1946-1970

Аврамовић В. (2011) Стамбена архитектура Јагодине након другог светског рата. Магистарска теза одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Албини А. (1952) Архитект и стамбени односи у XIX. и XX. вијеку. Архитектура, 3/1952, 37-39.

Анђелковић Б. (1962) Производња станова за тржиште. Изградња 1-4, 30-32.

Атанасковић С. (1949) Шљакобетон као грађевински материјал. Изградња, 8-9,10-27.

Боровница Н. (1967) Саветовање о бесправној стамбеној изградњи. Архитектура Урбанизам 47, 18-19.

Боровница Н. (1986) Урбанистички (физички) параметри примене прелазних типова становања у градским насељима. Саопштења Института за архитектуру и урбанизам Србије, 14-15/1986, Београд.

Бајлон М. (1980) Становање. Део 4: Индивидуална кућа – стан. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду.

Бајлон М. (1975) Стан у Београду. Архитектура Урбанизам, бр. 74-77. Савез друштва архитеката Србије, Урбанистички савез Србије и Удружење ликовних уметника примењених уметности Србије, стр. 23-42.

Бешлић П. (1964) Шта условљава успешну стамбену изградњу. Изградња (бр. 2), стр. 34-38. Београд.

Бјеликов, В. (1964) Отворени део стана у условима велике густине насељености (I). Архитектура Урбанизам 25/1964, стр. 51-52.

Блуменау, И. (1957) О стамбеној изградњи – кратка систематика проблема. Изградња 1, 24-30.

Блуменау И. (1962) О неким тешкоћама у вези са стамбеном изградњом. Изградња 10, 26-30.

Богдановић Б. (1956) О савременим стамбеним насељима. Комуна: часопис градова и општина Југославије, бр.1, стр. 59-61.

Вујовић С. (1977) Проблем социјалистичког града. Култура, 72-104.

Вујовић С. (1980) Стамбена криза и људске потребе, свеска 49, Архитектонски факултет – последипломске студије. Београд.

Вуков Ј. (1955) Како се гради у Америци. Изградња 8, 24-34.

Вуксановић-Мацура З. (2012) Живот на ивици: становање сиротиње у Београду 1919-1941. Београд, Орион арт.



Добривојевић И. (2013). Село и град: трансформација аграрног друштва Србије 1945-1955. Београд: Институт за савремену историју.

Добровић Н. (1952) Савремена архитектура и мали народи. Архитектура, 3/1952, 31.

Ђукановић Љ. (2015) Типологија и валоризација грађевинске структуре стамбених зграда Београда са становишта комфора становања. Докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Економски институт НР Србије Станбено – Комунална секција (1953) Преглед типских пројеката малих станбених зграда. Београд.

Економски институт НР Србије (1958) Преглед типских пројеката малих станбених зграда. Београд.

Живанчевић Ј. (2012) Социјалистички реализам у архитектонској и урбанистичкој теорији и пракси Југославије. Докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

И. В. (1956) Станбено задругарство у Нишу. Комуна, бр.1, стр. 30-31.

Илић Ј. (1950) Урбанистички план и његова важност за развој наших градова и насеља. Изградња 5-6, 3-7.

Јовановић М. (1969) Типизација као услов економске ефикасности у грађевинарству. Изградња, 12, 31-34.

Јовановић Поповић, М., Игњатовић Д. (2003) Концепт методологије структурирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације. У: Јовановић Поповић, М. (ед.) Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, пп. 1-24.

Јовановић Поповић, М., Радивојевић А., Игњатовић Д. (2005) Анализа ограничења у контексту могућих нивоа енергетске оптимизације. У: Јовановић Поповић, М. (ед.) Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 2: Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, пп. 1-14.

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Радивојевић А., Рајчић А., Ђукановић Љ., Ђуковић Игњатовић Н., Недић М. (2012) Атлас породичних кућа Србије/Atlas of family housing in Serbia. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, GIZ.

Jovanović Popović M., Radivojević A. (2012) National typology of residential buildings in Serbia: design structures and principles. U: Mako V., Lojanica V., Božović Stamenović R., Housing development in Serbia in the context of globalization and integrations, Volume I, Experiences and approaches. Beograd: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, pp. 169-189.

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Радивојевић А., Рајчић А., Ђукановић Љ., Ђуковић Игњатовић Н., Недић М. (2013) Атлас вишепородичних кућа Србије/Atlas of multifamily housing in Serbia. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, GIZ.

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Радивојевић А., Рајчић А., Ђукановић Љ., Ђуковић Игњатовић Н., Недић М. (2013) Национална типологија стамбених зграда Србије/National typology of residential buildings in Serbia. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, GIZ.

Jovanović Popović M., Stanković B., Rajkić M. (2014) Regional characteristics of individual housing units in Serbia from the aspect of applied building technologies. SPATIUM International Review 31, 39-44.

Jovanović Popović M., Ignjatović D., Stanković B. (2015) Chapter 3.9 <SR> Serbia in Scenario Analyses Concerning Energy Efficiency and Climate Protection in Local Residential Building Stocks – Examples from Eight European Countries. EPISCOPE project Synthesis Report No.2. Draft Version. Institute Wohnen und Umwelt GmbH.

Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Ђукановић Љ., Недић М., Станковић Б. (2016) Национална типологија стамбених зграда Србије грађених од 2013./National typology of residential buildings in Serbia Constructed since 2013. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, GIZ.

Крстић Б. (2014) Атинска повеља и мисао архитеката и урбаниста у ФНРЈ 1950-их. Бранислав Крстић, Београд.

Лукић, Ј. (1970) Трансформација у урбанистичком планирању и изградњи насеља Кнежевац-Кијево. Архитектура Урбанизам 66/1970, 37.

Максимовић М. (1949) Набој као грађевински материјал. Изградња 3, 22-23.

Максимовић М. (1949) Користимо локалне материјале. Изградња 8-9, 44-46.

Максимовић Б. (1964) Планска организација приградске зоне као средство за ограничење пораста крупних градова, у Савремене урбанистичке Теме: Прилози III конгресу урбаниста Југославије на Ријечи. ИАУС.

Марић А. (1969) Однос: вишеспратна стамбена зграда – једнопородична кућа. Саопштења Института за архитектуру и урбанизам Србије, 2/1969, Београд.

Марић И. (2010) Развој народне архитектуре централне Србије у процесу урбанизације. Институт за Архитектуру и Урбанизам Србије.

Мацура М. (1963) Програмирање и план стамбене изградње. Спецјалан број часописа Изградња посвећен Саветовању о рационалној стамбеној изградњи. стр. 11-18.

Меџанов Д. (2008а). Стамбена архитектура Београда: 1947-1967. Београд: Задужбина Андрејевић.

Меџанов Д. (2008б). Типологија облика стамбене архитектуре педесетих година XX века у Београду. Наслеђе бр.9, Завод за заштиту споменика културе Града Београда, Београд, стр. 129-153.

Млађеновић И. (1977) Од идеје до рационалног стана (XXVIII). Изградња 2/77, 52-53.

Миленковић Б. (1969) Насеље Кнежевац-Кијево. Архитектура Урбанизам 55, 26-30.

Миленковић Б. (1991) Увод у архитектонску анализу 2 – Compendium. Београд: Грађевинска књига.

Минић О. (1962) Richard Neutra у Beogradu. Архитектура Урбанизам, бр.17/1962, стр. 55.

Минић О. (1963) Стамбено насеље ТЕ "Колубара". Архитектура Урбанизам, бр.19/1963, стр.14-17.

Минић-Шинжар Д. (2003) Урбанистички параметри и стандарди становања у Београду. Београд: Задужбина Андрејевић.

Настасовић М., Амићин В. (1964) Задаци и развој грађевинарства у стамбеној изградњи 1964-1970. године. Изградња, 5, 48-58.

Недић Р. (1954) Нека питања економичности код индивидуалних стамбених зграда. Изградња 4, 38-43.

Неидхардт Ј. (1954) Изградња стамбених насеља према начелима комшилука. Архитектура 1, 22.

Непотписани аутор чланка (1954) Стамбени објекти у Коњицу; Станови у Фочи. Архитектура 1, 4-9.

Paranek V. (1995) The Green Imperative - Natural Design for the Real World. Thames and Hudson, Inc., New York.

Pawley M. (1971) Architecture versus Housing. London: Studio Vista Limited.

Пејановић С. (1964) Изградња породичних зграда од сипорекса. Изградња 11-12, 11-15.

Пејановић С. (1968) Актуелна проблематика индивидуалне стамбене изградње. Изградња 5, 14-22.

Петровић М. (1930) Стална изложба хигијенских станова у Прагу. Београдске Општинске Новине, 8, 486-490.

Пиха Б. (1953) Спровођење у живот Уредбе о изградњи стамбених зграда радника и службеника у НР Србији. Изградња 6, 38-47.

Пиха Б. (1956) Карактеристике послератне стамбене изградње у Београду. Изградња 11-12, 51-66.

Радивојевић А. (2003) Искуства и правци развоја стандарда из области термичке заштите код нас и у свету. У: Јовановић Поповић, М. (ур.) Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 99-121.

Равникар Е. (1970) Обична архитектура и висока наука урбанизма. Архитектура Урбанизам 64-65/1970, 86-88.

Република Србија. Републички завод за статистику (2013) Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији. Књига 23:

Станови за стално становање према броју просторија у стану и површини. Подаци по општинама и градовима. Београд.

Теодоровић Б. (1967) Стан и покућство. Архитектура Урбанизам 48, 48-52.

Ђуковић Игњатовић Н. (2010). Фасада – Адаптације и трансформације. Београд: Задужбина Андрејевић.

Ђуковић Игњатовић Н. (2016). Оптимизација мера обнове стамбених зграда у циљу побољшања енергетске ефикасности. Докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Финдрик Р. (1962) О ентеријеру наше старе градске куће. Архитектура Урбанизам 16, стр.30-32

Цагић Милошевић В., Међо В. (2014) Закони за архитектуру и урбанизам у Србији од 1945 до 2012. Архитектонски факултет, Универзитет у Београду.

Castela, T. (2012) Self-Building For A New Europe: Workers' Suburbs And The State In European Development, 1945-1975. Traditional Dwellings and Settlements Review, Vol. 24, No. 1, The Myth Of Tradition: Biennial Conference Of The International Association For The Study of Traditional Environments, October 4-7, 2012, University Of Oregon, Portland, Oregon (Fall 2012), p. 27.

Шорли М. (1970) Приватне куће. Архитектура Урбанизам 66/1970, 47.

Wolpensinger H. and Rid W. (2010). Environmentally Sustainable Housing: Standards and Innovation. Detail 3/2010,222-228.

**Специјалистички радови са последипломских студија АФУБ – курс становање (I, II, III, IV):**

Де Негри, Д. (1979) Утицај индивидуалне стамбене изградње на реализацију генералног урбанистичког плана града Суботице.

Ђуровић Г. (1982) Начин и облици становања у неким приградским насељима на подручју ГУП-а Београда као елемент њихове урбанизације.

Лазовић З. (1986) Појам прототипа и његове примене у процесу (каталожког) пројектовања и реализације у индустријализованој стамбеној изградњи.

Ланг Б. (1986) Типологија стамбених зграда: Сомбор и Апатин.

Пејановић-Константиновић Д. (1985) Развој стамбене изградње у Пожаревцу.

Радовић Р. (1987) Проблем бесправне изградње у Књажевцу.

Рибар, М. (1977) Упоредна анализа: нови стан – становање у селима општина Врњачка Бања и Ивањица.

Софић У. (1985) Изградња индивидуалних породичних зграда у Бијељини – насеље "Јединци".

Филиповић Н. (1980) Породично становање и флексибилност – на примеру кућа у низу, насеља "Ластавичко поље" у Књажевцу".

## **ПЕРИОДИКА**

Архитектура, Загреб: часопис Савеза архитеката Хрватске, 1947. - 1988.

Изградња, Београд: Редакција часописа "Изградња" Савеза грађевинских инжењера и техничара СР Србије, Савеза друштва архитеката Србије, Друштва за механику тла и фундирање Србије и Урбанистичког савеза Србије., 1949. - 1968.

Архитектура-Урбанизам, Београд: часопис за архитектуру, урбанизам, примјењену уметност и индустријско обликовање: орган Савеза друштва архитеката и Савеза друштва урбаниста Југославије, 1960. – 1987

Саопштења Института за архитектуру и урбанизам Србије, Београд, 1966, 1986.

Статистички годишњаци НР Србије

Комуна

Београдске Општинске Новине

## **РЕГУЛАТИВА**

Грађевински закон (1931) Београд: Службене новине бр.133-XLII

Привремени технички прописи, 1946

Основне уредбе о грађењу (1948). Влада ФНРЈ.

Основне уредбе о пројектовању (1948). Влада ФНРЈ.

Збирка закона из стамбене области (1959). Београд: Београдски графички завод.

Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова (1967). Београд: Службени лист СФРЈ (45/1967).

## **Литература коришћена у поглављима III - ПРОБЛЕМИ ОБНОВЕ ЗГРАДА, IV – МОДЕЛИ ОБНОВЕ и V – РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

Aksoy, T.U., Inalli, M. (2006) Impact of some building passive design parameters on heating demand for a cold region. Building and Environment, Volume 41, Issue 12, 1742–1754. doi:10.1016/j.buildenv.2005.07.011

Albetini, A., Bigano, A., Boeri, M. (2014) Looking for free riding: energy efficiency incentives and Italian homeowners, Energy Efficiency, Vol. 7, No. 4, 571–590. DOI 10.1007/s12053-013-9241-7

Atanasiu B. (2011) PRINCIPLES FOR NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS: Paving the way for effective implementation of policy requirements. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

Atanasiu B., Kunkel S., Kouloumpi I. (2013) nZEB criteria for typical single-family home renovations in various countries. Collaboration for Housing Nearly Zero-Energy Renovation (COHERENO). Internal Report. Version 3.5. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

Bahar Y. N., Pere C., Landrieu J., Nicolle C. (2013) A Thermal Simulation Tool for Building and Its Interoperability through the Building Information Modeling (BIM) Platform. *Buildings*, 3, 380-398. doi:10.3390/buildings3020380

Baeli, Marion (2013) Residential retrofit. RIBA publishing. Paul Davis + Partners. London, UK.

Borden, G.P. (2007) Propositions for Suburban Living: Making the Ordinary Extraordinary. *Journal of Architectural Education*.76-83.

Boermans T., Bettgenhäuser K., Offermann M., Schimschar S. (2012) Renovation Tracks for Europe up to 2050: Building Renovation in Europe – What are the choices? Ecofys 2012 by order of: EURIMA (European Insulation Manufacturers Association). ECOFYS Germany GmbH.

Bowie, R. (2013). “Building challenges – The role of energy efficiency from an EU perspective” Chalmers Energy Conference. Rockwool.

Виленица А. (2014) О стамбеном питању. Зидне новине II/5. Удружење Креативно усмерено решавање ситуације (КУРС).

Vernez-Moudon, A., Sprague, C. (1982) More than One: A Second Life for the Single-Family Property. *Built Environment*, Vol. 8, No. 1, Housing Alternatives: First World (1982), pp.54-59.

Voss K. and Musall E. (2011) Net Zero Energy Buildings: International projects of carbon neutrality in buildings. Detail Green Books. Institut fuer Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG.

Verbeeck, G., Hens, H. (2005) Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable? *Energy and Buildings*, Volume 3/7, 747–754. doi:10.1016/j.enbuild.2004.10.003

Gaspari J., Antonini E., Boeri A., Longo D. (2013) Volumetric additions for sustainable refurbishment of residential buildings: from theory to practice. Central Europe towards Sustainable Building (CESB 2013 Conference Proceedings). Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague.

Giebeler G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka KH., Rudolphi A. (2009) Refurbishment manual. Birkhäuser Architecture.

GBPN (2013). What is a deep renovation definition? Technical report. Available at: [http://www.gbpn.org/sites/default/files/08.DR\\_TechRep.low\\_.pdf](http://www.gbpn.org/sites/default/files/08.DR_TechRep.low_.pdf)

Gonzalo R., Vallentin R. (2014) Passive House Design: Planning and design of energy-efficient buildings. DETAIL Green Books. Institut für Internationale Architektur-dokumentation / GmbH&Co.KG München.

Gram-Hanssen, K., (2013) Efficient technologies or user behaviour, which is the more important when reducing households’ energy consumption? *Energy Efficiency*, Vol. 6, No. 3., 447-457. DOI 10.1007/s12053-012-9184-4

Guerra – Santin, O., Itard, L. (2012) The effect of energy performance regulations on energy consumption. *Energy Efficiency*, 5, 269-282. DOI 10.1007/s12053-012-9147-9

Данијелс, К. (2009) Технологија еколошког грађења. Јасен, Београд.

D'Agostino D. (2015) Assessment of the progress towards the establishment of definitions of Nearly Zero Energy Buildings (nZEBs) in European Member States. *Journal of Building Engineering* 1, 20-32.

Dascalaki, E., Drousa, K., Balaras, C., Kontoyiannidis, S. (2011) Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – a case study for the Hellenic building stock. *Energy and Buildings* 43, 3400–3409.

De Meester, T., Mariqueb, A.-F., De Herdea, A., Reiterb, S. (2013) Impacts of occupant behaviours on residential heating consumption for detached houses in a temperate climate in the northern part of Europe. *Energy and Buildings*, Volume 57, 313–323. doi:10.1016/j.enbuild.2012.11.005

De Saulles T. (2009) *Thermal mass explained*. The Concrete Centre. Blackwater, Camberley, UK.

Dunham-Jones E. and Williamson J. (2011) *Retrofitting Suburbia: Urban Design Solutions for Redesigning Suburbs*. New York: John Wiley & Sons.

Economidou M. (2011) Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

Evangelisti L., Battista G., Guattari C., Basilicata C., de Lieto Vollaro R. (2014) Influence of the Thermal Inertia in the European Simplified Procedures for the Assessment of Buildings' Energy Performance. *Sustainability*, Volume 6, Issue 7, 4514–4524. doi:10.3390/su6074514

EUROSTAT (2012) *Energy, transport and environment indicators*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

ECS, Energy Community Secretariat (2015) *Energy Community – Tapping On Its Energy Efficiency Potential*. Eds. Kogalniceanu V., Karpushyna S., Lesjak H., Jaksova B., Raicevic B. Vienna, AUSTRIA.

Ignjatović, D., Jovanović Popović, M., Kavran, J. (2015) Application of sunspaces in fostering energy efficiency and economical viability of residential buildings in Serbia. Special Issue: Renewable Energy Sources and Healthy Buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 98, pp. 3-9. doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.049

Janssen R., Staniaszek D. (2012) *How Many Jobs? A Survey of the Employment Effects of Investment in Energy Efficiency of Buildings*. The Energy Efficiency Industrial Forum, May 2012.

Јовановић Поповић, М., Игњатовић Д. (2003) Концепт методологије структурирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације. У: Јовановић Поповић, М. (ед.) *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда*. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, пп. 1-24.

Јовановић - Поповић, М. и Самарџић, С. (2001) *Обнова зграда у контексту одрживог развоја*. Београд: Orion Art и Архитектонски факултет Универзитета у Београду.

Јовановић - Поповић, М. (1991) *Здраво становање*. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду.

Косановић С. (2009) Еколошки исправне зграде – увод у планирање и пројектовање. Београд: Задужбина Андрејевић.

Косановић С. (2012) Модел за оцену еколошке исправности кућа за индивидуално становање на подручју Београда. Докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Kosanović S., Fikfak A. (2016) Development of criteria for ecological evaluation of private residential lots in urban areas. *Energy and Buildings*, Vol. 115, Special Issue: A selection of International Academic Conference “Places and Technologies 2014” Belgrade, Serbia. pp.69-77. doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.037

Klinckenberg F., Forbes Pirie M., McAndrew L. (2013) *Renovation Roadmaps for Buildings. A report by The Policy Partners for EURIMA (European Insulation Manufacturers Association). The Policy Partners, London.*

Leth-Petersen, S., Togeby, M. (2001) Demand for space heating in apartment blocks: measuring effect of policy measures aiming at reducing energy consumption. *Energy Economics*, 23, 387–403.

Marsh A.J. (2005) *Thermal Analysis And The Admittance Method. Natural Frequency*, Issue No. 100. Square One Research Ltd. Cardiff University.

Mihalakakou G. (2002) On the use of sunspace for space heating cooling in Europe, *Renewable Energy* 26, 415-429

Morgan S. (2013) A roadmap to significant reductions in energy use for existing buildings: The long view. In: W. Swan and P. Brown (eds), *Retrofitting the Built Environment*. John Wiley & Sons. Part 2, 55-66.

Morrissey J., Moore T., Horne R.E. (2011) Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation. *Renewable Energy* 36, 568-577.

Mottard J.M., Fissore A. (2007) Thermal simulation of an attached sunspace and its experimental validation. *Solar Energy* 81, 305-315.

Nemry, F., Uihlein, A., Colode (2014) , C.M., Wetzel, C., Braune, A., Wittstock, B., Hasan, I., Kreißig, J., Gallon, N., Niemeier, S., Frech, Y. (2010) Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union – Potential and costs, *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 7, 976-984. doi:10.1016/j.enbuild.2010.01.009

Oliveira Panão M., Camelo S., Gonçalves H. (2012) Solar Load Ratio and ISO 13790 methodologies: Indirect gains from sunspaces. *Energy and Buildings* 51, 212 -222.

ODYSSEE-MURE (2015) *Monitoring of Energy Efficiency Trends and Policies in the EU: An Analysis Based on the ODYSSEE and MURE Databases.*

Пуцар, М. (2006) Биоклиматска архитектура: застакљени простори и пасивни соларни системи. Институт за архитектуру и урбанизам Србије. Београд.

Пуцар, М., Пајевић, М. Јовановић Поповић, М. (1994) Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри. ИП Завет. Београд.

Rees, S.J., J.D. Spitler, M.G. Davies and P. Haves. (2000) Qualitative Comparison of North American and U.K. Cooling Load Calculation Methods. *International Journal of*



Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigeration Research, Vol. 6, No. 1, January, pp. 75-99.

Rossa, M. (2015) Solar shading – quickly designed. Simple diagrams for thermal insulation in summer. Rosenheim Window & Facade Conference.

Rysanek, A.M., Choudhary, R. (2013) Optimum building energy retrofits under technical and economic uncertainty. Energy and Buildings, Volume 57, 324–337.

Ристивојевић Михајловић М. (2003) Прилог развоју методологије за идентификацију параметара грађевинског фонда релевантних за утврђивање репрезентативног узорка са становишта енергетске оптимизације. У: Јовановић Поповић, М. (ед.) Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, пп. 25-57.

SEAI (2010) Residential Energy Roadmap. Sustainable Energy Authority of Ireland.

Sorrel, S., Dimitropoulos, J., Sommerville, M. (2009) Empirical estimates of the direct rebound effect: a review, Energy Policy, Vol. 37, 1356–1371.

Staniaszek, D. (2013) A Guide To Developing Strategies For Building Energy Renovation. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

Stoios A., Bougiatioti F., Oikonomou A. (2006) Thermal performance of a passive solar house for continental climate, in Florina, north-western Greece. PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.

Straub A. (2016) Collaboration for Housing Nearly Zero-Energy Renovation (COHERENO). Publishable Report. May 2016. Delft University of Technology.

Szokolay, S.V. (2008) Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Architectural Press, Elsevier Ltd. Oxford, UK.

Su, B. (2011) The impact of passive design factors on house energy efficiency. Architectural Science Review, Volume 54, Issue 4, 270–276. DOI:10.1080/00038628.2011.613638

Станковић, Б. (2013) Процес реконструкције – Рецепт за успех. ЕкоКућа, 8. Архисолар д.о.о., стр. 62-69.

Тодоровић М., Ристановић М. (2015) Ефикасно коришћење енергије у зградама. Београд: Универзитет у Београду.

Ђуковић Игњатовић Н. (2010). Фасада – Адаптације и трансформације. Београд: Задужбина Андрејевић.

Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Stanković B. (2016) Possibilities for energy rehabilitation of typical single family house in Belgrade—Case study. Energy and Buildings, Vol. 115, Special Issue: A selection of International Academic Conference “Places and Technologies 2014” Belgrade, Serbia. pp.154-162. doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.010

Unsworth, R., Nathan, M. (2006) Beyond City Living: Remaking the Inner Suburbs. Built Environment, Vol. 32, No. 3, Towards Sustainable Suburbs, 235-249.

United Nations Sustainable Development (1992) AGENDA 21. United Nations Conference on Environment & Development. Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992.

Falk, N. (2006) Smarter Growth and Sustainable Suburbs. *Built Environment*, Vol. 32, No. 3, Towards Sustainable Suburbs, 328-341.

Hall M., Allinson D. (2008) Assessing the moisture-content-dependent parameters of stabilised earth materials using the cyclic-response admittance method. *Energy and Buildings* 40, 2044–2051.

Herzog, T. (1996) *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Prestel Verlag, Munich, Germany.

Heschong, L. (1979) *Thermal Delight in Architecture*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Hens, H. (2010) Energy efficient retrofit of an end of the row house: Confronting predictions with long-term measurements. *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 10, 1939–1947. doi:10.1016/j.enbuild.2010.05.030

Hensen, J.L.M., Radošević, M. (2004) Teaching building performance simulation: some quality assurance issues and experiences. Y Wit, M.H. de (Ed.), *Proceedings of the 21st PLEA International conference on Passive and low energy architecture*, 19-21 September, pp. 1209-1214, (vol.2). Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

Hausladen, G., Liedl, P., de Saldanha, M. (2012) *Building to Suit the Climate: A Handbook*. Birkhäuser.

Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., Zeumer, M. (2008) *Energy Manual - Sustainable Architecture*. Edition DETAIL. Institut für Internationale Architekturdokumentation / Birkhäuser Verlag AG, München / Basel, Berlin, Boston.

Hermelink A., Schimschar S., Boermans T., Pagliano L., Zangheri P., Armani R., Voss K., Musall E. (2013) *Towards nearly zero energy buildings*. Ecofys, Politecnico di Milano / eERG, University of Wuppertal, by order of European Commission.

Chow R.Y. (2002) *Suburban Space: The Fabric of Dwelling*. University of California Press.

Carmody J., Selkowitz S., Lee E.S., Arasteh D., Willmert T. (2004) *Window systems for high-performance buildings*. W.W. Norton & Company Ltd., New York, USA.

Crawley D.B., Jon W.H., Kummert M., Griffith B.T. (2008) Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 43, 661–673.

Whang, S.-W., Kim, S. (2014) Determining sustainable design management using passive design elements for a zero emission house during the schematic design. *Energy and Buildings*, Volume 77, 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.066>

WCED (1987) *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.

## **СТАНДАРДИ, ПРЕПОРУКЕ, ДИРЕКТИВЕ**

COM (2011) Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050.

COM (2014) Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030 Framework for climate and energy policy.

DIN EN 4108-2:2013-02 Thermal insulation and energy economy in buildings – Part 2: Minimum requirements for thermal insulation. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

EC (2002) Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. (EPBD) Official Journal of European Communities 04.01.2003, L1/65-71.

EC (2009) Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directive 2001/77/EC and 2003/77/EC. (RED) Official Journal of the European Union 5.06.2009, L 140/16.

EC (2010) Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast). (EPBD recast) Official Journal of the European Union 18.06.2010, L 153, 13-35.

EC (2012) Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. (EED) Official Journal of the European Union 14.11.2012, L 315, 1-56.

EC, Notices from European Union institutions, bodies, offices and agencies (2012) Guidelines accompanying Commission delegated regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2013/10/EC. Official Journal of the European Union 16.01.2012, C115, 1-28.

РС (2008) Национална стратегија одрживог развоја. Београд: Службени гласник РС (57/2008).

Урбанистички завод Београда и Скупштина града Београда (2003) Генерални план Београда 2021, Службени лист Града Београда 27/03 стр. 901-1079.

РС (2011) Правилник о енергетској ефикасности зграда. Београд: Службени гласник РС (61/2011).

РС (2012) Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. Београд: Службени гласник РС (69/2012).

РС (2012) Правилник о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени гласник РС (58/2012).

РС (2013) Други акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2013. до 2015. године. Београд: Службени гласник РС (98/2013).

Стандард SRPS EN ISO 13789: Топлотне перформансе зграда: трансмисиони и вентилациони коефицијенти пролаза топлоте. (2013) Београд: Службени гласник (40/13). ISO 13789: 2007 (E). Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method.

Стандард SRPS EN ISO 13370: Топлотне карактеристике зграда: Преношење топлоте преко тла – методе прорачуна. (2012) Београд: Службени гласник (106/12). ISO 13370: 2007 (E). Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods.

Стандард SRPS EN ISO 13790: Енергетске перформансе зграда: Прорачун енергије која се користи за грејање и хлађење простора. (2010) Београд: Службени гласник (06/10). ISO 13790: 2008 (E). Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.

CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers) Guide A - Environmental design January 2006 (7th edition) The Chartered Institution of Building Services Engineers London.

#### **ИЗВОРИ СА ИНТЕРНЕТА**

Богићевић Младен (2011) Српска еколошка кућа - шанса за нашу грађевину или уобичајена домаћа митоманија. Доступно на: <http://gradjevinarstvo.rs/tekstovi/1561/820/srpska-ekoloska-kuca-sansa-za-nasu-gradjevinu-ili-uobicajena-domaca-mitomanija> (приступљено 8.08.2016.)

<https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/thermal-mass> (приступљено 20.02.2017.)

<https://retrofit.innovateuk.org/> Retrofit for the future: a guide to making retrofit work (приступљено 23.02.2017.)

<http://www.lowenergybuildings.org.uk/> база нискоенергетских кућа у Великој Британији (приступљено 24.02.2017.)

"House + / Anne Menke" 16 Aug 2009. ArchDaily. <http://www.archdaily.com/32003/house-anne-menke/> (приступљено 25.02.2017.)

<http://www.penoyreprasad.com/projects/retrofit-for-living/> (приступљено 27.02.2017.)

Gado T., Mohamed M. More Accurate Computer Simulation For Intelligent Buildings: Exporting 3d Building Models To Detailed Thermal Simulation Software. *Intelligent Buildings International*. The Geddes Institute for Urban Research Working Papers - Research Papers [ORANGE] Доступно на: [https://www.dundee.ac.uk/geddesinstitute/library/HTB2\\_TG\\_MM\\_FINAL-04.pdf](https://www.dundee.ac.uk/geddesinstitute/library/HTB2_TG_MM_FINAL-04.pdf) (приступљено 16.03.2017.)

#### **Специјалистички радови са специјалистички академских студија АФУБ – Енергетски ефикасна и зелена архитектура**

Станојчић М. (2016) Формирање стакленика у условима савремене адаптације и енергетске рационализације стамбених објеката.

Добросављевић А. (2016) Поређење енергетских карактеристика прозора на објектима школа у Србији методама прорачуна и симулације.

## **IX БИОГРАФИЈА АУТОРА**

Бојана Станковић рођена је 24.01.1987. године у Београду, где је завршила основну школу а потом XIII београдску гимназију. Архитектонски факултет Универзитета у Београду уписала је 2005. године и дипломирала 2010. године са оценом 10 на дипломском раду. Током студија, стипендиста је Фондације за развој научног и уметничког подмладка и Фонда за младе таленте.

Током студија са групом колега учествује и осваја награде на више студентских конкурса. Стиче праксу у архитектонском бироу Vectoring (Београд, 2009), а борави и на тромесечној стручној пракси у Кини (Changzhou, 2009). Током мастер студија учествује као демонстратор, а након дипломирања као сарадник у настави на департману за Архитектонске технологије.

2010. уписује докторске студије на Архитектонском факултету. Од 2011. године ангажована као стипендиста Министарства науке на научном пројекту TR 36034 „Истраживање и систематизација стамбене изградње у Србији у контексту глобализације и европских интеграција у циљу унапређивања квалитета и стандарда становања“ под менторством проф. др. Милице Јовановић Поповић. Сарадник GIZ–а као члан радног тима Архитектонског факултета (руководиоци проф. др. Милица Јовановић Поповић и доц. Душан Игњатовић) на пројекту „Енергетска ефикасност“ и међународним пројектима TABULA и EPISCOPE. Усавршавање у области одрживог пројектовања и грађења стиче и кроз обуку и положен стручни испит за сертификацију по LEED стандарду (LEED GA), као и кроз сарадњу на интернационалним пројектима сертификације (Atrium Consulting). Сарадник часописа Еко Кућа. Као члан тима nekolikoarhitekata учествује на архитектонским конкурсима у земљи и иностранству. 2016 похађа летњу школу Енергетске заједнице (Energy Community Summer School) у Тирани. Од 2016 учесник пројекта EmBuild из програма финансирања HORIZON 2020.

Од 2015. запослена као асистент на департману за Архитектонске технологије Архитектонског факултета Универзитета у Београду.

Течно говори и пише на енглеском језику, служи се француским језиком.

### **Одабрани научни радови**

## Монографске публикације међународног значаја

### M14

- Jovanović Popović M., Ignjatović D., **Stanković B.** (2015) Chapter 3.7 <RS> Serbia, in *Stein B., Loga T., Diefenbach N. (Eds.) Scenario Analyses Concerning Energy Efficiency and Climate Protection in Local Residential Building Stocks: Examples from Eight European Countries, EPISCOPE Synthesis Report No.2 (Deliverable D3.4)*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH/Institute for Housing and Environment, Darmstadt, Germany, pp. 59-66.
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., **Stanković B.** (2015) Chapter 2.15 <RS> Serbia, in *Stein B., Loga T., Diefenbach N. (Eds.) Tracking of Energy Performance Indicators in Residential Building Stocks: Different Approaches and Common Results, EPISCOPE Synthesis Report No.4 (Deliverable D4.4)*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH/Institute for Housing and Environment, Darmstadt, Germany, pp. 71-76.

## Монографске публикације националног значаја

### M48

- Јовановић Поповић М., Игњатовић Д., Ђукановић Љ., Недић М., **Станковић Б.** (2016) Национална типологија стамбених зграда Србије грађених од 2013./National typology of residential buildings in Serbia Constructed since 2013. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, GIZ. ISBN 978-86-80390-06-2

### M44

- **Stanković, B.**, Jovanović Popović, M. (2014) Possibilities for refurbishment of family housing building stock built between 1946-1970 by improvement of energy efficiency and spatial comfort. In *HOUSING Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations. Vol. 3, Strategies and Models*. Eds. Mako, V., Lojanica, Faculty of Architecture, Belgrade. pp.83-106.
- Ignjatović, D., Ćuković- Ignjatović, N., **Stanković, B.** (2012) Thermography and Energy Performance of Belgrade Building Stock. In *Mako V., Lojanica V., Stamenović-Bozović R. (Eds.) Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations, Vol. 2, Methods and Tendencies*. Faculty of Architecture, Belgrade. pp. 219-241.

## Радови објављени у научним часописима међународног значаја

### M21

- Csoknyai T., Hrabovszky-Horváth S., Georgiev Z., Jovanovic-Popovic M., **Stankovic B.**, Villatoro O., Szendro G. (2016). Building stock characteristics and energy performance of residential buildings in Eastern-European countries. *Energy and Buildings*, Vol. 132.pp.39-52.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.062>
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., **Stanković B.** (2016) Possibilities for energy rehabilitation of typical single family house in Belgrade—Case study. *Energy and Buildings*, Vol. 115, Special Issue: A selection of International

AcademicConference “Places and Technologies 2014” Belgrade, Serbia.  
pp.154-162. [doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.010](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.010)

#### M22

- **Stankovic, B.**, Kostic, A., Jovanovic Popovic, M. (2014) Analysis and comparison of lighting design criteria in green building certification systems — Guidelines for application in Serbian building practice. *Energy for Sustainable Development Vol 19*. International Energy Initiative. pp.56-65.  
<https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.12.001>

#### M24

- Jovanovic Popovic, M., **Stankovic, B.**, Pajkic, M. (2014) Regional characteristics of individual housing units in Serbia from the aspect of applied building technologies. *SPATIUM International Review*, No.31/2014. Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia. pp.39-44.

#### Радови објављени у научним часописима националног значаја

##### M51

- Секулић, М., **Станковић, Б.**, Јовановић Поповић, М. (2013) Вредновање карактеристика кровних вртова у оквиру сертификације одрживе изградње. *Архитектура и Урбанизам 38/дец.2013*. Институт за архитектуру и урбанизам Србије. стр.33-40.

##### M53

- Kostic A., Stankovic B., Krstic-Furundzic A. (2012) Light pollution and energy savings. *Ingenieria Iluminatului Journal of Lighting Engineering. Vol.14, No. 2*. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca Lighting Engineering Laboratory. pp.27-33.

#### Одабрани радови објављени у зборницима међународних научних скупова

##### M33

- Jovanović Popović M., Ignjatović D., **Stanković B.** (2016) Influence of different approaches in development of local residential buildings typologies for estimation of building stock energy performance. Conference proceedings of 3rd International Conference Places and Technologies. Belgrade,14-15. April 2016. Eds. Vaništa Lazarević, E., Vukmirović, M. Krstić-Furundžić, A., Đukić, A. University of Belgrade - Faculty of Architecture. ISBN 978-86-7924-161-0. pp. 263-270.
- Ćuković-Ignjatović N., Ignjatović D., **Stanković B.** (2016) Multifamily housing in Belgrade – energy performance improving potential and architectural challenges. Conference proceedings of 3rd International Conference Places and Technologies. Belgrade,14-15. April 2016. Eds. Vaništa Lazarević, E., Vukmirović, M. Krstić-Furundžić, A., Đukić, A. University of Belgrade - Faculty of Architecture. ISBN 978-86-7924-161-0. pp. 699-706.
- Jovanović Popović M., **Stanković B.**, Kavran J. (2014) Strategy for national definition of nearly zero energy buildings. Proceedings of 45th International Congress & Exhibition on heating, refrigeration and air conditioning – KGH,

Belgrade, 3-5. December 2014. Eds. B. Todorovic. The Serbian Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning within the Union of Mechanical and Electrical Engineers and Technicians of Serbia (SMEITS). pp.60-68.

- **Stanković B.**, Miljuš M., Spasojević S., Krstić-Furundžić A. (2013) Refurbishment of an industrial estate into housing complex in Belgrade: economic and environmental aspects. CESB13 - Central Europe towards Sustainable Building 2013. Hájek P., Tywoniak J., Lupíšek A., Růžička J., Sojková K. (Ed.) / Proceedings of the Central Europe towards Sustainable Building Conference (CESB13). Prague, Czech Republic, 26.-28.06.2013. pp. 175-179.
- **Stanković B.**, Ćuković- Ignjatović N., Ignjatović D. (2012) Influence of LEED certification on the development of Serbian building market in the state of crisis and transition. Amoêda, R., Mateus, R. Bragança, L., Pinheiro, C. (Ed.) BSA 2012 Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment. May 23-25, Green Lines Institute, Porto. pp. 357-364.
- Ćuković- Ignjatović N., Ignjatović D., **Stanković B.** (2012) LEED certification system and Serbian building and design practice. Amoêda, R., Mateus, R. Bragança, L., Pinheiro, C. (Ed.) BSA 2012 Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment. May 23-25, Green Lines Institute, Porto. pp. 231-240.
- **Stanković B.**, Ćuković- Ignjatović N., Ignjatović D. (2011) Development of sustainable building practices- some aspects of LEED implementation in Serbia. Proceedings / Symposium Instalacije & Arhitektura. October 27 – 28, Belgrade, Faculty of Architecture, pp. 51-57.
- Ćuković- Ignjatović N., Ignjatović D., **Stanković B.** (2011) Tools and methods for energy efficiency evaluation in process of architectural design. Proceedings / Symposium Instalacije & Arhitektura. October 27 – 28, Belgrade, Faculty of Architecture, pp. 221-227.
- Stanković B. (2011) Significance of rating systems in the development of sustainable building practices. Proceedings/ III International Symposium for Students of Doctoral Studies in the field of Civil Engineering, Architecture and Environmental Protection, PhIDAC 2011. Novi Sad, Faculty of Technical Sciences. pp. 307-313.

#### M34

- Stanković B., Ćuković- Ignjatović N., Nedić, M. (2013) Reconstruction Strategies and Design Principles: Examples of Housing Refurbishment Practice. Architectural, Engineering and Information Sciences 9th International PhD and DLA Symposium Abstracts Book, Ivany, P. (Ed.), 21st-22nd October, 2013. University of Pecs - Pollak Mihaly Faculty of Engineering and Information Technology. p.148.



Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а Бојана Станковић

број индекса Д1/2010

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

#### **МОДЕЛИ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ПОРОДИЧНИХ КУЋА ИЗГРАЂЕНИХ У ПЕРИОДУ 1946-1970 У СРБИЈИ**

- 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, 19.06.2017.

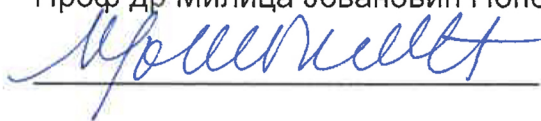


## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

|                      |  |
|----------------------|--|
| Име и презиме аутора | Бојана Станковић   |
| Број индекса         | Д1/2010  |
| Студијски програм    | Докторске академске студије архитектура и урбанизам  |
| Наслов рада          | МОДЕЛИ УНАПРЕЂЕЊА<br>ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ<br>ПОРОДИЧНИХ КУЋА<br>ИЗГРАЂЕНИХ У ПЕРИОДУ 1946-1970 У СРБИЈИ |

Ментор Проф др Милица Јовановић Поповић

Потписани/а



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, 19.06.2017.



## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

### **МОДЕЛИ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ПОРОДИЧНИХ КУЋА ИЗГРАЂЕНИХ У ПЕРИОДУ 1946-1970 У СРБИЈИ**

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).

У Београду, 19.06.2017

Потпис докторанда  


1. Ауторство - Дозвољаваате 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. Дозвољаваате 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. Дозвољаваате 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. Дозвољаваате 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. Дозвољаваате 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. Дозвољаваате 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.