

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Наташа Д. Ћуковић Игњатовић

ОПТИМИЗАЦИЈА МЕРА ОБНОВЕ
СТАМБЕНИХ ЗГРАДА У ЦИЉУ
ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ
ЕФИКАСНОСТИ

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Београд 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Nataša D. Ćuković Ignjatović

OPTIMISATION OF REFURBISHMENT
MEASURES FOR RESIDENTIAL
BUILDINGS IN ORDER TO IMPROVE
ENERGY EFFICIENCY

DOCTORAL DISSERTATION

Belgrade 2016.

МЕНТОР:

Проф. др Милица Јовановић Поповић
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Проф. др Ана Радивојевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Проф др Бранислав Живковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Датум одбране докторске дисертације:

ОПТИМИЗАЦИЈА МЕРА ОБНОВЕ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

Резиме:

Преиспитујући делатност архитектуре и урбанизма у контексту премиса одрживог развоја, током последње две деценије формирано је становиште да постојећи грађевински фонд заправо представља својеврсни створени ресурс који, заједно са корпусом знања и достигнућа остављамо у наслеђе будућим генерацијама. Када изграђене објекте посматрамо на овај начин, неминовно се отварају питања везана за њихову рационалну експлоатацију: како их користимо, како их можемо прилагодити реалним потребама, како им можемо продужити животни век. Највећи део грађевинског фонда представљају стамбене зграде чијом адаптацијом можемо квалитативно унапредити не само стамбене јединице унутар њих, већ и целокупно створено урбано окружење. Енергетске перформансе данас представљају једну од кључних ставки када желимо да проценимо еколошке карактеристике зграде, било да се ради о новопројектованим или постојећим објектима, те је у фокусу овог рада побољшање енергетске ефикасности зграда вишепородичног становања. На основу темељне анализе постојећег грађевинског фонда, за непосредан предмет рада усвојен је сегмент изграђен у периоду од 1960. до 1990. године, када је изграђен највећи део стамбених зграда, уз типолошку и технолошку разноврсност каква раније није била присутна на нашем подручју и која је, током последњих неколико деценија, готово у потпуности ишчезла из станоградње.

У циљу проширења дијапазона појединачних мера и унапређења који је дефинисан за све објекте у склопу Националне типологије стамбених зграда Србије, извршена је критичка анализа кључних елемената термичког омотача, утврђени су случајеви у којима се могу директно применити моделска унапређења, док су за остале дефинисана и образложена алтернативна решења.

Истраживање спроведено током рада на дисертацији резултовало је формулисањем својеврсне методологије - процедуре којом се током процеса адаптације стамбених зграда долази до оптималног избора мера унапређења које као резултат имају побољшање енергетске ефикасности датог архитектонског објекта. Предложена процедура је симулирана на пет стамбених зграда разноликих карактеристика како би се тестирао методолошки приступ у реалним условима и анализирали различита исходишта до којих се може доћи.

У завршним разматрањима изнети су правци даљих истраживања којима би се могао унапредити понуђени метод, и апострофиране су области у којима би оперативна, димензионална и програмска проширења изложене методологије могла послужити као истраживачки алат.

Кључне речи: обнова зграда, стамбене зграде, енергетска ефикасност, оптимизација, грађевински фонд

Научна област: архитектура и урбанизам

Ужа научна област: архитектонске конструкције, материјали и физика зграда

УДК број: 620.92:728(043.3)

OPTIMISATION OF REFURBISHMENT MEASURES FOR RESIDENTIAL BUILDINGS IN ORDER TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY

Abstract:

Redefining the scope of architecture and urban planning in context of sustainable development during the last two decades, the building fund is now considered to be a man-made resource, that we leave as a legacy for the future generations. When buildings are seen as a resource, numerous questions rise regarding their rational exploitation: how can we use them, how can we adjust them to our contemporary needs, how to extend their lifespan. Housing has a major share in the building fund, thus adaptation of this sector holds huge potential for upgrading not just the dwelling units themselves, but our built environment in general. Energy performance is the key issue in ecological evaluation of buildings, so this work was focused on improving the energy efficiency of multifamily housing. After the extensive analyses of Serbian building fund, the portion of housing stock constructed between 1960 and 1990 was singled-out as the most productive period, with unprecedented variety in architectural types and construction technologies that has practically vanished from building practice during the last decades. In order to provide for wider scope of individual improvement measures than the one presented in National Typology of Residential Buildings in Serbia, a critical analysis of key thermal envelope elements was carried out. The cases when generic, model improvements can be applied were identified, while for certain case-specific options, alternative solutions were proposed and analysed.

The dissertation research has produced a method - procedure that enables decision-making process that leads to the most effective set of measures for improving energy performance of a building. The proposed procedure was simulated on five various apartment buildings in order to test the method as well as to explore various outcomes.

Finally, the possibilities for improving and expanding the proposed method are analysed, and areas of research were outlined in which operational, dimensional and programmatic improvements of methodology could be applied.

Key words: Building adaptation, Multifamily buildings, Energy efficiency, Optimisation, Building stock

САДРЖАЈ

Резиме са кључним речима (на српском језику)

Резиме са кључним речима (на енглеском језику)

Садржај

Скраћенице, ознаке, симболи

Попис слика

Попис табела

УВОД	1
1. Проблем и предмет истраживања.....	1
2. Научни циљ истраживања	3
3. Задачи истраживања	4
4. Основне хипотезе.....	4
5. Методе истраживања.....	5
6. Научна оправданост истраживања	6
7. Претходна анализа информација о предмету истраживања	8
8. Објашњења појединих појмова	11
Стамбена зграда.....	11
Побољшање енергетске ефикасности.....	12
Усмерена стамбена градња	13
1. ОБЈЕКТИ ИЗ ПЕРИОДА “УСМЕРЕНЕ СТАМБЕНЕ ГРАДЊЕ” У ПОСТОЈЕЋЕМ ГРАЂЕВИНСКОМ ФОНДУ	15
1.1. Стамбене зграде у Србији - периодизација и типологизација	15
1.2. О планској (“усмереној”) стамбеној градњи	23
1.3. Заступљеност објеката насталих током усмерене стамбене градње .. 25	
1.4. Архитектонске и урбанистичке вредности “нових насеља”	28

2. СТАМБЕНА АРХИТЕКТУРА 1960-1990: ПРОЈЕКТОВАНО И АКТУЕЛНО

СТАЊЕ	30
2. 1. Пројектовање и реализација објеката "усмерене стамбене градње"	30
2.1.1. Планирање "нових насеља"	30
2.1.2. Технологија градње и архитектонски склоп	31
2.1.3. Технологија градње и материјализација	33
2. 2. Актуелно стање објеката "усмерене стамбене градње"	36
2.2.1. Заједнички садржаји и простори	36
2.2.2. Параметри комфора и термичке перформансе - потребне промене материјализације	37

3. КАРАКТЕРИСТИЧНИ СКЛОПОВИ И ПОЈЕДИНАЧНЕ МЕРЕ ОБНОВЕ

3.1 Преглед карактеристичних елемената термичког омотача	39
3.2 Спољни зидови	41
3.3 Прозори и балконска врата грејаних просторија	58
3.4 Равни кровови изнад грејаног простора	61
3.5 Међуспратне конструкције изнад отвореног пролаза	66
3.6 Међуспратне конструкције изнад негрејаних простора	66
3.6 Зидови према негрејаним просторима	70

4. МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ МЕРА У ПРОЦЕСУ АДАПТАЦИЈЕ

4.1 Основна полазишта	73
4.2 Циљеви оптимизације	73
4.2.1 Пожељни степен унапређења енергетске ефикасности	73
4.2.2 Редукција броја позиција обухваћених санацијом	76
4.2.3 Фазна реализација	76
4.2.4 Баланс између потребних улагања и потенцијалних енергетских уштеда	77
4.3 Процедура оптимизације и примењене методе	77
4.3.1 Утврђивање почетног стања	78
4.3.2 Идентификација елемената термичког омотача и прелиминарна селекција степена унапређења	81
4.3.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача уз анализу различитих опција унапређења	86

4.3.4 Дефинисање пакета мера.....	92
4.3.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога.....	94
4.3.6 Анализа модалитета имплементације предложеног пакета мера	98

5. ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ ПРЕДЛОЖЕНОГ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ПРОЦЕСА АДАПТАЦИЈЕ 101

5.1 Објекат 1 - слободностојећа стамбена зграда.....	103
5.1.1 Постојеће стање.....	103
5.1.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења.....	106
5.1.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача	108
5.1.4 Дефинисање пакета мера.....	111
5.1.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога.....	112
5.1.6 Модалитети имплементације предложеног пакета мера	113
5.2 Објекат 2 - зграда у традиционалном градском блоку	115
5.2.1 Постојеће стање.....	115
5.2.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења.....	118
5.2.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача	119
5.2.4 Дефинисање пакета мера.....	122
5.2.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога.....	125
5.2.6 Модалитети имплементације предложеног пакета мера	126
5.3 Објекат 3 - солитер.....	129
5.3.1 Постојеће стање.....	130
5.3.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења.....	133
5.3.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача	134
5.3.4 Дефинисање пакета мера.....	137
5.3.5 Модалитети имплементације предложеног пакета мера	138
5.4 Објекат 4 - ламела (армиранобетонска префабрикација)	141

5.4.1	Постојеће стање.....	141
5.4.2	Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења.....	145
5.4.3	Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача	145
5.4.4	Дефинисање пакета мера.....	150
5.4.5	Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога.....	153
5.4.6	Модалитети имплементације предложеног пакета мера	154
5.5	Објекат 5 - ламела (хибридни систем са фасадном опеком)	156
5.5.1	Постојеће стање.....	156
5.5.2	Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења.....	159
5.5.3	Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача	159
5.5.4	Дефинисање пакета мера.....	163
5.5.5	Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога.....	166
5.5.6	Модалитети имплементације предложеног пакета мера	167

6. КОМЕНТАР ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА **169**

6.1	Компаративна анализа обрађених примера	169
6.1.1	Енергетске потребе и потенцијалне уштеде.....	169
6.1.2	Предложени пакети мера и саниране позиције.....	170
6.1.3	Потребна улагања и период отплате	170
6.2	Санирани елементи термичког омотача посматраних зграда	172
6.2.1	Фасадна столарија	172
6.2.2	Фасадни зидови.....	174
6.2.3	Равни кровови.....	175
6.3	Елементи термичког омотача посматраних зграда који нису били обухваћени предложеним пакетима мера	176

7. ЗАКЉУЧАК **178**

7.1	Преглед резултата истраживања	178
7.2	Препоруке и могући правци даљих истраживања.....	183
7.2.1	Могућности оперативног унапређења изложене методологије...	

7.2.2. Могућности димензионалног проширења изложене методологије	184
7.2.3 Могућности програмског проширења изложене методологије....	185

ЛИТЕРАТУРА	186
-------------------------	------------

ПРИЛОГ 1 Алгоритам процеса оптимизације мера обнове стамбених зграда у циљу побољшања енергетске ефикасности	195
---	------------

ПРИЛОГ 2 Оријентационе цене за поједине групе радова	200
---	------------

ПРИЛОГ 3 Објекат 3 - Пакети мера и вишекритеријумска анализа пакета за објекат са оштећењима на фасадним зидовима	228
--	------------

Биографија	232
-------------------------	------------

СКРАЋЕНИЦЕ, ОЗНАКЕ И СИМБОЛИ

M 1 модул (10cm)

TABULA *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment* - IIEE Project
2009 - 2012

U коефицијент пролаза топлоте [$W/(m^2K)$]

U_{max} максимална дозвољена вредност коефицијента пролаза топлоте

D директан период отплате исказан у годинама

I инвестиција - средства потребна за санацију дате позиције

Q_{H.nd} годишња потребна енергија за грејање [kWh/a]

Q_{H.nd.0} годишња потребна енергија за грејање (постојеће стање) [kWh/a]

Q_{H.nd.pn} годишња потребна енергија за грејање са санираном позицијом *POSn*
исказана у kWh/a

Q_{H.nd.e} годишња потребна енергија за грејање прописана за жељени
енергетски разред исказана у kWh/m²a

E цена 1 kWh енергије за грејање

S_e редуција потребне енергије за грејање коју је потребно постићи,
исказана у процентима;

ПОПИС СЛИКА

Слика 1-1. Станови према врсти зграде у Републици Србији | Извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, свеска 27, стр. 21

Слика 1-2. Станови према години изградње, Република Србија | Извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, свеска 27, стр. 22

Слика 1-3. Типологија развијена у оквиру НИП 283 | Извор: Јовановић Поповић (ур.), 2002., непагинирани прилог

Слика 1-4. Типолошка матрица објеката обрађених у "Термовизијском атласу Београда" | Извор: Игњатовић и Ђуковић Игњатовић, 2012., стр. 8

Слика 1-5. Вишепородично становање у Србији - статистичка заступљеност и илустративни приказ типова | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.а

Слика 1-6. Национална типологија стамбених зграда Србије | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Слика 1-7. Раст потрошње електричне енергије у Србији у периоду 1990-2015 | Извор: <http://www.eps.rs/Lat/Article.aspx?lista=Sitemap&id=100> приступљено 13.10.2015.

Слика 2-1. Положај модуларних равни у односу на конструктивне елементе, фасадне и преградне зидове | Извор: Правилник о техничким мерама и условима за изградњу стамбених објеката по систему модуларне координације мера (Службени лист СФРЈ 26/69, стр. 782)

Слика 2-2. Примери станова из неколико конкурсних решења | Извор: Алексић 1975, стр. 44

Слика 2-3. Морфолошка разноврсност новобеоградских зграда - блокови 44, 70 и 70а | Извор: www.geosrbija.rs

Слика 3-1 Фасаде стамбених зграда из 1960-их и 1970-их година | Фото: Н. Маџут, (Stanković V. and Macut N. 2014)

Слика 3-2. Оштећења фасадне облоге на зиданом зиду

Слика 3-3. Примери стамбених зграда са армиранобетонским фасадним зидовима - представници типова Д6 (лево) и Е5 (десно) Националне типологије стамбених зграда Србије | Фото: С. Боснић

Слика 3-4. Бетонска платна на зградама новобеоградског блока 29 | Фото: Д. Игњатовић

- Слика 3-5. Стамбене зграде на Бановом Брду | Фото: Д. Игњатовић
- Слика 3-6. Систем контактне фасаде са завршном обрадом "StoCerativ Brick" која симулира фасадну опеку | извор: <http://www.stocorp.com/sto-finishes/#brick> приступљено 3.3.2016.
- Слика 3-7 Стамбена зграда у новобеоградском блоку б2: термовизијски снимци откривају структуру префабрикованих фасадних панела и зоне где је термоизолација практично изгубила функцију
- Слика 3-8 Део зграде на којој су станари сами санирали армиранобетонску префабриковану фасаду и суседна зграда са непромењеном фасадом
- Слика 3-9 Оштећени фасадни панели на зградама Рудо 1-3 | Фотодокументација Грађевинског факултета Универзитета у Београду
- Слика 3-10 ТЕС систем енергетске санације префабрикованих армиранобетонских панела | Lylykangas et al. pp. 16
- Слика 3-11 Део зграде на којој су станари сами санирали армиранобетонску префабриковану фасаду и суседна зграда са непромењеном фасадом
- Слика 3-12. Стамбена зграда у новобеоградском Блоку 23
- Слика 3-13. Самоникла вегетација на равном крову
-
- Слика 4-1. Приближни фактори облика за различите типологије изградње (Pavković i Zanki, 2010.)
-
- Слика 5-1. Објекат 1
- Слика 5-2. Сегмент фасаде Објекта 1
- Слика 5-3. Сегмент фасаде Објекта 1
- Слика 5-4. Сегмент фасаде Објекта 1
- Слика 5-5. Објекат 1 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1
- Слика 5-6. Објекат 2
- Слика 5-7. Сегмент фасадног омотача Објекта 2 са фасадним зидовима од шљако блокова - јасно се оцртавају армиранобетонски елементи.
- Слика 5-8. Сегмент фасадног омотача Објекта 2 са израженим линијским губицима, чак и у зони негрејаног степенишног простора.
- Слика 5-9. Сегмент фасадног омотача Објекта 2 са калканским зидом на којем се јасно виде виша температурна читавања у зони купатила
- Слика 5-10. Објекат 2 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1.2
- Слика 5-11. Објекат 3
- Слика 5-12. Сегмент фасадног омотача Објекта 3 са шупљим фасадним блоковима и бетонским тракама у зони међуспратне конструкције

Слика 5-13. Сегмент фасадног омотача Објекта 3 са прозорским тракама и парапетним испунама са натур бетоном и мозаик плочицама као завршном обрадом

Слика 5-14. Објекат 3 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1

Слика 5-15. Објекат 4

Слика 5-16. Термовизијски снимак Објекта 4

Слика 5-17. Термовизијски снимак сегмента фасаде Објекта 4 са појединачним прозорским отворима у склопу фасадних панела

Слика 5-18. Термовизијски снимак сегмента фасаде Објекта 4 са лођама

Слика 5-19. Термовизијски снимак сегмента Објекта 4 на делу пасажа

Слика 5-20. Објекат 4 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1

Слика 5-21. Објекат 5

Слика 5-22. Објекат 5 - сегмент фасаде са монтажним парапетним елементима

Слика 5-23. Објекат 5 - сегмент фасаде са монтажним парапетним елементима и фасадном опеком (армиранобетонски зидови)

Слика 5-24. Објекат 5 - сегмент фасаде - негрејани степенишни простор

Слика 5-25. Објекат 5 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1

Слика 6-1. Различите вредности укупне потребне енергије за грејање у зависности од заптивености - Објекти 1-5, санирано стање према усвојеним пакетима мера

Слика 6-2. Различите вредности укупне потребне енергије за грејање у зависности од заптивености - Објекти 1-5, постојеће стање

Слика 6-3. Учешће фасадних зидова у структури трансмисионих губитака Објекта 1-5 и потенцијалне енергетске уштеде које се могу постићи санацијом фасадних зидова

Слика 6-4. Учешће равних кровова у структури трансмисионих губитака Објекта 2-5 и потенцијалне енергетске уштеде које се могу постићи санацијом

ПОПИС ТАБЕЛА

Табела 1-1 Стамбене зграде у Србији - дистрибуција по периодима

Табела 3.1. Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте, U_{max} [W/(m²×K)], за елементе термичког омотача зграде | Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС 61/2011

Табела 3-2 Зидани спољашњи зидови - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-3 Армиранобетонски спољашњи зидови - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-4 Спољашњи зидови са фасадном опеком - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-5 Вишеслојни спољашњи зидови са натур бетоном - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-6 Фасадни зид са посебном обрадом - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-7. Прозори и балконска врата - постојеће стање (лево) и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-8 Равни кровови на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-9 Међуспратне конструкције изнад отвореног пролаза на објектима Д4, Д5 и Ф5 | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-10 Међуспратне конструкције изнад негрејаних простора на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Табела 3-11 Зидови ка негрејаном степеништу на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | подаци добијени током рада на Националној типологији

Табела 4-1 Енергетски разред објеката из периода Д, Е и Ф (1961-1990) - пре и после предложених унапређења | подаци из Јовановић Поповић и др. 2013.б.

Табела 4-2 Преглед и прелиминарна селекција елемената термичког омотача

Табела 4-3. Критеријуми за прелиминарну селекцију степена унапређења

Табела 4-4 Анализа различитих опција санације појединачне позиције односно групе повезаних позиција

Табела 4-5 Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења

Табела 4-6. Вредности K_5 за различите енергетске разреде

Табела 4-7. Анализа и валоризација предложених пакета мера

Табела 4-8. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације зграде

Табела 4-9. Синтезни преглед процењених енергетских и финансијских уштеда

Табела 5-1. Основне типолошке карактеристике обрађених примера

Табела 5-2. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 1

Табела 5-3. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 1

Табела 5-4. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 1

Табела 5-5. Анализа различитих сценарија енергетске санације међуспратне конструкције према негрејаном тавану Објекта 1

Табела 5-6. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 1

Табела 5-7. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 1 и потребних уштеда у циљу постизања *E*, *D* или *C* енергетског разреда

Табела 5-8. Пакет 1 за Објекат 1

Табела 5-9. Пакет 1.1 за Објекат 1

Табела 5-10. Пакет 1.2 за Објекат 1

Табела 5-11. Пакети мера за Објекат 1

Табела 5-12. Објекат 1 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

Табела 5-13. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 2

Табела 5-14. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 2

Табела 5-15. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 2

Табела 5-16. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 2

Табела 5-17. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 2 и потребних уштеда у циљу постизања *E*, *D* или *C* енергетског разреда

Табела 5-18. Пакет 1 за Објекат 2

Табела 5-19. Пакет 1-1 за Објекат 2

Табела 5-20. Пакет 1-2 за Објекат 2

Табела 5-21. Пакет 1-3 за Објекат 2

Табела 5-22. Пакет 1-4 за Објекат 2

Табела 5-23. Пакет 2 за Објекат 2

Табела 5-24. Пакети мера за Објекат 2

Табела 5-25. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације Објекта 2

Табела 5-26. Објекат 2 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1.2

Табела 5-27. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 3

Табела 5-28. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 3

Табела 5-29. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 3

Табела 5-30. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 3

Табела 5-31. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 2 и потребних уштеда у циљу постизања *D*, *C* или *B* енергетског разреда

Табела 5-32. Пакет 1 за Објекат 3

Табела 5-33. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације Објекта 3

Табела 5-34. Објекат 3 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

Табела 5-35 (наставак са претходне стране). Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 4

Табела 5-36 Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 4

Табела 5-37 Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова (префабриковани сендвич панели) Објекта 4

Табела 5-38. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 4

Табела 5-39. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 4 и потребних уштеда у циљу постизања *E*, *D*, *C* или *B* енергетског разреда

Табела 5-40. Пакет 1 за Објекат 4

Табела 5-41. Пакет 1-1 за Објекат 4

Табела 5-42. Пакет 1-2 за Објекат 4

Табела 5-43. Пакети мера за Објекат 4

Табела 5-44. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације Објекта 4

Табела 5-45. Објекат 4 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

Табела 5-46. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 5

Табела 5-47. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 5

Табела 5-48. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 5

Табела 5-49. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 5

Табела 5-50. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 5 и потребних уштеда у циљу постизања *E, D, C* или *B* енергетског разреда

Табела 5-51. Пакет 1 за Објекат 5

Табела 5-52. Пакет 1.1 за Објекат 5

Табела 5-53. Пакет 1.2 за Објекат 5

Табела 5-54. Пакет 2 за Објекат 5

Табела 5-55. Пакет 2.1 за Објекат 5

Табела 5-56. Пакети мера за Објекат 5 (према основном методолошком поступку)

Табела 5-57. Пакети мера за Објекат 5 (проширени сет пакета)

Табела 5-58. Објекат 5 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

Табела 6-1. Преглед основних добијених резултата за Објекте 1-5

Табела 6-2. Понуда кредита за адаптације и побољшање енергетске ефикасности код 5 банака на дан 10.3.2016.

Табела 6-3. Преглед позиција које нису обухваћене предложеним пакетима мера

Развојем свести о ограничености ресурса, крајем прошлог века, грађевински фонд почиње да се сагледава на другачији начин, као створени ресурс који стално расте и који остављамо будућим генерацијама. Истовремено, појављују се прве процене и квантификације учешћа зграда у укупној структури потрошње енергије, емисији штетних гасова, генерисању отпада и утицаја на животну средину у најширем смислу. Када изграђене објекте посматрамо у овом контексту, неминовно се отварају питања везана за њихову рационалну експлоатацију: како их користимо, како их можемо прилагодити реалним потребама, како им можемо продужити животни век. Као и са природним ресурсима, и овај створени ресурс неопходно је сагледати у контексту принципа одрживог развоја. Адаптацијом постојећих стамбених зграда можемо квалитативно унапредити не само стамбене јединице унутар тих објеката, већ и целокупно створено урбано окружење.

1. Проблем и предмет истраживања

Енергетске перформансе данас представљају једну од кључних ставки када желимо да проценимо карактеристике зграде, било да се ради о новопроектованим или постојећим објектима. Приликом адаптације зграда, управо се подаци о потрошњи (односно потенцијалној уштеди) енергије узимају као један од основних показатеља оствареног побољшања. То је уједно и један од најјаснијих индикатора при оцени еколошких квалитета зграде, будући да се ради о величини која се у фази пројектовања може израчунати математичким путем, док се у експлоатацији може прилично прецизно измерити, а резултујући финансијски ефекат је очигледан и такође директно самерљив. У том контексту, побољшање енергетске ефикасности архитектонских објеката данас је реална неопходност - потреба која је резултанта низа фактора:

- перманентне тежње за постизањем оптималних услова комфора унутар објекта уз што мање коришћење система за грејање, климатизацију, вентилацију и сл.;
- потребе за редуковањем оперативних трошкова у којима је кључна ставка управо утрошена енергија, уз стални тренд раста цена енергената;
- чињенице да енергетске и еколошке карактеристике објекта све више имају утицаја на тржишну вредност;
- законске обавезе (од септембра 2011. на снази су Правилник о енергетској ефикасности зграда и Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда).

За разлику од термотехничких система, као и других уређаја и опреме уграђених у објекат код којих се енергетска ефикасност може унапређивати оптимизацијом примењених система и њихових компоненти, архитектонским решењем детерминишу се основне карактеристике зграде и једино на том нивоу је могућа квалитетна интеграција свих утицајних фактора тако да резултујући архитектонски објекат сам по себи остварује одређени степен енергетске ефикасности. Том приликом се сагледавају утицаји локације, климатских услова, специфичности програма, непосредног окружења итд., који кроз процес пројектовања утичу на формулацију просторне дистрибуције садржаја (зонирање) и материјализацију зграде. Сходно томе, унапређења енергетске ефикасности архитектонских објеката биће у овом раду испитана са аспекта архитектонских мера које се могу применити у процесу адаптације.

Током последње две деценије приметан је значајан напредак у области унапређења енергетске ефикасности у зградама уопште, а велика пажња је посвећена стамбеном сектору, који има највећи удео у структури потрошње енергије. Истраживање спроведено у овом раду усмерено је на оптимизацију мера, тачније, на дефинисање процедуре у процесу доношења одлука приликом процеса обнове зграда којом се може доћи до одрживих решења

која се могу успешно реализовати у нашим условима. Непосредан предмет истраживања представља сегмент вишепородичног становања настао у периоду од 1960. до 1990. године, када је изграђен највећи део стамбених зграда веома разноврсних архитектонских карактеристика а, за данашње прилике, изузетно слабих енергетских перформанси. Успешна рехабилитација овог дела грађевинског фонда, управо због његове изузетне заступљености, представља својеврсно стратешко питање не само у области енергетске ефикасности већ и у ширем контексту очувања и унапређења еколошких квалитета нашег урбаног и природног окружења.

2. Научни циљ истраживања

Основни циљ истраживања је формулисање процедуре којом се током процеса адаптације стамбених зграда долази до оптималног избора мера које као резултат имају побољшање енергетске ефикасности датог архитектонског објекта.

У функцији основног циља истраживања, формулисани су секундарни циљеви:

- анализа постојећег стамбеног фонда како би се утврдили релевантни варијетети у решењима архитектонског склопа и материјализације и одредило у којим ситуацијама можемо примењивати типска, "генеричка" решења а када је неопходно тражити специфична решења за уочене проблеме;
- критичка анализа мера и модела унапређења енергетске ефикасности добијених у претходним истраживањима у овој области, уз дефинисање нових суб-класификација којима би се добиле опције сензитивније на специфичности појединих архитектонских решења и/или проблема који се могу очекивати у пракси;
- дефинисање домета унапређења енергетске ефикасности која се могу постићи конвенционалним мерама;

- дефинисање даљих праваца истраживања којима би се развиле методологије за више нивое унапређења који се не могу постићи конвенционалним мерама.

3. Задаци истраживања

Основни задаци истраживања су у функцији постављених циљева истраживања и могу се сумирати у следећим ставкама:

- критичка анализа посматраног сегмента грађевинског фонда (у контексту основне теме рада), сагледавање пројектованог стања (према техничкој документацији и другој доступној архивској грађи) и реалног тренутног стања, идентификација типолошких карактеристика и формирање типологије/класификације у функцији основног истраживања;
- идентификација, селекција, формулација и класификација метода и принципа обнове који би се применили на посматраним објектима;
- испитивање могућности и ефеката примене појединачних метода уз систематизацију и класификацију добијених резултата;
- дефинисање процедуре којом се током процеса адаптације стамбених зграда долази до оптималног избора мера и степена обнове;
- провера предложене процедуре на изабраним објектима;
- финализација процедуре, и формулисање препорука за ефикасну примену исте;
- испитивање опција којима се могу постићи даља унапређења, која превазилазе домете типских мера.

4. Основне хипотезе

Основна (општа) радна хипотеза предложеног истраживања је да се применом одговарајуће процедуре при адаптацији стамбених зграда може

доћи до оптималне комбинације мера обнове којима се унапређују енергетске карактеристике објекта. Ове мере не морају нужно обухватати све елементе термичког мотача.

У функцији основне (опште) хипотезе, формулисане су и следеће посебне хипотезе:

- сложеност архитектонског склопа и материјализације објеката посматраног периода захтевају формулисање посебних мера обнове специфичних за посматрани сегмент грађевинског фонда;
- применом мера енергетске оптимизације могуће је, остварити унапређење различитих параметара комфора, као и осавременавање просторне организације стана, што је значајно за посматрани сегмент грађевинског фонда;
- адаптацију посматраних типова стамбених зграда могуће је ефикасно реализовати комбинујући различите степене обнове појединачних позиција.

5. Методе истраживања

Имајући у виду претходно изложене циљеве и задатке истраживања, у раду су биле коришћене следеће опште и посебне методе истраживања:

- критичка анализа и систематизација доступне грађе о посматраном сегменту грађевинског фонда (архивска грађа, пројектна документација, статистички подаци, публиковани резултати претходних релевантних истраживања);
- *in situ* испитивање и утврђивање до сада непознатих и необрађених чињеница о актуелном стању и перформансама објекта који су предмет истраживања - директно посматрање, фотографисање, термовизијско снимање, мерење;
- критичка анализа и систематизација познатих мера и принципа адаптације зграда;

- испитивање применљивости и ефикасности одабраних мера - нумерички прорачуни, примена различитих софтвера, провере у складу са важећом законском регулативом;
- испитивање комбинованих енергетских и финансијских ефеката појединачне и синтезне примене оптимизованих мера методом вишекритеријумске анализе.

Вишекритеријумска анализа је метод који се у последње време све чешће користи приликом анализе недовољно структурираних проблема, са широком практичном применом у различитим процесима и процедурама које захтевају доношење одлука на основу одређеног броја параметара. У раду је овај метод коришћен у циљу вишекритеријумског рангирања одређеног скупа решења, где је нормализација вредности вршена релативизацијом у односу на најповољнију вредност за одређену карактеристику. У раду су све карактеристике поматране равноправно, тако да је постављен отворени систем, који се, према потреби може профилисати увођењем тежинских критеријума.

6. Научна оправданост истраживања

Анализе потрошње енергије вршене у развијеним земљама, али и на подручју Србије, показују да се у зградама троши више енергије него за потребе саобраћаја или индустријске производње, што указује на стратешки значај побољшања енергетске ефикасности у архитектонским објектима.

Највећи део нашег грађевинског фонда настао је у другој половини XX века, а периодом најинтензивније градње могу се сматрати шездесете и седамдесте године прошлог века. У том периоду постојала је велика потреба за новим становима, а проблем је решаван тзв. "усмереном стамбеном градњом", када су се градили читави нови блокови, понекад и нова насеља, а грађевинска индустрија је убрзаним развојем покушавала да прати савремене технолошке трендове, увођењем нових материјала и технолошких решења уз индустријализацију процеса грађења. Како је реч о великим градитељским потезима, реализованим у релативно кратком временском периоду, данас се

сусрећемо са значајним бројем објеката релативно сличних типолошких одлика. Унапређењем ових објеката омогућиле би се велике уштеде енергије на националном нивоу, редуковале потребе за производњом енергије и увозом енергената и створили предуслови за формирање здравијег природног и створеног окружења.

Посебан значај предмета истраживања ове докторске дисертације огледа се у:

- указивању на потенцијалне уштеде енергије које се могу остварити адекватним архитектонским интервенцијама на постојећим стамбеним зградама;
- сагледавању кључних недостатака посматраног сегмента грађевинског фонда;
- указивању на мере којима би се продужио животни век посматраних објеката и умањили трошкови експлоатације;
- квантификовању остварених уштеда енергије у корелацији са примењеним мерама адаптације стамбених зграда;
- утврђивању оперативних метода којима би се омогућила ефикасна примена актуелне европске и националне законске регулативе у овој области;
- формирању јасних модела оптимизације за различите сценарије - реалне и хипотетичне околности и ситуације у пракси;
- утврђивању тржишног потенцијала разматраних метода обнове зграда;
- утврђивању стратешког значаја и дугорочне исплативости подстицајних мера за одрживу обнову стамбених зграда;
- истраживању теме која је на националном нивоу препозната као значајна, али недовољно истражена, посебно у контексту холистичког сагледавања зграде, својственој позицији архитекте у процесу пројектовања.

Предмет истраживања су стамбени објекти који су процентуално најзаступљенији у нашем грађевинском фонду. Унапређење овог сегмента грађевинског фонда самим тим има стратешки значај и импликације на свим нивоима планирања и одлучивања - од стратегија развоја и просторног планирања, преко управљања урбаним целинама и локалним заједницама, па до директног унапређења квалитета становања у посматраним објектима.

Станови који се налазе у зградама насталим у периоду 1960-1990. кумулативно имају значајно учешће у потрошњи енергије на националном нивоу, те редукција њихове потрошње може имати позитивне ефекте на енергетски биланс земље, стратегију развоја електроенергетског система и увоз енергената.

Потенцијално повећање тржишне вредности може се користити и као додатна могућност за обнову и осавремењавање заједничких садржаја и слободних површина, ревитализујући изворне квалитете архитектонских и урбанистичких решења.

Мере обнове које се разматрају у истраживању имају за циљ не само побољшање енергетских перформанси објекта, већ и унапређење комфора унутар стамбених јединица које резултује директним бенефитом непосредних корисника.

Дисертација претендује да специфичности посматраног сегмента грађевинског фонда третира тако да се могу успоставити корелације са искуствима западног и источног европског блока у датом периоду и кроз будућа истраживања апострофирају његове посебности и вредности.

7. Претходна анализа информација о предмету истраживања

Основни принципи усклађености архитектуре са условима непосредног окружења инхерентни су традиционалној архитектури практично сваке културе и поднебља. Савремене научне теорије релевантне за везу архитектонског пројектовања и енергетских перформанси зграде развијају се махом након нафтне кризе седамдестих година прошлог века, када су први

пут почеле директно да се осећају негативне последице зависности савремених објеката од техничких система који троше велике количине енергије. Методе прорачуна и симулација енергетских перформанси зграде се интензивно развијају са поштравањем формалних прописа везаних за енергетску ефикасност архитектонских објеката, усвајањем развојних стратегија које даље померају границе, али и растућим тржишним потенцијалом "зелене архитектуре". Током последњих неколико година долази до извесног помака и у нашој законској регулативи. Након усвајања Закона о планирању и изградњи (Сл. гласник РС бр. 72/09 , 81/09 - исправка, 64/10 – УС и 24/11) приступило се изради низа пратећих законских подаката у циљу усклађивања са европском директивом *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings*. Елаборат енергетске ефикасности постаје обавезан део техничке документације, а од септембра 2011. на снази су Правилник о енергетској ефикасности зграда и Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда који предвиђа и уређује издавање "енергетских пасоша" за новопроектване и постојеће објекте којим се наше законодавство усклађује са европском регулативом у овој области. Србија је и потписница споразума о енергетској заједници (*Energy Community Treaty*).

У развијеним европским земљама попут Немачке, Француске или Велике Британије, већи део реализованих уговора пројектних бироа односи се заправо на интервенције на постојећим објектима (процене варирају од 40% до 75%). Теоријска истраживања у овој области су у овим земљама такође веома развијена, будући да постоји велики интерес за примену резултата у пракси, као и експлицитно изражен стратешки државни интерес, првенствено у области енергетске ефикасности, али и у општим узансама одрживог развоја и очувања природних и створених ресурса. Посебно интересантним можемо сматрати истраживања која се врше на Политехници у Лозани (*EPFL - École Polytechnique Fédérale de Lausanne*), у оквиру лабораторија TSAM (*Techniques de la Sauvegarde de l'Architecture Moderne*), где

је изражен интегративни приступ третману објеката модерне архитектуре у контексту савремених потреба.

Како је изучавање обнове и енергетске оптимизације зграда уско повезано са специфичностима локалног грађевинског фонда, климатских услова, градитељске праксе и референтне легислативе, за истраживања спроведена у дисертацији су посебно релевантна домаћа истраживања из ове области, где се кључним може сматрати Национална типологија стамбених зграда Србије којом је, вишегодишњим радом, уз учешће у европском пројекту ТАБУЛА, на основу неколико наменских пописа којима је обихваћено преко 20000 стамбених објеката широм земље, извршена ситематизација и типологизација стамбених зграда у контексту њихових енергетских перформанси и могућности унапређења енергетске ефикасности у овом сегменту грађевинског фонда. Током истог истраживања израђена је монографија Атлас вишепородичних зграда Србије која је представљала кључни корак у систематизацији и типологизацији стамбених зграда, када је први пут детаљно анализиран велики број стамбених зграда управо у контексту енергетских карактеристика.

У периоду 2010-2012. рађена је студија *Атлас енергетских карактеристика омотача грађевинских објеката у Београду* за Управу за енергетику града Београда када је анализирано преко 30 стамбених зграда са подручја Београда, где је формирана типологија која је укључила и особености материјализације појединих архитектонских решења, а у анализи уведени поједини елементи који су касније разрађени кроз ову тезу.

Осим горе наведених истраживања, у којима је аутор активно учествовао у свим фазама, за овај рад су нарочито били значајни и теоријски основи и смернице изнети у научним монографијама "Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда" (уредник М. Јовановић Поповић, 2003., резултат истоименог научноистраживачког пројекта - НИП 283), "Фасада - адаптације и трансформације" (Н. Ђуковић Игњатовић, 2010., на основу магистарске тезе Проблеми третмана фасадног омотача у савременом приступу адаптацији

зграда), као и "Здраво становање" (М. Јовановић Поповић, 1991.). Тематиком из ове обалсти, аутор се бави већ више од петнаест година, а резултати тих истраживања су, осим у овде наведеним кључним библиографским јединицама, публиковани и у различитим часописима и зборницима референтних међународних скупова.

8. Објашњења појединих појмова

Стамбена зграда

У овом раду се под појмом стамбене зграде подразумева *"самостална употребна целина коју сачињава склоп просторних јединица (више од три стана, са једним заједничким улазом), чија је основна намена становање"* како је својевремено дефинисано у члану 2 Правилника о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова (Службени гласник РС бр. 58/2012). На овако дефинисане стамбене зграде односи се и комплетна регулатива која уређује питања свакодневног функционисања стамбених зграда, односа са комуналним предузећима, текућег и инвестиционог одржавања итд. Како је један од циљева овог рада формулисање решења која се могу реализовати у актуелној пракси, прихваћена је горе наведена дефиниција. Подаци добијени током рада на пројекту "Табула" класификовани су такође у складу са овом дефиницијом из Правилника. Поменути Члан 2 је измењен крајем августа 2015. (Правилник о изменама и допунама Правилника о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова, Службени гласник РС 74/2015) када је дата нешто уопштенија дефиниција: *стамбена зграда је самостална употребна целина коју сачињава склоп просторних јединица (са једним заједничким улазом), чија је основна намена становање.*

Одговарајући Правилник о класификацији објеката (Службени гласник РС 22/2015) донет је тек почетком 2015. године и у њему су препознате две класе под називом *"Издвојене и остале стамбене зграде са више од три стана, као што су стамбени блокови, куће са апартманима и сл. у којима су*

станови намењени за стално становање или за повремени боравак” , до 2000m² и П+4+Пк(ПС) (класа 112221) и преко П+4+Пк(ПС) (класа 112222).

Републички завод за статистику користи класификацију која препознаје стамбене зграде са једним, два, три или више станова (Методологије и стандарди - Класификација врста грађевина), која је урађена на основу одговарајуће Класификације врста грађевина Европске заједнице (*Eurostat - Classification of Types of Construction – CC*). Оваква класификација користила се и у последњем Попису 2011. године и представља подлогу за статистичко прикупљање и праћење свих података везаних за ову област. Нажалост, због ове дискрапанције део података не може бити директно коришћен већ је потребно вршити одређене интерполације, пондерисања и сл. Искусствено можемо тврдити да је број зграда са 3 стана у нашој средини веома мали те се ова разлика не може сматрати кључном за интерпретацију статистичких података у овом раду.

Побољшање енергетске ефикасности

Побољшање енергетске ефикасности стамбених зграда је у овом раду третирано у контексту подзаконских аката који уређују ову област:

1. Правилник о енергетској ефикасности зграда (Службени гласник РС 61/2011 од 19.8.2011.)
2. Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Службени гласник РС 69/2012 од 20.7.2012)

Приликом анализе мера унапређења појединачних елемената термичког омотача под ”побољшањем енергетске ефикасности” подразумевана је интервенција којом се за посматрану позицију добија умањена вредност коефицијента пролаза топлоте U која испуњава захтеве за постојеће објекте дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда.

Приликом анализе мера унапређења посматраних на нивоу целокупне зграде, под ”побољшањем енергетске ефикасности” подразумевана је редукација у укупној годишњој потребној енергији за грејање у односу на

постојеће стање, а прорачунато према методологији дефинисаној Правилником о енергетској ефикасности зграда. Минималним потребним унапређењем енергетске ефикасности сматра се побољшање за минимум један енергетски разред у односу на постојеће стање, како је дефинисано Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда.

Енергетска ефикасност у стамбеним зградама може се, донекле, побољшати и применом мера које не мењају физичке карактеристике зграде као, на пример, променом или оптимизацијом термотехничких система или других уређаја који су велики потрошачи енергије, едукацијом и променом навика корисника и сл. али су у овом раду разматране искључиво мере којима се мењају елементи термичког омотача, односно саме физичке карактеристике зграде, што је и у сагласности са актуелним Правилником о енергетској ефикасности зграда Све интервенције разматране у овом раду постављене су тако да су у потпуности усаглашене са Правилником о енергетској ефикасности зграда и осталом важећом регулативом.

Усмерена стамбена градња

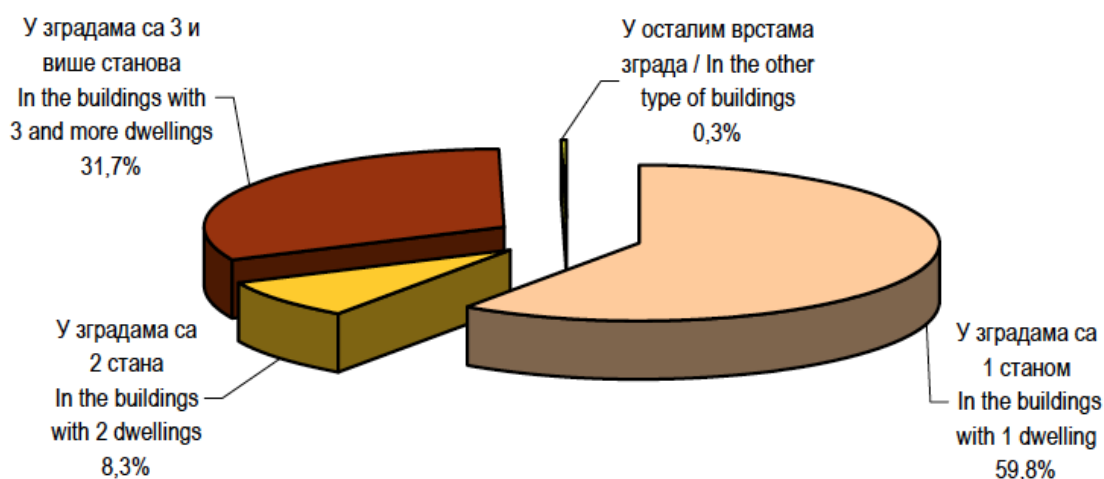
Под појмом "усмерена стамбена градња" у овом раду је обухваћен сегмент вишепородичног становања настао у периоду од 1960. до 1990. године. Осим по архитектонским одликама, овај период се, такође, издваја и по томе што носилац станоградње није више била држава (као у периоду непосредно након Другог светског рата), већ се у позицији инвеститора јављају државне институције (војска, милиција и сл.) и велика друштвена предузећа. У истом периоду настају и развијају се и велике грађевинске фирме, које су биле основни носиоци пројектовања и извођења ових станова, формира се нови тип друштвеноекономских односа у станоградњи - тзв. "усмерена стамбена градња". Гради се велики број станова, неретко и читави стамбени блокови или нова насеља у рубним градским зонама, а устаљује се и конкурсна пракса, делом и као резултат својеврсне тржишне утакмице. Управо овај сплет друштвеноисторијских околности резултовао је формирањем изузетно интересантног сегмента грађевинског фонда, са објектима значајних

архитектонских вредности који представљају својеврсни куриозитет у европској пракси тог времена. Иако, наравно, можемо пронаћи бројне типолошке сличности са примерима и из источне и из западне Европе тога доба, на подручју Југославије ови пројекти су имали велики друштвени значај, често виђени као физичка манифестација новог друштвеног поретка али и привредног напретка и општег прогреса, што у осталим европским земљама најчешће није био случај. И у источном и у западном блоку овај тип градње је био првенствено социјална категорија, са израженим прагматичним и функционалистичким приступом и вредна архитектонска остварења била су преседан, а не уобичајена пракса.

1. ОБЈЕКТИ ИЗ ПЕРИОДА “УСМЕРЕНЕ СТАМБЕНЕ ГРАДЊЕ” У ПОСТОЈЕЋЕМ ГРАЂЕВИНСКОМ ФОНДУ

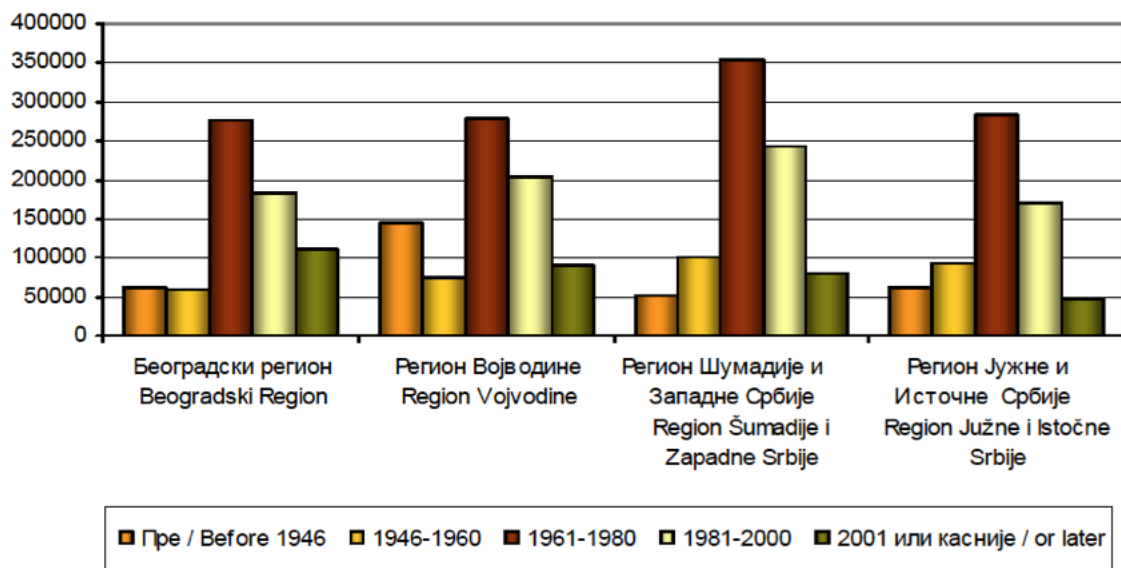
1. 1. Стамбене зграде у Србији - периодизација и типологизација

Стамбене зграде, односно објекти вишепородичног становања, у Србији се јављају у урбаним срединама а услед друштвено-историјских околности, у овом сегменту данашњег грађевинског фонда веома је мали број објеката саграђених пре 1919. године. Основна слика о структури стамбеног фонда може се добити на основу података из Пописа становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији. Тако видимо да се 31,7% станова налази у зградама са 3 и више станова¹ (слика 1-1), те да овакви објекти представљају значајан део нашег стамбеног фонда. Са друге стране, посматрано према години изградње, уочава се да је највише станова саграђено у периоду 1961-1980 а потом у периоду 1981-2000 (слика 1-2). Имајући у виду да су друштвене и економске прилике током последње деценије 20. века биле изузетно неповољне, период од 1961-1990 можемо сматрати деценијама најинтензивније станоградње, када је изграђен највећи део данашњег стамбеног фонда.



Слика 1-1. Станови према врсти зграде у Републици Србији | Извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, свеска 27, стр. 21

¹ О дефиницијама и номенклатури везаној за стамбене зграде детаљнија објашњења дата су у уводу овог рада.



Слика 1-2. Станови према години изградње, Република Србија | Извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, свеска 27, стр. 22

Када говоримо о сагледавању стамбеног фонда у контексту потенцијалног побољшања енергетских карактеристика зграда, неминовно се издвајају периоди који прате промене друштвено-историјског контекста и одговарајуће промене у архитектонском склопу, материјализацији и технологији грађења. У том смислу, може се говорити о следећој периодизацији (Cukovic Ignjatovic and Ignjatovic, 2004):

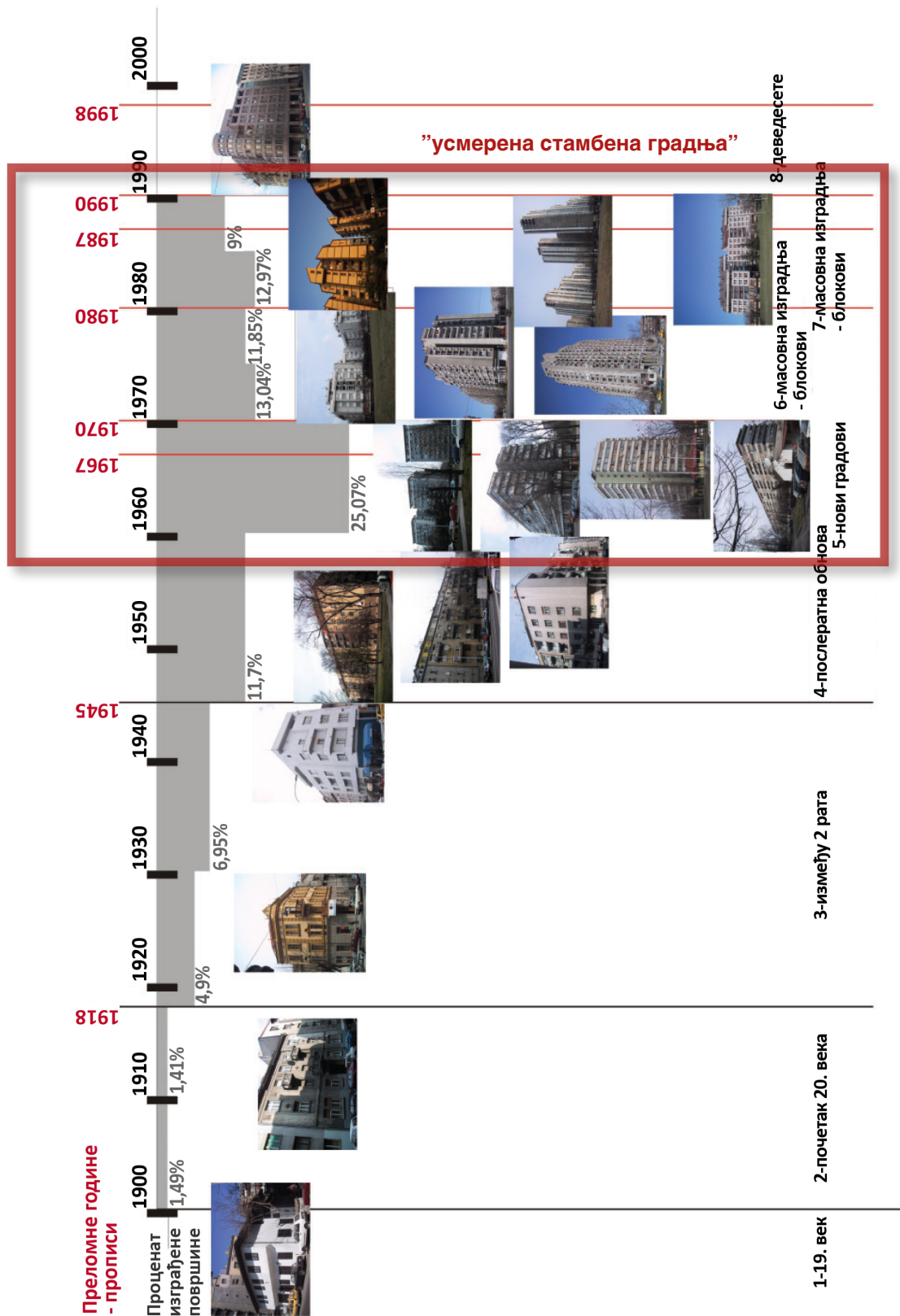
- до 1941 - период пре промене друштвеног уређења до које је дошло током Другог светског рата,
- 1945-1963 - период послератног формирања и развоја новог друштвеног уређења - Федеративне Народне Републике Југославије - послератна обнова земље,
- 1963-1980 - период формирања и развоја социјалистичког друштва - Социјалистичке Федеративне Републике Југославије, до смрти Ј.Б. Тита - усмерена стамбена изградња,
- 1981-1990 - период отклона од социјалистичког друштва - формирање тржишта станова,

- 1991-2000 - период транзиције, распада СФРЈ и интензивних миграција,
- после 2000 - период формирања и развоја парламентарне демократије - настајање слободног (нерегулисаног?) тржишта.

Таква подела, међутим, није у потпуности компатибилна са статистичким подацима који су неопходни ако желимо да на неки начин квантификујемо не само постојеће стање, већ и сумарне ефекте системских побољшања у оквиру појединих типова. Показало се да је једини начин да се постигне релевантна квантификација, било на локалном (градском или регионалном) било на националном нивоу, формирање типологије која је у корелацији са динамиком званичних пописа становништва и других доступних статистичких података.

Од 2002. до данас урађено је неколико таквих типологизација стамбеног фонда са аспекта енергетске ефикасности. Прва типологија је постављена у оквиру научноистраживачког пројекта *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре* (НИП283, 2002-2005), разматрајући стамбене зграде на подручју Београда. Ова класификација је урађена првенствено на основу године изградње, а периодизација је дефинисана имајући у виду основне историјске периоде током 20. века, промене у прописима који се односе на термичку заштиту, као и године у којима су вршени пописи становништва. На слици 1-3 означен је део стамбеног фонда који је обухваћен овим радом - јасно је да је реч о најзаступљенијем и типолошки најразноврснијем сегменту.

Десет година касније, за потребе студије Архитектонског факултета Универзитета у Београду рађене за Градску управу града Београда - *Атлас енергетских карактеристика омотача грађевинских објеката у Београду* - извршена је класификација стамбених зграда које су прикључене на систем даљинског грејања (Игњатовић и Ћуковић Игњатовић 2012.). Како се истраживање бавило првенствено фасадним омотачем зграда, класификација је извршена имајући у виду, осим године изградње, и материјализацију фасаде као и очекивани степен сложености приликом интервенције на фасади у односу на оригинално архитектонско решење и



Слика 1-3. Типологија развијена у оквиру НИП 283 | Извор: Јовановић Поповић (ур.), 2002., непагинирани прилог

природу фасадне облоге. Типолошка матрица дата на слици 1-4 формирана је тако што је према години изградње и хронологији прописа којима се регулисала област термичке заштите зграда, дефинисано шест класа:

- A. пре 1945.
- B. 1946-1967.
- C. 1968-1980.
- D. 1981-1987.
- E. 1988-1999.
- F. после 2000.

Према техници градње и примењеној фасадној облози зграде су сврстане у три основне категорије:

- I. Зграде зидане традиционалним техникама градње; фасадна облога од фасадног малтера, вештачког камена и сл.
- II. Зграде различитих склопова са фасадном опеком,
- III. Зграде грађене индустријализованим техникама градње, са префабрикованим фасадним панелима.

У оквиру сваке од наведених категорија, идентификовани су различити степени сложености потенцијалне интервенције и то:

- 1. Зграде које се могу унапредити уз једноставне и приступачне мере,
- 2. Зграде на којима се могу примењивати релативно једноставне архитектонске мере унапређења, али уз одређена (мања) ограничења, и
- 3. Зграде чији архитектонски склоп не омогућава једноставну имплементацију мера енергетске санације.

Ове поставке чине класификацију веома погодном за сва истраживања која се односе на архитектонске интервенције на стамбеним зградама. У оквиру поменутог истраживања детаљно је анализирано 30 зграда кроз термовизијске снимке, увид у пројектну документацију, предлог мера

	I зграде зидане традиционалним техникама градње, обрада фас. малтер, вештачки камен и сл.			II зграде са фасадном опеком			III зграде грађене индустријализованим техн. градње, са префабрикованим фасадама		
	1	2	3	2	3	1	2	3	
A <1945									
B 1946-1967									
C 1968-1980									
D 1981-1987									
E 1988-1999									
F >2000									

”усмерена стамбена градња”

Слика 1-4 Типолошка матрица објеката обрађених у ”Термовизијском атласу Београда” | Извор: Игњатовић и Ђуковић Игњатовић, 2012., стр. 8

унапређења, процену уштеде енергије и периода отплате за карактеристичне сценарије итд. На слици 1-4 означени су објекти који припадају усмереној стамбеној градњи - уочавамо да се ради о типолошки најразноврснијем сегменту, махом са фасадама комплексније материјализације (II и III категорија материјализације, 2. и 3. степена сложености потенцијалне интервенције).














































Свакако најкомплексније и најобимније истраживање у овој области представља "Национална типологија стамбених зграда Србије".

100%	38.81%	32.13%	24.97%	4.09%
A – <1919. 0.36%	 0.05%	 0.02%	 0.29%	 0.00%
Б – 1919-1945. 7.26%	 1.13%	 0.42%	 5.70%	 0.00%
Ц – 1946-1960. 8.63%	 0.03%	 2.74%	 2.74%	 6.12%
Д – 1961-1970. 16.18%	 7.92%	 4.72%	 2.77%	 0.76%
Е – 1971-1980. 23.79%	 9.41%	 9.25%	 2.50%	 2.63%
Ф – 1981-1990. 20.94%	 7.18%	 10.01%	 3.17%	 0.57%
Г – 1991-2012. 22.84%	 10.08%	 4.96%	 7.80%	 0.00%

"усмерена стамбена градња"

Слика 1-5 Вишепородично становање у Србији - статистичка заступљеност и илустративни приказ типова | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.а

Вишегодишњи рад на структурирању целокупног стамбеног фонда Србије са аспекта енергетске ефикасности обухватило је и прикупљање података на терену за око 17000 стамбених објеката (Јовановић Поповић и др. 2013.а и 2013.б). Истраживање изложено у овој тези директно се наслања и надовезује на резултате добијене приликом рада на националној типологији, те су типологизација и периодизација дати у "Атласу вишепородичних зграда Србије" (слика 1-5) и "Националној типологији стамбених зграда

Тип	породично становање (до 4 стана)			вишепородично становање (више од 4 стана по улазу)		
	1  слободностојећа	2  у низу	3  слободностојећа	4  ламела	5  у низу	6  солитер
А < 1919.						
Б 1919-1945						
Ц 1946-1960						
Д 1961-1970						
Е 1971-1980						
Ф 1981-1990						
Г 1991-2011						

"усмерена стамбена градња"

Слика 1-6 Национална типологија стамбених зграда Србије | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Србије” (слика 1-6) усвојени као основни, док су елементи типологије изложене у ”Термовизијском атласу Београда” усвојени условно, као корективни због веће сензитивности на специфичности архитектонског решења. Коришћење националне типологије нам такође омогућава да сагледамо потенцијалне позитивне ефекте у ширем контексту, као и стратешке уштеде на националном нивоу за одређену категорију објеката.

1.2 О планској (“усмереној”) стамбеној градњи

Након Другог светског рата, на подручју тадашње Југославије, држава је била основни носилац станоградње - како на пословима обнове у градским срединама, тако и изградње нових објеката а потом и читавих насеља. Испрва се градило једноставним, традиционалним техникама градње, уз минимум механизације, ослањајући се на веома бројну али неквалификовану радну снагу. У овом периоду, архитектонска решења су била крајње поједностављена, готово тривијални, искључиво утилитарни одговор на тренутне потребе.

Током педесетих година двадесетог века, постајало је очигледно да, упркос импресивном ентузијазму бројних радних бригада и готово невероватном учинку појединаца, традиционалним техникама грађења није могуће обезбедити адекватан број станова и испунити социјалистички императив ”стана за све”. Тако је индустријализација постала неопходна како би се у пракси подржала актуелна идеолошка доктрина, док су истовремено стасале прве послератне генерације архитеката, као и свест о друштвеном и културолошком значају дефинисања и промовисања идеје аутохтоног ”социјалистичког становања”. Ове околности довеле су до јединственог преплитања технологије грађења, потребе за друштвеним и индустријским напретком, редефинисаним друштвено одговорним положајем струке у специфичном историјском и културолошком контексту. ”Модерност” и општи прогрес тражили су своју манифестацију и у архитектури. Након година монотоног понављања баналних архитектонских решења, јавила се потреба за експериментом, тежња да се истраже нови склопови, нови

материјали, нови конструктивни системи, дефинишући нови архитектонски израз, физичку манифестацију владајуће доктрине. Неопходност индустријализације (која је била заправо једини одговор на перманентно растуће потребе за становима у урбаним срединама) довела је и до интензивног развоја комплетне грађевинске индустрије. Посебно значајан помак догодио се крајем педесетих и током шездесетих година, масовним увођењем "ИМС" префабрикованог скелетног система ижењера Бранка Жежеља, а потом и развојем низа система панелне префабрикације у највећим грађевинским предузећима тог времена.

Током истог периода држава престаје да буде једини носилац развоја: велика државна предузећа, војска, милиција и разни државни органи постају заправо инвеститори који граде на стотине станова и стамбених зграда, читава нова насеља и стамбене блокове како би својим упосленицима обезбедили адекватан стамбени простор, када се и развија концепт "усмерене стамбене градње". У потрази за најбољим архитектонско-урбанистичким решењима за ове замашне и амбициозне пројекте, професионални конкурси су постали уобичајени, готово стандардни део процедуре. Добрим делом управо захваљујући богатој конкурсној пракси током шездесетих и седамдесетих година прошлог века испитивани су различити стамбени склопови, постављени су нови концепти савременог (социјалистичког) стана, истраживане су функционалне, обликовне, просторне и ликовне могућности домаћих префабрикованих система.

Динамични развој и храбри искорак у непознато и неистражено имали су за резултат импресивна архитектонска достигнућа, али и бројне недостатке који из теничких или културолошких разлога нису издржали проверу времена, те данас највећи део објеката изграђених у овом периоду не одговара захтевима савременог становања (Ćuković Ignjatović and Ignjatović 2014). Са друге стране, фондус ових стамбених зграда представља драгоцен ресурс, не само као појединачни објекти, већ и као јединствена целина будући да се најчешће ради о комплетним инфраструктурно опремљеним насељима или стамбеним блоковима у којима су изграђени и сви пратећи

садржаји (школе, обданишта, зелене и рекреативне површине итд) и временом развијене комплементарне терцијарне делатности. Не може се никако занемарити ни чињеница да је овај период оставио и читав низ архитектонско-урбанистичких реализација високог домета које су временом постале део нашег културног наслеђа и запажени примери архитектуре "социјалистичког модернизма".

1.3 Заступљеност објеката насталих током усмерене стамбене градње

Деценије интензивне градње, када су ницала читава нова насеља и стамбени блокови, оставиле су нам у наслеђе десетине хиљада станова, махом у урбаним срединама. Ослањајући се на претходна истраживања описана у делу 1.1, могуће је дати прилично поуздане процене о заступљености објеката насталих током усмерене стамбене градње у данашњем грађевинском фонду Београда и Србије. Како се први отклон од традиционалних техника градње јавља у другој половини 1950-их, за квантификацију су коришћени подаци почевши од 1960 (1961.) године, када се граде и први новобеоградски блокови (Блок 1 и 2) као "експериментална" нова насеља (Благојевић, 2004). Усмерена стамбена градња полако посустаје (заједно са привредом земље) већ средином 1980-их, али су транзиционе промене тек касније довеле до темељне трансформације станоградње. Како се званични статистички подаци о зградама везују првенствено за годину изградње, јасно је да су објекти извођени до краја ове деценије практично пројектовани махом у последњим годинама усмерене стамбене градње. У истом периоду развија се и регулатива из области термичке заштите², а током 1980, 1987. и 1988. усвојен је сет стандарда који су, уз минималне корекције, били на снази све до 2011. Тако можемо сматрати да је у контексту предмета овог рада релевантан фонд стамбених зграда настао у периоду од 1960. до 1991. године, будући да чини целину у погледу друштвено-

² Радивојевић (2003) даје детаљан преглед и анализу развоја стандарда из области термичке заштите

економског контекста, пројектантског приступа, примењених технологија и материјала, те слабих енергетских перформанси.

Прва, прелиминарна типологија из 2003. (слика 1-3, сабрани периоди од 1960. до 1990.) даје процену да се ради о преко 65% изграђене стамбене површине. Данас актуелна национална типологија, са далеко поузданијим подацима указује нам да се може говорити о учешћу од око 61% у корпусу вишепородичног становања (слика 1-5, сабрани периоди Д, Е и Ф), односно, према подацима добијеним током рада на националној типологији, то учешће износи од 64.21% према броју зграда, до 70.56% према броју станова (табела 1-1). Према подацима пописа из 2011, овом периоду припада 62,98% настањених станова у зградама са 3 и више станова.

Табела 1-1 Стамбене зграде у Србији - дистрибуција по периодима

Вишепородично становање		изграђена стамбена површина [m ²]	број станова	број зграда	број улаза
А	пре 1919	0,55%	0,54%	0,95%	0,77%
Б	1919-1945	2,84%	3,85%	5,60%	4,18%
Ц	1946-1960	5,14%	6,07%	7,60%	7,51%
Д	1961-1970	14,02%	16,21%	16,05%	15,40%
Е	1971-1980	29,24%	30,79%	24,52%	26,18%
Ф	1981-1990	27,30%	24,86%	23,64%	24,15%
Г	1991-2011	20,91%	17,68%	21,65%	21,82%
		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
ПЕРИОДИ Д, Е, Ф		70,56%	71,86%	64,21%	65,73%

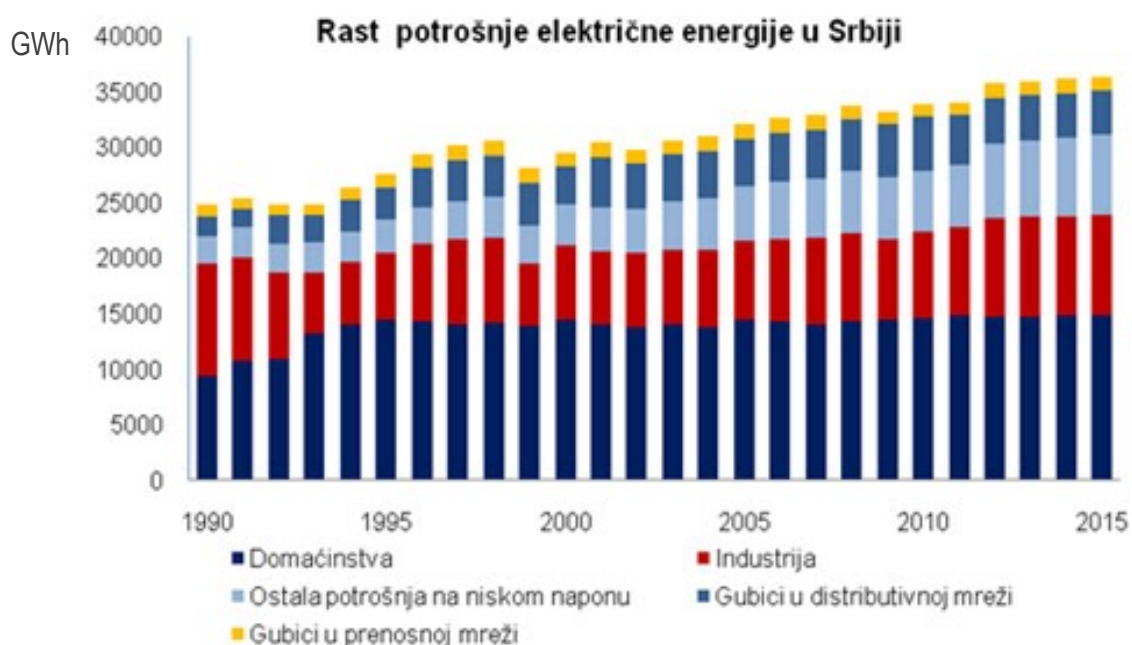
Слика је нешто другачија ако желимо да сагледамо комплетан стамбени фонд наше земље, укључујући и породичне куће као најзаступљенији тип становања на националном нивоу. Тада посматрани сегмент стамбених зграда (вишепородично становање од 1961. до 1990.) учествује³ са 27.68%

³ Према подацима добијеним током рада на Националној типологији

стамбене површине, односно 19.34% стамбених јединица, а представља тек 1.72% од укупног броја објеката (2.5% улаза, према поштанској адреси).

Осим неспорне статистичке заступљености, за стамбене зграде настале током посматраног периода карактеристична је и велика разноврсност архитектонских решења, склопова и материјализације фасаде. То се најбоље сагледава на типологији датој у "Термовизијском атласу Београда", где се уочава да у датом периоду постоје сви релевантни типови материјализације и склопа фасадног омотача, у сва три степена сложености (слика 1-4).

Изузетно велика заступљеност у свеукупном грађевинском фонду земље, као и разноврсност примењених материјала и архитектонских решења указују на значај детаљног методолошког испитивања обнове зграда насталих током усмерене стамбене градње. Наиме, утрошак, односно потенцијална уштеда енергије, у овако великом броју домаћинстава има стратешки значај за комплетну енергетску слику наше државе (слика 1-7). Са друге стране, велика типолошка разноврсност стамбених зграда насталих у овом периоду завређује посебне архитектонске анализе потенцијалних мера обнове и понекад захтева специфичне интервенције којима се приступа у циљу енергетске оптимизације.



Слика 1-7. Раст потрошње електричне енергије у Србији у периоду 1990-2015 | Извор: <http://www.eps.rs/Lat/Article.aspx?lista=Sitemap&id=100> приступљено 13.10.2015.

1.4 Архитектонске и урбанистичке вредности "нових насеља"

Изузетан интензитет грађевинске активности током периода "усмерене стамбене градње" био је добрим делом резултат друштвено-политичких прилика али није био стихијски. Још од краја 1940-их, развој станоградње је био планиран и све до краја седамдесетих био је приметан перманентан развој и напредак свих елемената струке. Урбанистичка решења појединачних блокова и приградских насеља добијана су на основу националних конкурса, као и архитектонска решења бројних стамбених зграда, што је често резултовало вредним оставрењима (Митровић 1975, Стојановић и Мартиновић 1978, Благојевић 2004, итд). Осим архитектонско-урбанистичких вредности великог броја тих пројеката, значајно је и то што су њима обухватани и сви комплементарни садржаји (школе, обданишта, центри месних заједница са комерцијалним и друштвеним садржајима), планиране су и уређиване зелене и слободне површине, паркинзи, гараже итд. у складу са тадашњом регулативом. Данас овај сегмент грађевинског фонда представља и веома интересантно поље теоријских и културолошких истраживања⁴ те се и његове вредности перманентно преиспитују и ревалоризују.

Унапређења која осавремењују и продужавају животни век стамбеног фонда, са позиције актуелне парадигме одрживости представљају практично најпожељније решење, нарочито узимајући у обзир и шири друштвени контекст, социјални и културолошки значај обнове зграда у постојећем вредном урбаном ткиву. Стамбене зграде, без обзира на архитектонске вредности које могу поседовати, не могу се посматрати као статични споменици будући да су перманентно настајене, те се понашају као "живи организми који се морају прилагођавати савременим потребама" (Graf, 2014). Управо потреба да се њихова основна функција задржи и унапреди, отвара

⁴ Посебно се могу издвојити публикације *Unfinished Modernisations* (Mrduljaš and Kulić 2012), *Диференцирана суседства Новог Београда* (Ерић, 2009), док се генеза и трансформација архитектонске и урбанистичке "доктрине" вероватно најбоље могу сагледати у књизи *Нови Београд: оспорени модернизам* (Благојевић, 2007).

бројна питања архитектонског третмана ових зграда приликом адаптације, те захтева преиспитивање различитих техничких и обликовних решења.

2. СТАМБЕНА АРХИТЕКТУРА 1960-1990: ПРОЈЕКТОВАНО И АКТУЕЛНО

СТАЊЕ

Да би се боље сагледала проблематика обнове и енергетске оптимизације стамбених зграда насталих током периода "усмерене стамбене градње", неопходно је разумевање архитектонских специфичности овог сегмента нашег грађевинског фонда. Грађење у великим потезима, формирање читавих нових насеља и стамбених блокова у урбаним срединама било је у том периоду готово једини одговор на константну потребу за великим бројем станова у оквиру тадашњег друштвено-економског основа станоградње. Планирање, пројектовање и реализација ових комплексних архитектонско-урбанистичких целина било је у свим својим сегментима нераздвојиво испреплетано са доступним и пожељним техникама градње, материјализацијом, технолошким решењима, као и перманентним преиспитивањем архитектонског склопа новог, социјалистичког стана и становања. Потенцијал за обнову мора се стога разматрати у контексту пројектованог, реализованог и данашњег стања овог дела грађевинског фонда.

2. 1. Пројектовање и реализација објеката "усмерене стамбене градње"

2.1.1. Планирање "нових насеља"

Свакако једна од посебности планирања и грађења у склопу усмерене стамбене градње је формирање "нових насеља" - било да се ради о стамбеним блоковима попут новобеоградских блокова, било да се ради о новим насељима, најчешће на ободу већих градова попут Београда, Новог Сада, Ниша. Они су углавном планирани као аутохтоне просторне и друштвене јединице, у складу са институцијом "месне заједнице"⁵. У већини случајева,

⁵ У послератном периоду формиран су "месни одбори" и "стамбене заједнице". Устав из 1963. дефинише "месну заједницу" као најнижу форму локалне самоуправе (формално факултативног карактера) која замењује месне одборе и стамбене заједнице. Уставом из 1974. месне заједнице постају "обавезан облик самоуправног организовања на територијалном принципу" (Вујовић 2014).

то значи да су осим стамбених зграда грађени и "центар месне заједнице" са комбинацијом комерцијалних, културних и друштвенополитичких садржаја, школа и обданиште. Крајем седамдесетих и током осамдесетих, неки од ових садржаја све чешће бивају изостављени у реализацији, али су временом готово сва насеља и блокови опремљени елементарним комплементарним садржајима. Уз комплетну инфраструктурну опремљеност која је по правилу пратила изградњу, данас можемо сматрати да се добар део овог сегмента грађевинског фонда налази на солидно опремљеним локацијама које већ имају обезбеђене значајне капацитете водовода, канализације, телекомуникација, приступне и интерне саобраћајнице, паркинг места, гараже и сл. као и уређене зелене површине, комплементарне садржаје који су предвиђени иницијалним пројектом и неретко током експлоатације даље развијани, проширивани и допуњавани.

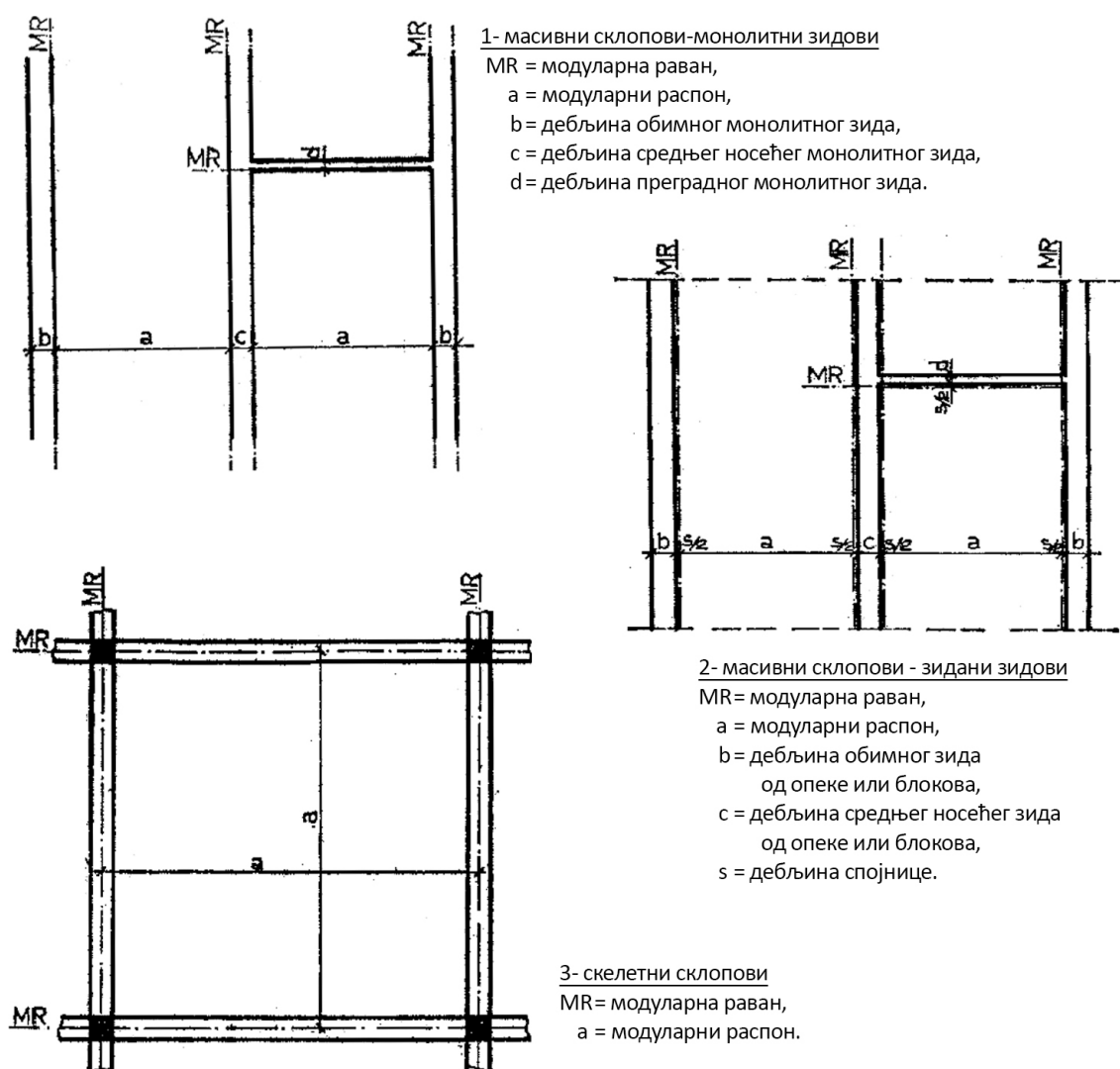
Планирање у "великим бројевима" такође је имало за последицу репетицију идентичних или веома сличних архитектонских решења на великом броју објеката. Како су носиоци посла била велика грађевинска предузећа, неретко са сопственим системима префабрикације, понављање одређених модела и склопова није било карактеристично само у оквиру појединачног блока/насеља, већ се поједина решења јављају на различитим локацијама широм земље.

2.1.2. Технологија градње и архитектонски склоп

Интензивна индустријализација стамбене градње захтевала је и одговарајући приступ архитектонском пројектовању. Како се градитељска активност интензивирала, још је крајем 1955. године основана комисија са задатком да испита и предложи стандард за основни грађевински модул и већ након шест месеци предлог комисије "Јединствени модуларни систем у зградарству" усваја се као југословенски стандард⁶. Следи низ елабората којима су детаљно истражени димензионални стандарди за димензије

⁶ Детаљан приказ развоја норматива из ове области, као и пратећих елабората и студија дат је у тексту Мате Бајлона "Стан у Београду" (Архитектура урбанизам 74-77), нарочито у поглављу 7 - Југословенски грађевински центар.

распона, дебљине међуспратних конструкција, елементе намештаја и опреме и сл. Наредба о привременим техничким прописима о пројектовању и грађењу у стамбеној изградњи по систему модуларне координације донета је 1960. године (Службени лист ФНРЈ 4/60), док је крајем исте деценије донет и одговарајући Правилник о техничким мерама и условима за изградњу стамбених објеката по систему модуларне координације мера (Службени лист СФРЈ 26/69) са модулом од 10cm (1M) као основном јединицом. Током целокупног посматраног периода, готово све стамбене зграде су



Слика 2-1. Положај модуларних равни у односу на конструктивне елементе, фасадне и преградне зидове | Извор: Правилник о техничким мерама и условима за изградњу стамбених објеката по систему модуларне координације мера (Службени лист СФРЈ 26/69, стр. 782)

пројектоване према овим принципима⁷, са нормираним распонима међуспратних конструкција (девет модуларних величина од 3,60 до 6,00m) и свега три мере за конструктивне висине спратова (27M, 28M и 29M). Позиција модуларних равни у односу на носеће елементе, преградне и фасадне зидове прецизно је дефинисана у односу на тип градње (бетонски зидови, зидани зидови и скелетни систем, слика 2-1).

Упркос бројним ограничењима, током шездесетих и седамдесетих година прошлог века, кроз низ пројектантских и теоријских истраживања, бројне конкурсе, дискусије и размене искустава искристалисала су се бројна решења која су веома успешно објединила тадашње идеолошке премисе "савременог стана", функционалност, рационализацију, логику и правила индустријске станоградње у вредна архитектонска решења (слика 2-2). Осамдесетих година, уз друштвено-економске промене, постепено долази и до отклона од ове праксе и данас концепта модуларне координације у станоградњи практично и нема, а чак и на великим насељима радови се практично у целости изводе на лицу места.

Модуларност, тежња да се омогући флексибилност и адаптивност током различитих модалитета коришења стана (промена у броју генерација, станара, режима становања и сл.), комплементарност и компатибилност појединих просторних, конструктивних и функционалних целина оставили су простора да се у савременим интервенцијама потраже нове интерпретације ових стамбених склопова.

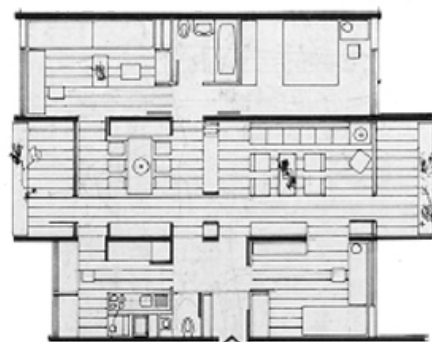
2.1.3. Технологија градње и материјализација

Експанзија грађевинске индустрије одразила се и на материјализацију стамбених зграда. Као и у случају архитектонских склопова, упркос бројним регулаторним, идеолошким и економским ограничењима у овом периоду наилазимо на изузетно разноврсна решења. Данас, након деценија експлоатације, имамо сасвим добар увид у то која су се од тих решења показала успешним а која су испољила одређене недостатке.

⁷ Чланом 2 Правилника изузети су били објекти у заштићеним целинама и објекти произведени по затвореном индустријском систему.



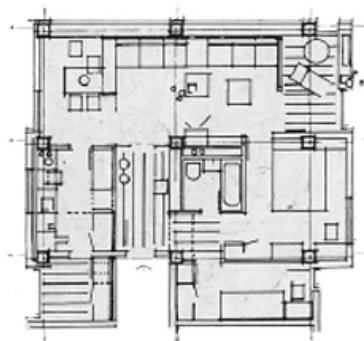
Лиман III, Нови Сад
П. Цагић, М. Лојаница, Б. Јовановић



Бул. Војоводе Степе,
I и II подручје, Београд



Блок 23, Нови Београд
Б. Јанковић, Б. Караџић, А. Стјепановић



Блокови 61-62 југ, Нови Београд
М. и Д. Марушић, М. Миодраговић



Бањица, Београд
Б. Дрињаковић, Б. Караџић, А. Стјепановић

Слика 2-2. Примери станова из неколико конкурсних решења | Извор: Алексић 1975, стр. 44

Примарна конструкција је најчешће била армиранобетонска и то у неком од система префабрикације развијеним током 1960-их и 1970-их година. Скелетне конструкције, преваходно у ИМС систему, доминирале су станоградњом (Ђукановић 2015) али су били заступљени и разни облици

панелне градње које су користила велика грађевинска предузећа ("Рад", "Неимар", "Трудбеник", "Комграп" итд.). Скелетни систем свакако омогућава већу флексибилност и лакше измене просторне организације стана али када је реч о потенцијалним променама габарита самог објекта - могућих проширења у хоризонталном и вертикалном правцу - оба система се могу посматрати равноправно. Наиме, како су коришћени типизирани елементи и високе марке бетона, објекти из овог периода најчешће могу поднети додатна статичка оптерећења која би проистекла из евентуалних интервенција на габариту зграде.

Фасадни омотач је концепцијски био условљен техником градње али и тенденцијом да се оствари "модерни карактер" чак и на позицијама рађеним на лицу места. Низови прозорских и парапетних трака, са или без лођа и пуна зидна платна, махом без икаквих отвора на бочним фасадама, карактеристични су за готово све стамбене зграде из посматраног периода, без обзира на примењене фасадне материјале и структуру фасадног зида. Технолошка решења префабрикованих система примењиваних у ранијим фазама усмерене стамбене градње нису (са изузетком новобеоградске "телевизорке") имала фасадне панеле са прозорским отвором у самом панелу (Ђукановић, 2015.). Отвори су формирани између панела, са парапетима монтажним или рађеним на лицу места и управо на тим позицијама данас уочавамо највеће топлотне губитке. Потреба за брзом реализацијом, недовољно познавање нових материјала и склопова, неадекватно прилагођавање усвојених иностраних решења неки су од најчешћих узрока лоших перформанси ових фасада. Са становишта потенцијалне обнове, пак, могућност потпуне замене појединих сегмената представља аспект који свакако завређује темељнија разматрања. Тек у последњој деценији примене префабриковане станоградње код нас, јављају се техничка и архитектонска решења са "традиционалним", појединачним прозорским отворима, као на примеру новобеоградских блокова 19а, 63-64, 44, итд. Посебну тему по питању третмана приликом енергетске санације зграда "усмерене стамбене градње" представљају **завршне фасадне облоге** и разноврсне обраде о чему ће бити више речи у трећем поглаљу.

Термички омотач ових зграда свакако да не одговара актуелним стандардима али је на кључним позицијама била предвиђана и уграђивана термоизолација, испрва искуствено а потом и у складу са одговарајућом регулативом из области термичке заштите. Елементи термичког омотача биће детаљно анализирани у наредном поглављу.

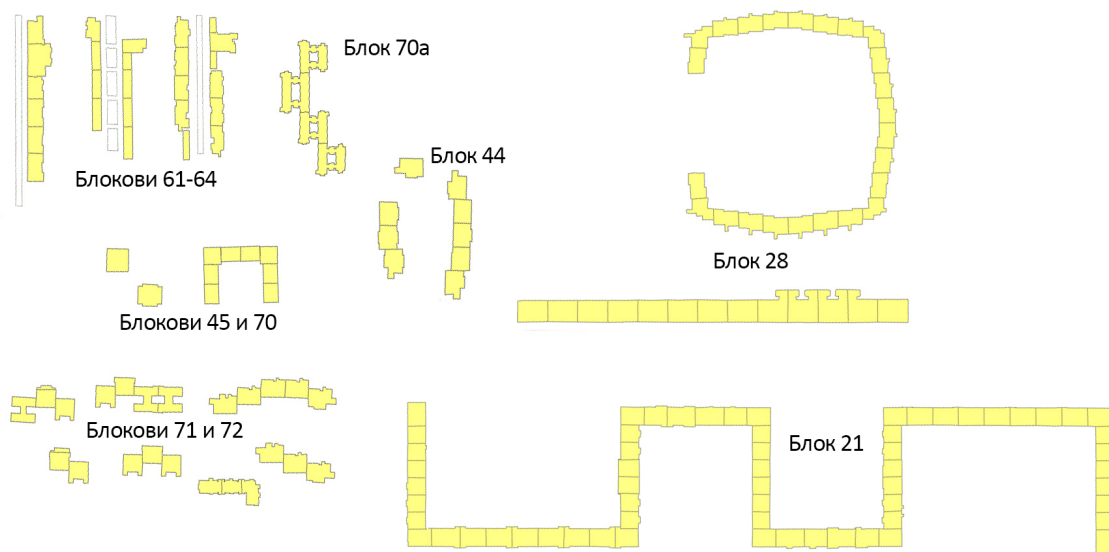
2. 2. Актуелно стање објеката "усмерене стамбене градње"

Деценије експлоатације и готово никаква улагања у текуће одржавање, уз неизбежне друштвено-историјске промене, имају за последицу то да су данас објекти "усмерене стамбене градње" по многим просторним, функционалним и техничким карактеристикама дисонантни схватању, стандарду и потребама савременог становања. Да би се добили валидни, одрживи модели обнове, без обзира да ли је побољшање енергетских карактеристика ових зграда примарни циљ интервенције, неопходно је преиспитати и опције унапређења по дугим аспектима. Архитектонско решење које, осим побољшања енергетске ефикасности, доноси и активирање нових простора и/или садржаја, унапређује просторни, светлосни или акустички комфор у становима свакако представља додатну мотивацију да се приступи свеобухватној интервенцији.

2.2.1. Заједнички садржаји и простори

Константно помањкање стамбеног простора довело је током времена и до промена намене разних заједничких садржаја и простора у стамбеним зградама. Просторије намењене скупштини станара, перионице, сушионице, оставе и сл. током деведестих, па и касније, претворене су у стамбене или пословне просторе. У мањим местима и на мање атрактивним локацијама још увек има доста таквих неискоришћених простора те би проналажење тржишног модела којим би се они могли активирати олакшало финансирање обнове зграде.

У богатој морфолошкој разноврсности архитектонског склопа ових објеката јављају се и двотракти, атријуми, различите разуђене и сложене форме



Слика 2-3. Морфолошка разноврсност новобеоградских зграда (сви објекти су у истој размери) | Извор: www.geosrbija.rs

(слика 2-3). Архитектонске интервенције на оваквим зградама могу да обухвате и застакљивање појединих сегмената, формирања наткривених простора, стакленика и сл. Тада се, осим побољшања енергетских перформанси зграде, добијају и нови квалитетни простори, отварају се могућности за повећање корисне површине, побољшање разних аспеката комфора па и формирање нових заједничких садржаја примеренијим стандарду савременог становања⁸.

2.2.2. Параметри комфора и термичке перформансе - потребне промене материјализације

Посматрајући синтезно одређене параметре топлотног, ваздушног, акустичког и светлосног комфора, њихове прорачунске вредности показују да је управо у зградама грађеним у периоду 1961-1975 остварен најнижи степен комфора по овим параметрима (Ђукановић, 2015.). Иако код нас до сада није спроведено темељно истраживање које би емпиријски

⁸ Правилник о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова ("Службени гласник РС" 58/2012) не дефинише и не регулише просторије које би служиле као заједнички садржаји у склопу стамбене зграде (просторије за прославе, рекреацију, игру деце и сл.), али се сматрају веома пожељним у савременим концептима становања.

квантификовало параметре комфора у становима, искуствено нам је познато да се станари у зградама "усмерене стамбене градње" често жале на лоше услове топлотног и вадушног комфора, где осим трансмисионих губитака кроз спољашње зидове, значајну улогу имају и губици и продувавање на фасадним отворима, пропали спојеви на панелима, пропала и влажна термоизолација у фасадним зидовима и сл. Таква оштећења на фасадном омотачу већ су документована у претходним истраживањима (Cukovic Ignjatovic and Ignjatovic 2007, Јовановић Поповић и Игњатовић 2011, Игњатовић и Ћуковић Игњатовић 2012), док искуства и истраживања и у другим земљама указују на сличне проблеме на зградама истог периода (Boermans et al. 2015, Bullen 2004, Graf 2012, Lowe 2010, Nemry et al. 2010, Petersdorff et al. 2005 итд.). Иако наша регулатива још увек не разматра енергију потребну за хлађење у летњем периоду, евидентно је да су објекти настали у периоду "усмерене стамбене градње" веома осетљиви по том питању, не само због структуре фасадних зидова, већ и због великих стаклених површина (често без адекватне заштите), слабо изолованих равних кровова итд. Занимљиво је да се и тај проблем јавља у другим европским земљама, и то у климатским подручјима са далеко нижим летњим температурама од наших, па је тако у Енглеској спроведено истраживање које је показало знатно више измерене температуре у зградама овог периода, па су чак извођене и корелације са евидентираним утицајем на здравље и одређеним бројем смртних случајева (Beizaee et al. 2013).

Енергетску оптимизацију зграда "усмерене стамбене градње", дакле, требало би посматрати и као прилику да се постигне виши ниво комфора у стамбеним јединицама. У датим условима локације и оријентације, појединачним техничким мерама могуће је донекле побољшати поједине аспекте комфора али се једино свеобухватним архитектонским приступом ове стамбене зграде могу адекватно осавременити и заиста продужити животни век.

3. КАРАКТЕРИСТИЧНИ СКЛОПОВИ И ПОЈЕДИНАЧНЕ МЕРЕ ОБНОВЕ

3.1 Преглед карактеристичних елемената термичког омотача

Важећи Правилник о енергетској ефикасности зграда препознаје 20 различитих елемената термичког омотача за које су прописане максималне дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте $U_{\text{тах}}$ за постојеће и новопроектване зграде (Табела 3.1). Приликом енергетске санације зграда потребно је испитати опције унапређења свих елемената термичког омотача али се они у реалној ситуацији не могу третирати равноправно пошто њихово учешће у укупним топлотним губицима није исто а санација може бити скопчана са бројним техничким и финансијским проблемима који превазилазе потенцијалне бенефите. У овом поглављу су издвојени елементи који се могу сматрати карактеристичним за стамбене зграде из посматраног периода и изложене су појединачне мере обнове којима се постижу карактеристике тражене Правилником о енергетској ефикасности зграда.

Из категорије "Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом" разматрани су:

- спољни зидови (поглавље 3.2),
- прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште (поглавље 3.3),
- равни кровови изнад грејаног простора (поглавље 3.4) и
- међуспратне конструкције изнад отвореног пролаза (поглавље 3.5),

Из категорије "Унутрашње преградне конструкције" разматрани су:

- међуспратне конструкције изнад негрејаних простора (поглавље 3.6) и
- зидови према негрејаним просторима (поглавље 3.7).

Табела 3.1. Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте, U_{max} [$W/(m^2 \times K)$], за елементе термичког омотача зграде | Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС 61/2011

Опис елемента / система	Постојећа зграда U_{max} [$W/(m^2 \times K)$]	Нова зграда U_{max} [$W/(m^2 \times K)$]
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом		
1. Спољни зид	0,40	0,30
2. Зид на дилатацији (између зграда)	0,50	0,35
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника	0,90	0,90
4. Раван кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
5. Раван кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
6. Коси кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
7. Коси кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	0,30	0,20
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	1,50	1,50
10. Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	1,50	1,50
11. Спољна врата	1,60	1,60
12. Излози	1,80	1,80
13. Стаклене призме	1,60	1,60
Унутрашње преградне конструкције		
14. Зид према грејаном степеништу	0,90	0,90
15. Зид према негрејаним просторима	0,55	0,40
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	0,40	0,30
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0,40	0,30
Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)		
18. Зид у тлу	0,50	0,35
19. Под на тлу	0,40	0,30
20. Укопана међуспратна конструкција	0,50	0,40

У оквиру Националне типологије стамбених зграда Србије (Јовановић Поповић и др, 2013б), на основу прикупљених података о преко 17000 зграда и одговарајућих кластер анализа обављених за објекте вишепородичног становања, извршена је класификација којом је идентификовано укупно 39 карактеристичних представника стамбених зграда у седам различитих временских периода (класе А-Ф, слика 1-6) и шест типова (типови 1 и 2 за породично становање, односно типови 3-6 за вишепородично становање, слика 1-6). За сваки од 39 типова идентификовани су елементи термичког омотача и предложене две опције унапређења (Јовановић Поповић и др. 2013б, стр. 17):

- Унапређење 1 - дефинисано као *"стандардне мере, које су и иначе упобичајене на нашем тржишту"* и
- Унапређење 2 - дефинисано као *"унапређене мере, које захтевају већи обим инвестиција"*.

У оквиру овог поглавља извршена је анализа предложених мера унапређења за елементе термичког омотача укупно 12 референтних типова зграда које припадају посматраном сегменту грађевинског фонда - вишепородичном становању изграђеном у периоду од 1961. до 1990. године - што одговара типовима 3-6 у оквиру периода Д-Ф Националне типологије (слика 1-6). Анализом су преиспитане могућности и ограничења практичне примене грађевинских мера санације предложених у оквиру Националне типологије, на основу којих су дате препоруке за њихову примену на посматраном сегменту грађевинског фонда, односно предложене алтернативне мере које би се могле применити у одређеним ситуацијама.

3.2 Спољни зидови

Спољни зидови представљају доминантну компоненту термичког омотача зграде. Код стамбених зграда највећи део површине термичког омотача зграде управо се односи на фасадне зидове и њихова санација је често неизбежна када се тежи побољшању енергетске ефикасности. Најчешћа опција је додавање термоизолационог слоја чиме се најефикасније редукује



Слика 3-1 Фасаде стамбених зграда из 1960-их и 1970-их година - примери примене различитих материјала и фасадних обрада | Фото: Н. Мацут, (Stanković B. and Macut N. 2014)

пролаз топлоте кроз фасадни зид.

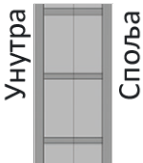
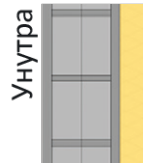

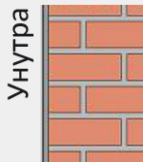
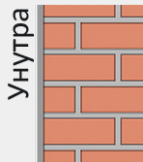
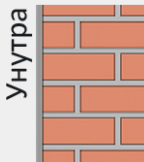
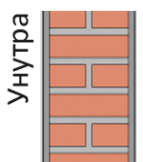
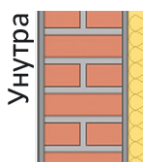
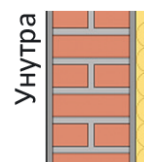
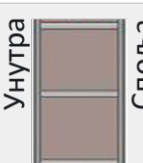
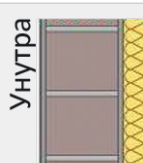
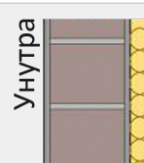
Приликом постављања термоизолације у фасадним зидовима стамбених зграда у нашим климатским условима најповољнијом опцијом се сматра позиција са спољашње стране зида будући да се тако на најбољи начин користи термички капацитет масивног дела фасадног зида. Код зграда грађених у периоду 1960-1990, међутим, постоји велика разноврсност склопова и завршних обрада фасадних зидова (слика 3-1) и овај тип интервенције није увек могуће тако једноставно реализовати као што је случај код зиданих зграда са фасадним малтером као завршном обрадом. Тако, на пример, само на релевантним репрезентима типова у Атласу вишеспородичних зграда Србије и Националној типологији стамбених зграда Србије наилазимо на чак 22 различита склопа фасадних зидова. У контексту потенцијалних интервенција, евидентирани фасадни зидови могу се класификовати на следећи начин:

- i. Зидани, малтерисани зидови,
- ii. Армиранобетонски зидови,
- iii. Вишеслојни "сендвич" зидови са опекарским елементима као завршном обрадом,
- iv. Вишеслојни "сендвич" зидови са натур бетоном као завршном обрадом,
- v. Зидови са посебном фасадном обрадом,
- vi. Парапетне испуне лаких конструкција.

Зидани, малтерисани зидови без термоизолациониг слоја, могу се једноставно унапредити постављањем термоизолације са спољашње стране, уз коришћење одговарајућег система контактне фасаде са танкослојном фасадном обрадом. Сви зидови овог типа, без обзира да ли су зидани опеком, гитер блоковима, "дурисол" блоковима, "шљако" блоковима и сл. не задовољавају актуелне прописе из области термичке заштите и неопходно их је изоловати.

У посматраном сегменту грађевинског фонда, ови зидови се могу сматрати карактеристичним за објекте грађене у најранијем периоду усмерене стамбене градње а у Националној типологији они се јављају код представника типова Д3, Д5 и Д6. Код свих евидентираних склопова је у оквиру опције "унапређење 1" предвиђен систем контактне фасаде са 10cm термоизолације (минералне вуне), док се у оквиру опције "унапређење 2" предлаже систем контактне фасаде са термоизолацијом дебљине 15, односно 20cm (табела 3-2). Дебљина термоизолације која се може применити зависиће и од геометрије зграде и положаја фасадних отвора (нпр. ако постоје прозори у близини унутрашњег угла фасаде), диспозиције суседних зграда, непосредног окружења и слично. Предложеним унапређењима значајно се побољшавају термичке карактеристике зидова, али приликом енергетске санације зграде пожељно је испитати више опција како би се дошло до "оптималног" решења за конкретни објекат, о чему ће бити више речи у наредним поглављима овог рада.

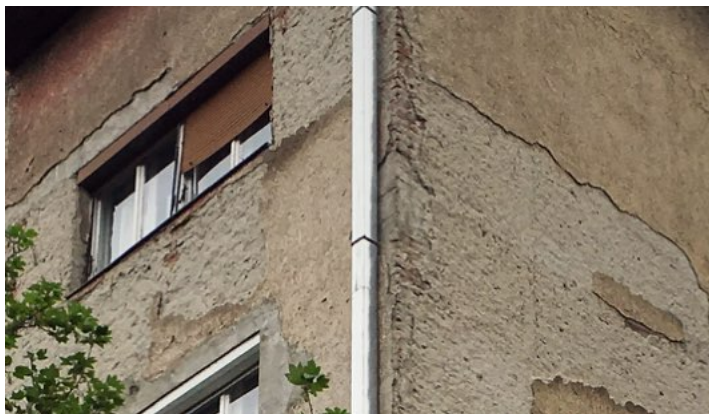
Табела 3-2 Зидани спољашњи зидови - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Д3		0.89		0.23		0.15
	малтер 2cm Дурисол блок 20cm малтер 2cm		малтер 2cm Дурисол блок 20cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		малтер 2cm Дурисол блок 20cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm	
Д5		1.26		0.29		0.21
	малтер 2cm опека 38cm малтер 2cm		малтер 2cm опека 38cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		малтер 2cm опека 38cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 15cm малтер 1cm	
Д5		1.67		0.31		0.22
	малтер 2cm гитер опека 25cm малтер 2cm		малтер 2cm гитер опека 25cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		малтер 2cm гитер опека 25cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 15cm малтер 1cm	
Д6		1.57		0.31		0.22
	малтер 2cm шљако блок 25cm малтер 2cm		малтер 2cm шљако блок 25cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		малтер 2cm шљако блок 25cm малтер 2cm термоизолација - минерална вуна 15cm малтер 1cm	

Додатни (неретко и основни) аргумент за санацију фасаде може бити и лоше стање оригиналне фасадне обраде (слика 3-2). Током 1960-их и 1970-их коришћене су бројне врсте фасадних облога - племенитих малтера најразличитијег састава и текстуре. Неки су се показали изузетно трајним,

док су неки почели да показују знаке пропадања већ након неколико година и данас су у веома лошем стању.

Приликом санације објеката веће спратности потребна је и додатна пажња приликом избора фасадног система како би се задовољили и захтеви у погледу заштите од пожара.



Слика 3-2. Оштећења фасадне облоге на зиданом зиду

Армиранобетонски зидови јављају се у склопу фасада објеката усмерене стамбене градње као елементи примарне конструкције или као елементи испуне, у оба случаја најчешће изоловани са унутрашње стране термоизолацијом дебљине 3-5cm или обложени термоизолационим малтером (табела 3-3).

У обликовном смислу, могу бити доминантни елемент, неретко и пуно зидно платно (слика 3-3 лево), али се често јављају и у комбинацији са другим материјалима, формирајући специфичан архитектонски израз (слика 3-3 десно и слика 3-4). Технички, њихова санација би се такође могла реализовати на исти начин као код зиданих зидова, али такође треба водити рачуна и о односу према обликовним и ликовним карактеристикама зграде - да ли ће се интервенцијом оне сачувати, интерпретирати на нови начин или занемарити. Системи вентилисаних фасада могу често помирити енергетске, обликовне и техничке захтеве али су ова решења вишеструко скупља од уобичајених система контактне фасаде.



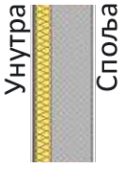
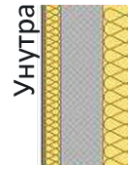
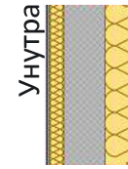
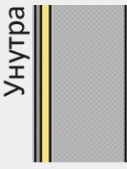


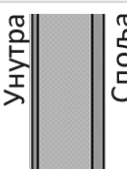
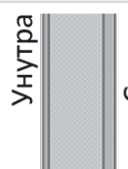
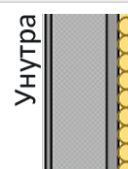
Слика 3-3. Примери стамбених зграда са армиранобетонским фасадним зидовима - представници типова Д6 (лево) и Е5 (десно) Националне типологије стамбених зграда Србије | Фото: С. Боснић



Слика 3-4. Бетонска платна на зградама новобеоградског блока 29 | Фото: Д. Игњатовић

У табели 3-3 дати су примери армиранобетонских фасадних зидова из Националне типологије где је у свим опцијама унапређења предложено постављање термоизолације са спољашње стране. Код зграда попут солитера на слици 3-3, то је свакако и технички и обликовно примерено решење, док је у случајевима где су армиранобетонски зидови мање заступљени у структури фасадног омотача потребно преиспитати неопходност и различита решења санације ове позиције.

Табела 3-3 Армиранобетонски спољашњи зидови - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2		
	скица са описом	U $W/(m^2K)$	скица са описом	U $W/(m^2K)$	скица са описом	U $W/(m^2K)$	
Д6	 Унутра Споља малтер 1cm термоизолација 5cm АБ зид 14cm	0.75	 Унутра Споља малтер 1cm термоизолација 5cm АБ зид 14cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm	0.25	 Унутра Споља малтер 1cm термоизолација 5cm АБ зид 14cm термоизолација - минерална вуна 15cm малтер 1cm	0.19	
	Е5	 Унутра Споља малтер 2cm термоизолација 3cm бетон 25cm	1.12	 Унутра Споља малтер 2cm термоизолација 3cm бетон 25cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm	0.26	 Унутра Споља малтер 2cm термоизолација 3cm бетон 25cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm	0.15
		Ф6	 Унутра Споља термон малтер 2cm бетон 19cm термон малтер 4cm	1.76	 Унутра Споља НЕМА ИЗМЕНА	1.76	 Унутра Споља термон малтер 2cm бетон 19cm термон малтер 4cm термоизолација - минерална вуна 15cm малтер 1cm

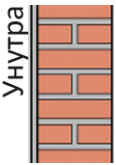
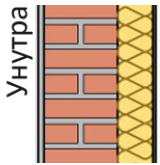
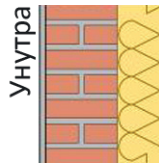
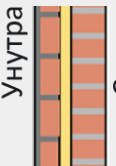
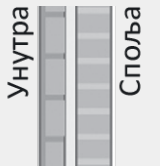
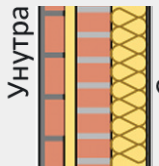
Вишеслојни "сендвич" зидови са опекарским елементима као завршном обрадом у пракси су се показали као посебан изазов приликом енергетске санације фасаде. Интервенцијом са спољашње стране тешко је задржати оригиналан архитектонски израз. Теоријски постоји могућност демонтаже спољашњег слоја, уз замену термоизолације, те поновна уградња исте или сличне фасадне облоге али се поставља питање колико би то било тржишно исплативо на стамбеним зградама старим педесетак година, а нарочито у случајевима када је сама облога у добром стању (слика 3-5). Овај тип фасадног склопа се често јавља у комбинацији са натур бетоном (слика 3-4) или другим фасадним облогама што постављање термоизолације са спољашње стране чини још нерационалнијим. У Националној типологији се за овај тип фасадног зида не предлаже никаква интервенција (Јовановић Поповић и др. 2013а, типови Е4, Ф4 и Ф5, стр. 264, 314 и 322), док је у неким случајевима разматрана могућност постављања изолације са спољашње стране (табела 3-4), када у циљу постизања што бољег енергетског разреда долази до потпуног одклона од оригиналног архитектонског решења (ибид, типови Ф3 и Ф5, стр. 306 и стр. 322). Наравно, остаје могућност постављања термоизолације са унутрашње стране уз већ поменуте недостатке и



Слика 3-5. Стамбене зграде на Бановом Брду | Фото: Д. Игњатовић

ограничења или примена система са фасадним плочицама од опекарских елемената којима се може у потпуности симулирати изглед зида обрађеног фасадном опеком (слика 3-6).

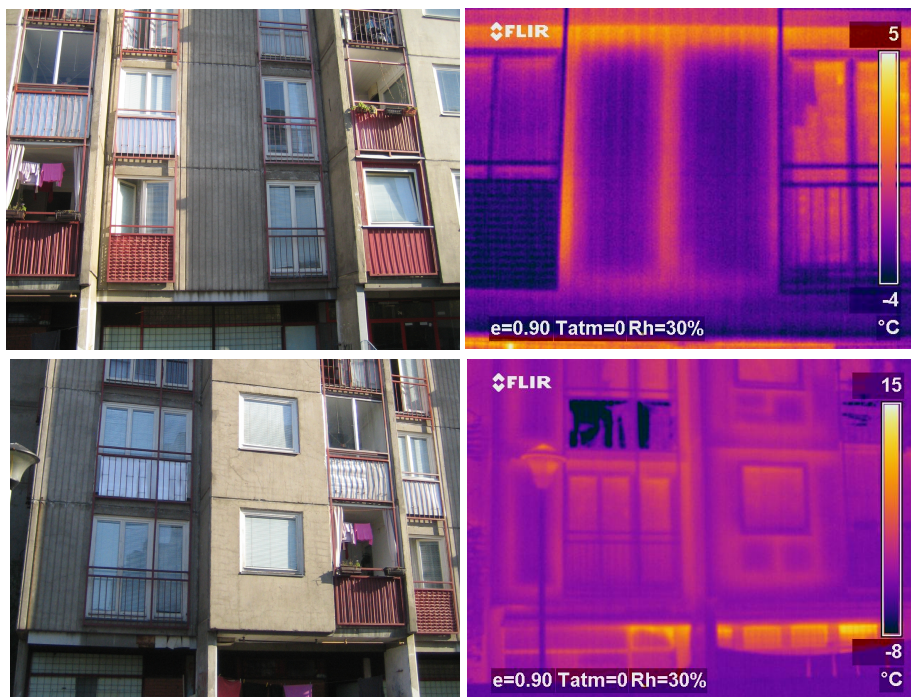
Табела 3-4 Спољашњи зидови са фасадном опеком - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Е5	 <p>Унутра Споља</p> <p>малтер 2cm пуна опека 25cm</p>	1.75	 <p>Унутра Споља</p> <p>малтер 2cm пуна опека 25cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm фасадна облога 1cm</p>	0.28	 <p>Унутра Споља</p> <p>малтер 2cm пуна опека 25cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm фасадна облога 1cm</p>	0.16
Ф3	 <p>Унутра Споља</p> <p>малтер 2cm опека 6,5cm термоизолација 4cm фасадна опека 12cm</p>	0.59	 <p>Унутра Споља</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p>	0.59	 <p>Унутра Споља</p> <p>малтер 2cm опека 6,5cm термоизолација 4cm фасадна опека 12cm термоизолација - минерална вуна 12cm малтер 1cm</p>	0.21



Слика 3-6. Систем контактне фасаде са завршном обрадом "StoCerativ Brick" која симулира фасадну опеку | извор: <http://www.stocorp.com/sto-finishes/#brick> приступљено 3.3.2016.

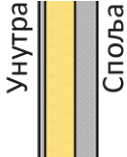
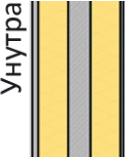


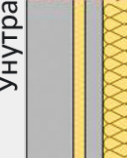

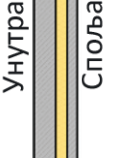
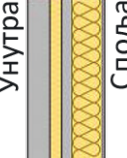
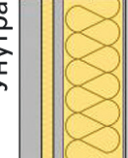
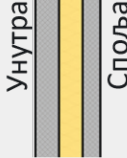
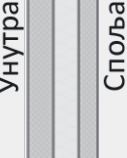

Вишеслојни "сендвич" зидови са натур бетоном као завршном обрадом најчешће се јављају у склопу префабрикованих армиранобетонских фасадних панела. Ови зидови по правилу већ имају уграђену термоизолацију дебљине 4-10cm (табела 3-5) која код многих објеката временом пропала, навлажила се и одавно изгубила функцију (слика 3-7).



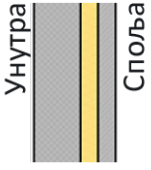
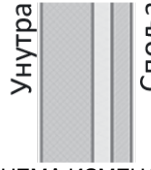
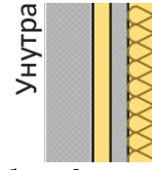
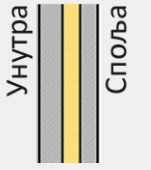
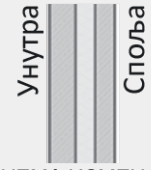
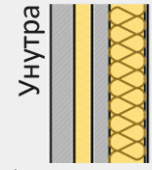
Слика 3-7 Стамбена зграда у новобеоградском блоку 62: термовизијски снимци откривају структуру префабрикованих фасадних панела и зоне где је термоизолација практично изгубила функцију

Термичке карактеристике ових фасадних зидова најједноставније се могу побољшати додавањем термоизолације са спољашње стране, што је у Националној типологији и дато као препорука за типове Е4, Е6, Ф3 и Ф6 (табела 3-5). Слика 3-8 приказује стамбену зграду у новобеоградском блоку 63 где су станари самоиницијативно реализовали овакву интервенцију.

Табела 3-5 Вишеслојни спољашњи зидови са натур бетоном - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.6

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Е4		0.77		0.24		0.14
	малтер 2cm термоизолација 10cm бетонски панел 7cm		малтер 2cm термоизолација 10cm бетонски панел 7cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		малтер 2cm термоизолација 10cm бетонски панел 7cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm	
Е6		0.81		0.24		0.14
	бетон 16cm термоизолација 4cm бетон 6cm		бетон 16cm термоизолација 4cm бетон 6cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		бетон 16cm термоизолација 4cm бетон 6cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm	
Е6		0.84		0.24		0.14
	бетон 7,5cm термоизолација 4cm бетон 3,5cm		бетон 7,5cm термоизолација 4cm бетон 3,5cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm		бетон 7,5cm термоизолација 4cm бетон 3,5cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm	
Ф3		0.46		0.46		0.16
	бетон 8cm термоизолација 8cm бетон 6cm		НЕНА ИЗМЕНА		бетон 8cm термоизолација 8cm бетон 6cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm	

Табела 3-5 Вишеслојни спољашњи зидови са натур бетоном - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.6

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Ф6	 <p>Унутра Споља</p> <p>бетон 8cm термоизолација 8cm бетон 6cm</p>	0.58	 <p>Унутра Споља</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p>	0.58	 <p>Унутра Споља</p> <p>бетон 8cm термоизолација 8cm бетон 6cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm</p>	0.20
	 <p>Унутра Споља</p> <p>бетон 8cm термоизолација 6cm бетон 6cm</p>	0.59	 <p>Унутра Споља</p> <p>НЕМА ИЗМЕНА</p>	0.59	 <p>Унутра Споља</p> <p>бетон 8cm термоизолација 8cm бетон 6cm термоизолација - минерална вуна 20cm малтер 1cm</p>	0.20



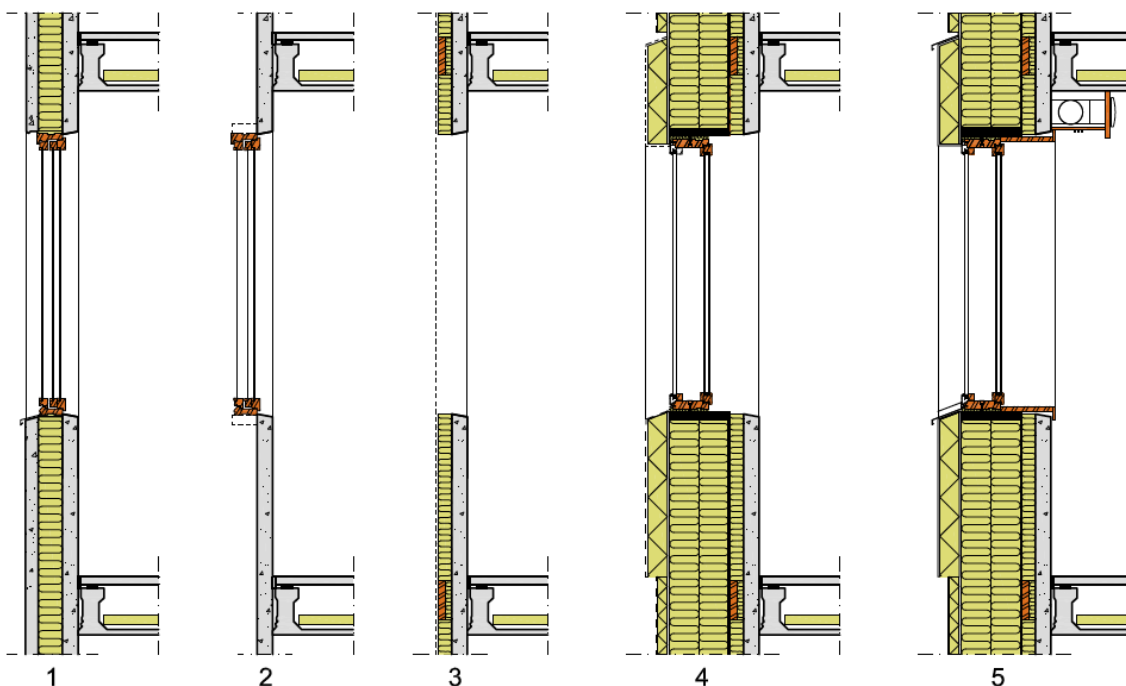
Слика 3-8 Део зграде на којој су станари сами санирали армиранобетонску префабриковану фасаду и суседна зграда са непромењеном фасадом

Већина фасадних зидова овог типа заправо су префабриковани армиранобетонски фасадни панели на којима су временом пропале спојнице и где данас констатујемо бројна и разноврсна оштећења (слика 3-7 и 3-9).



Слика 3-9 Оштећени фасадни панели на зградама Рудо 1-3 | Фотодокументација Грађевинског факултета Универзитета у Београду

Имајући у виду да код ових фасада неретко постоје бројни технички проблеми и оштећења у самој структури панела која је неопходно санирати, приликом енергетске рехабилитације ових зграда неопходно је испитати и друге опције. Једно од решења може бити и потпуно уклањање спољашњег дела панела и постојеће термоизолације, уз монтажу нове фасадне облоге са одговарајућим термоизолационим слојем и завршном обрадом у складу са архитектонским решењем (задржавајући карактер и ликовност постојеће зграде или нудећи савременији архитектонски израз). Оваква решења су још увек са економске стране дискутабилна у нашим тржишним условима али су, у случајевима када постоје значајна оштећења фасадних панела, једино адекватно решење. У Европи се такође истражује ова проблематика, а тенденција је да се изнађу решења која се могу ефикасно реализовати, уз редукцију тежине нових делова фасадног омотача. Једним од успешнијих пројеката може се сматрати европски истраживачки пројекат "ТЕС



Слика 3-10 ТЕС систем енергетске санације префабрикованих армиранобетонских панела: 1-постојећи панел; 2-демонтажа спољашњег дела и постојеће термоизолације; 3-постављање термоизолационог слоја - подлоге и демонтажа фасадне столарије; 4-монтажа новог фасадног елемента са столаријом; 5-израда опшивки, окапница и других елемената опреме на лицу места | Lylykangas et al. pp. 16

енергетска фасада” (*TES Energy Facade*) у оквиру којег је развијен систем префабрикованих елемената са дрвеном потконструкцијом који се монтирају на постојећи унутрашњи део префабрикованог сендвич панела (слика 3-10).

Зидови са посебном фасадном обрадом попут кулијеа, мозаик плочица, керамичких плочица и сл. јављају се углавном на зградама рађеним у различитим системима префабрикације, најчешће са завршном облогом положеном директно у оплату. Избор материјала, боје, текстуре био је веома важна компонента ликовности и архитектонског израза код многих објеката те се овој проблематици треба посветити са више пажње у фази пројектовања санације фасаде и од случаја до случаја испитати различите опције санације уз примену савремених фасадних облога. Како се ради о техникама и материјалима који се у нашој пракси први пут појављују управо

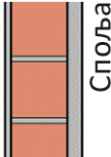
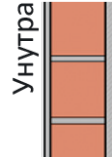
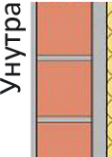
у овом периоду, јављају се велике осцилације у стању у којем се данас налазе ове фасадне облоге. Наиме, због разлике у подлози, припремним радовима, квалитету уградње, квалитету израде саме облоге или процедурама и технологији различитих грађевинских предузећа, често се једна иста фасадна обрада на неким зградама одржала добро док је на другим готово сасвим пропала (слика 3-11).



Слика 3-11. Фасадна облога од керамичких елемената у релативно добром стању (десно) и са већим оштећењима (лево)

Када је зид са оваквом фасадном облогом неопходно санирати, можемо сматрати најповољнијим решењем постављање термоизолације са спољашње стране (табела 3-6) уз фасадну обраду која одговара оригиналном архитектонском решењу. Данас су на тржишту доступни и системи контактних фасада код којих се у завршном слоју могу симулирати различите фасадне обраде.

Табела 3-6 Фасадни зид са посебном обрадом - постојеће стање и опције унапређења са U вредностима | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.6

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Д4	 <p>малтер 2cm гитер блок 19cm монтажни бетонски парапет 5cm мозаик плочице 0.5cm</p>	1.74	 <p>малтер 2cm гитер блок 19cm монтажни бетонски парапет 5cm термоизолација - минерална вуна 10cm малтер 1cm мозаик плочице 0.5cm</p>	0.31	 <p>малтер 2cm гитер блок 19cm монтажни бетонски парапет 5cm термоизолација - минерална вуна 15cm малтер 1cm мозаик плочице 0.5cm</p>	0.22

Парапетне испуне лаких конструкција представљају део фасадног омотача формиран у виду лаке сендвич конструкције, без зиданог или бетонског зида. Састоје се од унутрашње облоге (најчешће иверица, ламперија, гипскартонске плоче и сл.), парне бране и термоизолације у унутрашњости скопа и фасадне облоге (ребрасти, таласасти, ређе раван лим, салонит плоче и сл.), на дрвеној или, што је ређи случај, металној потконструкцији. Јављају се првенствено код префабрикованих фасадних склопова, будући да је тек у последњој деценији "усмерене стамбене градње" технологија израде фасадних панела са отворима у склопу самог панела узела маха. До тада је било уобичајено да се формирају нивои прозора који би испуњавали цео конструктивни растер или да се фасадни панели "размичу" на месту где је предвиђен фасадни отвор. У сваком случају, парапет би најчешће био извођен независно, као посебан (полу)префабрикован елемент, односно у виду лаке конструкције, како је већ објашњено у делу 2.1.3. *Технологија градње и материјализација*. Као и код других, у то време нових, технологија у станоградњи, и овде је било разноврсних решења (слика 3-1) од којих се многа нису показала успешним у експлоатацији. Како су грејна тела углавном смештана у парапетним нишама, топлотни губици на овим позицијама су у стварности често већи од прорачунских.

Национална типологија препознаје ову позицију али не предлаже никаква унапређења, будући да је овакве склопове готово немогуће санирати парцијалном интервенцијом већ се само може извршити демонтажа парапета уз замену неким другим системом. Овакви склопови се, међутим, често јављају и као парапети на лођама који се могу парцијално санирати што је нарочито погодно приликом замене фасадне столарије када се и постојећи парапети могу модификовати постављањем додатног термоизолационог слоја или у потпуности заменити новим монтажним склопом.


3.3 Прозори и балконска врата грејаних просторија

Замена фасадне столарије представља један од најефикаснијих начина да се значајно редукују топлотни губици, али и да се унапреде и други аспекти комфора код посматраних зграда - постиже се боља заптивеност, побољшава се звучна изолација, уграђују се спољашњи застори тамо где их није било, постојећи се замењују ролетнама са термоизолационом испуном итд. правилном уградњом нове фасадне столарије редукују се не само трансмисиони, бећ и вентилациони губици чиме се постижу значајно боље енергетске карактеристике зграде.

Национална типологија у овом сегменту стамбеног фонда препознаје два основна типа прозора: двоструке прозоре са раздвојеним крилима (уска кутија) и прозоре са спојеним крилима ("крило на крило"), по правилу дрвене конструкције. Пројектовање у условима модуларне координације је у случају фасадне столарије довело до готово униформних димензија и система поделе - типизирани растери, нормиране спратне висине, висине парапета условљене функционалним захтевима простора стандардизованих величина условили су понављање релативно малог броја комбинација на хиљадама стамбених зграда.

У предлозима унапређења, Национална типологија предвиђа дрвени прозор са двослојним стакло-пакетом испуњеним инертним гасом као унапређење којим се задовољавају актуелни захтеви из Правилника о енергетској

Табела 3-7. Прозори и балконска врата - постојеће стање (лево) и опције унапређења са U вредностима. Предложена унапређења су идентична за све типове из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

	Постојеће стање	Унапређење 1	Унапређење 2
Прозори			
	Дрвени, двоструки са размакнутим крилима (уска кутија) и једноструким стаклом. <i>Еслингер</i> и платнене ролетне	Дрвени са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом испуњеним инертним гасом	ПВЦ са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом испуњеним инертним гасом
U (W/m ² K)	3.50	1.50	1.00

ефикасности зграда (видети табелу 3-1), односно ПВЦ прозор са трослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом испуњеним инертним гасом (табела 3-7). У пракси смо, међутим, сведоци да се станари најчешће одлучују за ПВЦ столарију са двослојним термоизолационим стакло-пакетом, где се зарад повољније цене неретко опредељују за производе сумњивог квалитета који не одговарају актуелним нормативима предвиђеним Правилником о енергетској ефикасности зграда.

Застори су код објеката усмерене стамбене градње углавном предвиђани као спољашњи у виду дрвених а касније пластичних "еслингер" ролетни на директно изложеним позицијама, док су на отворима који су на заклоњенијим позицијама (лође, атријуми, светларници и сл.) предвиђане унутрашње платнене ролетне. Национална типологија у предлозима унапређења не обрађује проблематику застора али би се приликом сваке конкретне енергетске санације обавезно требале размотрити и опције побољшања застора. Адекватни спољашњи застори могу повољно утицати и на различите аспекте комфора, као и на реални енергетски биланс, будући да се могу значајно редуковати нежељени топлотни добици у летњем периоду као и топлотни губици зими.

Приликом замене фасадне столарије, када су спољашњи застори у питању, запажамо неколико практичних проблема:

- 1) Кутије за ролетну су код ових зграда биле стандардизованих димензија - 3М (30cm) док је за данашње ролетне потребан мањи простор (око 20cm) па је потребно обратити пажњу на карактеристичне детаље.
- 2) Код отвора који су имали платнене ролетне потребно је испитати да ли се може искористити геометрија фасадног платна, спој са таваницом и сл. како би се добио одговарајући простор за смештај спољашњег застора.
- 3) У појединим случајевима није могуће уградити спољашњу ролетну без промене изгледа зграде - тада би требало испитати алтернативне опције или размотрити интервенцију која би се униформно реализовала на целом објекту.



Слика 3-12. Стамбена зграда у новобеоградском Блоку 23 почетком двехиљадитих (горе) и 2015. (доле)

Замена фасадне столарије је посебно интересантна и зато што се може реализовати и индивидуално по становима. Захваљујући све приступачнијој цени ПВЦ столарије и директног позитивног утицаја на разне аспекте комфора, станари се све чешће одлучују за ову интервенцију. На овај начин се подиже квалитет становања унутар самих стамбених јединица али се уједно неконтролисано и практично неповратно девастира изглед саме зграде (слика 3-12).

3.4 Равни кровови изнад грејаног простора

Посматрано на нивоу целе зграде, код објеката вишепородичног становања карактеристичним за посматрани период учешће кровне конструкције у расподели топлотних губитака је релативно мало⁹, па су и потенцијалне уштеде далеко мање у односу на фасаду.

Санацију равног крова, међутим, сматрамо значајном не само зато што она има изузетно велики утицај на термички комфор (и зими и лети) станова



Слика 3-13. Самоникла вегетација на равном крову

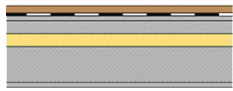

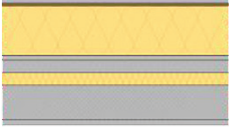
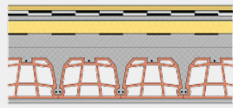

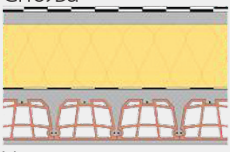

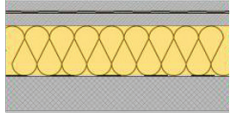
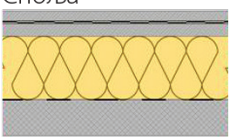
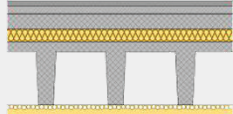
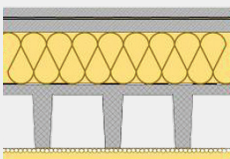
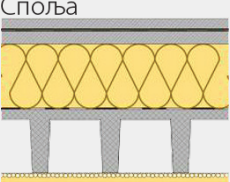
⁹ Површина крова је код ових објеката релативно мала у односу на укупну површину термичког омотача.

који се налазе непосредно испод равног крова, већ и због тога што су равни кровови на овим зградама махом у веома лошем стању¹⁰ (слика 3-12). Неки од кровова су током последњих двадесетак година делимично санирани, неки су надограђивани крајем прошлог века али је и даље овај проблем уочљив на великом броју објеката.

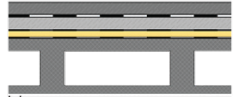

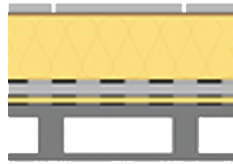



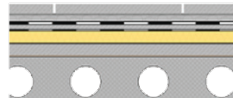
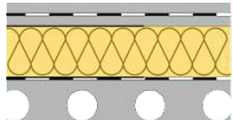
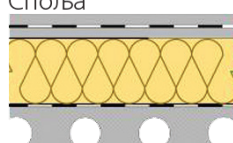
У Националној типологији наилазимо на осам примера равног крова из периода Д, Е и Ф (1961-1990) код којих су дати предлози унапређења (Табела 3-8). На свим примерима већ постоји нека врста термоизолације у слојевима равног крова али је дебљина термоизолације најчешће 5cm, а прорачунате U вредности се крећу од 0,43 до 1,41 W/(m²×K) што је далеко више од 0,2 W/(m²×K) колико износи максимална дозвољена вредност за постојеће зграде дефинисана Правилником о енергетској ефикасности зграда (за новопројектоване је чак 0,15 W/(m²×K)). Да би се постигле тражене термичке карактеристике, потребна је знатно дебља термоизолација, што значи подизање коте крова за у просеку 15-20cm у односу на постојеће стање. То значи да ће у склопу ове интервенције бити неопходно урадити и ново одводњавање, а код неких зграда и нов назидак, ограде и сл. Јасно је, дакле, да енергетска рехабилитација највероватније неће бити директно узрокована slabим перформансама равног крова, али је недопустива пракса да се оштећени кровови санирају без интенције да се побољшају термичке карактеристике крова, односно, да се свака санација услови испуњавањем захтева прописаних Правилником. Све таваничне конструкције које су регистроване код објеката из ова три периода су по конструктивним карактеристикама исте као међуспратне таванице, тако да је прилично извесно да би непроходни кровови могли да се конвертују у проходне или зелене кровове, односно да при комплекснијим интервенцијама могу бити додавани и нови садржаји.

¹⁰ Оштећена хидроизоација и прокишњавање, влажна и недовољна термоизолација типични су за равне кровове који деценијама нису ни прегледани а камоли правилно одржавани.



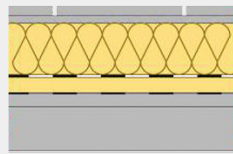
Табела 3-8 Равни кровови на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Д4	Споља	1.07	Споља	0.21	Споља	0.16
	 <p>Унутра</p> <p>ливени асфалт 3cm хидроизолација 1cm цем. кошуљица 2cm мрш. бет. за пад 5cm термоизолација 5cm АБ плоча 14cm малтер 2cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација 1cm термоизолација 15cm мрш. бет. за пад 5cm термоизолација 5cm АБ плоча 14cm малтер 2cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација 1cm термоизолација 20cm мрш. бет. за пад 5cm термоизолација 5cm АБ плоча 14cm малтер 2cm</p>	
Д5	Споља	0.85	Споља	0.18	Споља	0.14
	 <p>Унутра</p> <p>битум. шљунак 2cm хидроизолација термоизолација 5cm парна брана лаки бет. за пад 5cm ТМЗ таваница 20cm малтер 2cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>хидроизолација цем. кошуљица 3-5cm термоизолација 20cm парна брана ТМЗ таваница 20cm малтер 2cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>хидроизолација цем. кошуљица 3-5cm термоизолација 25cm парна брана ТМЗ таваница 20cm малтер 2cm</p>	
Д6	Споља	0.70	Споља	0.18	Споља	0.13
	 <p>Унутра</p> <p>асфалт 2cm цем. кошуљица 3cm хидроизолација 1cm бет. за пад мин. 6cm термоизолација 5cm АБ плоча 14cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација цем. кошуљица 3-5cm термоизолација 20cm парна брана АБ плоча 14cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација цем. кошуљица 3-5cm термоизолација 25cm парна брана АБ плоча 14cm</p>	
Д6	Споља	0.43	Споља	0.16	Споља	0.15
	 <p>Унутра</p> <p>асфалт 2cm цем. кошуљица 3cm хидроизолација 1cm бет. за пад мин. 6cm термоизолација 5cm ситноребр. тав. 25cm тршчани плафон 5cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација цем. кошуљица 3-5cm термоизолација 20cm парна брана ситноребр. тав. 25cm тршчани плафон 5cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација цем. кошуљица 3-5cm термоизолација 25cm парна брана ситноребр. тав. 25cm тршчани плафон 5cm</p>	

Табела 3-8 Равни кровови на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор:
Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Е4	Споља	0.86	Споља	0.19	Споља	0.13
	 <p>Унутра</p> <p>терацо 5cm хидроизолација 1cm бет. за пад мин. 5cm тер папир термоизолација 2,5cm вр.прем. битум. 0,5cm ИМС таваница 25cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 5cm хидроиз. (мембрана) термоизолација 16cm хидроизолација 1cm бет. за пад мин. 5cm тер папир термоизолација 2,5cm вр.прем. битум. 0,5cm ИМС таваница 25cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 5cm хидроиз. (мембрана) термоизолација 25cm хидроизолација 1cm бет. за пад мин. 5cm тер папир термоизолација 2,5cm вр.прем. битум. 0,5cm ИМС таваница 25cm</p>	
Е5	Споља	1.38	Споља	0.17	Споља	0.14
	 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 4cm песак 3cm хидроизолација 1cm перлит малтер 5cm АБ плоча 22cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 4cm хидроизолација термоизолација 20cm хидроизолација 1cm перлит малтер 5cm АБ плоча 22cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 4cm хидроизолација термоизолација 25cm хидроизолација 1cm перлит малтер 5cm АБ плоча 22cm</p>	
Е6	Споља	1.41	Споља	0.18	Споља	0.15
	 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 3cm песак 2cm хидроизолација 1cm цем. кошуљица 2cm тер папир термоизолација 5cm слој за пад мин.5cm монт. АБ таван. 18cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација цем. кошуљица 4-6cm термоизолација 20cm парна брана монт. АБ таван. 18cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>цем. кошуљица 4cm хидроизолација цем. кошуљица 4-6cm термоизолација 25cm парна брана монт. АБ таван. 18cm</p>	

Табела 3-8 Равни кровови на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор:
Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Ф6	Споља	0.48	Споља	0.48	Споља	0.14
	 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 4cm песак 3cm хидроизолација 1cm термоизолација 6cm парна брана слој за пад мин.3cm АБ плоча 16,5cm</p>		 <p>Унутра</p> <p>нема измена</p>		 <p>Унутра</p> <p>бетонске плоче 4cm песак 3cm термоизолација 20cm хидроизолација 1cm термоизолација 6cm парна брана слој за пад мин.3cm АБ плоча 16,5cm</p>	

3.5 Међуспратне конструкције изнад отвореног пролаза

Учешће међуспратних конструкција изнад отворених пролаза је веома мало у поређењу са осталим елементима термичког омотача. У Националној типологији ове позиције су приказане само за типове Д4, Д5 и Ф5¹¹ и њихова структура, као и модалитети унапређења дати су у Табели 3-9. Увидом у енергетске билансе дате у оквиру Националне типологије запажа се да оне, посматрано на нивоу целе зграде, генеришу мање потребе за енергијом за грејање него напр. улазна врата у станове. Неизоловани еркери, таванице изнад пасажа и сл., међутим, генеришу топлотне губитке који се не могу занемарити у становима код којих ове површине некада представљају 20-30% површине термичког омотача поједине стамбене јединице. За разлику од равног крова, овде најчешће нема других оштећења која треба санирати (осим евентуално дотрајалих спуштених плафона) и дешава се да сами станари изолују ове елементе како би побољшали услове комфора у својим становима.


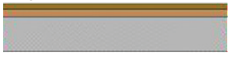







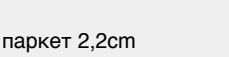
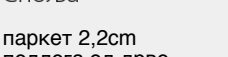
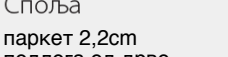





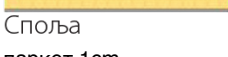
У случају када постоји спуштени плафон, додатно изоловање је релативно једноставно реализовати у простору спуштеног плафона (тип Д4, унапређење 2 у Табели 3-9), задржавајући чисту висину пролаза испод таванице. Накнадно изоловање додавањем термоизолације са спољашње стране, међутим, подразумева спуштање доње коте завршне обраде за 10-20cm (додатна термоизолација + завршна обрада) и није увек изводљиво, те би димензије и склоп свакако требало пажљиво проверити пре упуштања у енергетску санацију ове позиције.

3.6 Међуспратне конструкције изнад негрејаних простора

Међуспратне конструкције изнад негрејаних простора код посматраних стамбених зграда најчешће се јављају на делу станова који се налазе изнад

¹¹ Позиције овог типа постоје и код других зграда приказаних у Националној типологији али су топлотни губици по тим позицијама занемарљиви у односу на друге елементе термичког омотача и нису приказани у финалној публикацији.

Табела 3-9 Међуспратне конструкције изнад отвореног пролаза на објектима Д4, Д5 и Ф5 | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.б

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)	скица са описом	U W/(m ² K)
Д4	Унутра 	0.87	Унутра 	0.25	Унутра 	0.21
	Споља 		Споља 		Споља 	
	паркет 2,2cm флорбит 3cm АБ плоча 14cm ваздух 30cm дрвени роштиљ од летав термоизолација 3cm малтер на рабицу.3		паркет 2,2cm флорбит 3cm АБ плоча 14cm ваздух 30cm дрвени роштиљ од летав термоизолација 3cm малтер на рабицу.3cm термоизолација 10cm малтер.1cm		паркет 2,2cm флорбит 3cm АБ плоча 14cm потконст. сп. плафона ваздух 30cm термоизолација 15cm фибер цементне плоче 2cm	
Д5	Унутра 	1.47	Унутра 	0.26	Унутра 	0.22
	Споља 		Споља 		Споља 	
	паркет 2,2cm подлога од дрво бетона 2,5cm ТМ3 таваница 20cm малтер 2cm		паркет 2,2cm подлога од дрво бетона 2,5cm ТМ3 таваница 20cm малтер 2cm термоизолација 12cm малтер.1cm		паркет 2,2cm подлога од дрво бетона 2,5cm ТМ3 таваница 20cm малтер 2cm термоизолација 15cm малтер.1cm	
Ф5	Унутра 	0.35	Унутра 	0.35	Унутра 	0.18
	Споља 		Споља 		Споља 	
	паркет 1cm цем. кошуљица 3cm плутафон 1cm ТМ3 таваница 20cm малтер 2cm термоизолација 10cm малтер.2cm		нема измена		паркет 1cm цем. кошуљица 3cm плутафон 1cm ТМ3 таваница 20cm малтер 2cm термоизолација 10cm малтер.2cm термоизолација 10cm цементне плоче 2cm	

улаза¹², подрума, техничких етажа и сл. и по правилу су неизоловане или са веома малим термоизолационим слојем у саставу конструкције (Табела 3-10). Када је реч о таваницама изнад ветробранских и степенишних простора, у

¹² Степенишни и ветробрански простор је код готово свих зграда из посматраног периода негрејан.

случају када је висина приземља већа од висине осталих етажа, најчешће има простора за постављање додатне изолације. Слично као код таваница изнад отвореног простора, ако постоји спуштени плафон, изолација се може поставити у зони спуштеног плафона уз задржавање постојеће чисте висине.

Подруми, техничке етаже и слични простори, међутим, најчешће су били извођени тако да се оствари минимум тражен тада важећим прописима о чему је већ било речи у делу 2.1.2. Тадашњим прописима¹³ биле су дефинисане модуларне и минималне чисте висине у стамбеним зградама, где је за подрумске просторије минимална чиста висина била 2,1m и данас често нема простора за постављање додатне термоизолације, нарочито у дебљинама предложеним у оквиру Националне типологије (10-15cm, табела 3-10). У оквиру планирања енергетске санације, за ове случајеве је потребно размотрити решења која могу да испуне захтеве дате Правилником о енергетској ефикасности зграда где је за постојеће зграде $U_{max}=0,4W/(m^2 \times K)$, што упућује на нешто мању дебљину термоизолације него што је предложено кроз опције унапређења, где су са 10cm додатне термоизолације добијане вредности од 0,22-0,32W/(m²×K). Осим димензионалног, код накнадног изоловања ових просторија јављају се и проблеми везани за противпожарну заштиту као и приступ хоризонталним разводима разних инсталационих система који су често вођени управо испод ових таваница.

Како је енергетска санација међуспратних конструкција изнад негрејаних простора у реалности условљена бројним техничким и практичним ограничењима, а ипак може значајно утицати на комфор у стамбеним јединицама и донекле редуковати енергетске потребе и на нивоу целе зграде, можда би се у будућим допунама и корекцијама Правилника могло размислити и о евентуалном одступању од максималне дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте у случајевима када није могуће остварити тражену вредност, како би се ове позиције ипак санирале.

¹³ Правилник о техничким мерама и условима за изградњу стамбених објеката по систему модуларне координације мера, Службени лист СФРЈ 29/69, претходно Наредба о привременим техничким прописима о пројектовању и грађењу у стамбеној изградњи по систему модуларне координације, Службени лист ФНРЈ 4/60.

Табела 3-10 Међуспратне конструкције изнад негрејаних простора на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | Извор: Јовановић Поповић и др. 2013.6

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	таваница/ термоизолација	U W/(m ² K)	додатна термоизолација	U W/(m ² K)	додатна термоизолација	U W/(m ² K)
Д3	неизолирана "Стандард" таваница (тршчани плафон)	0,83	10cm додатне термоизолације, нов спуштени плафон	0,25	15cm додатне термоизолације, нов спуштени плафон	0,21
Д3	неизолирана АБ таваница	1,30	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,29	15cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,21
Д4	неизолирана АБ таваница	1,35	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,29	15cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,21
Д5	неизолирана ТМЗ таваница	1,23	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,29	15cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,21
Д6	АБ плоча, 2cm термоизолације у слојевима пода	1,60	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,30	15cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,22
Е3	неизолирана ТМЗ таваница	1,16	нема измена	1,16	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,28
Е4	неизолирана ИМС таваница	1,20	нема измена	1,20	15cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,21
Е5	АБ плоча 20cm и перлит бетон 15cm	0,53	нема измена	0,53	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,22
Е6	неизолирана монт. ошупљена АБ таваница	1,31	8cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,34	15cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,21
Ф3	АБ плоча, 4cm термоизолације са доње стране	0,48	нема измена	0,48	укупно 15cm термоизолације + завршна обрада	0,20
Ф4	"омниа", 4cm термоизолације са доње стране	0,53	нема измена	0,53	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,22
Ф5	неизолирана АБ таваница	2,30	10cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,32	20cm додатне термоизолације + завршна обрада	0,18
Ф6	АБ плоча, 4cm термоизолације са доње стране	0,45	нема измена	0,45	нема измена	0,45

3.6 Зидови према негрејаним просторима

Зидови према негрејаним просторима код свих стамбених зграда из посматраног периода заправо су зидови према степеништима, ходницима, лифтовима, техничким и помоћним просторијама. Анализом података добијених током рада на Националној типологији (Табела 3-11), увиђамо да учешће зидова према негрејаном степеништу у укупном енергетском билансу зграде¹⁴ варира од 1,4% (тип Д3) до чак 25,4% (тип Д6), а у просеку износи око 11-12% тако да би унапређења овог дела термичког омотача свакако требало размотрити.

У зградама где су степенишни простор и ходници димензионисани према минималним прописаним димензијама, заправо да и не постоји могућност накнадног постављања термоизолације. У примерима обрађеним у оквиру Националне типологије, за већину објеката у оквиру опције "унапређење 1" нису предвиђене никакве измене¹⁵, док је опцијом "унапређење 2" предлагано постављање 5cm термоизолације преко постојећег зида, уз облагање гипскартонским плочама, изузев код објеката Ф3, Ф4 и Ф5 (6cm термоизолације) и Д4 (без измена у односу на постојеће стање). Интервенције овог типа су релативно једноставне за реализацију, могу се радити независно од других елемената термичког омотача, не зависе од временских услова, не захтевају скелу, по потреби се могу радити и фазно и не изискују велика улагања. Код објекта Д4, где је задржан неизолован армиранобетонски зид дебљине 20cm, веома уобичајен за посматрана три периода¹⁶, учешће степенишног зида у укупном енергетском билансу зграде

¹⁴ Како су сви прорачуни у оквиру овог рада (као и приликом рада на Националној типологији) рађени према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда, тј. разунајући само енергију потребну за грејање, под "учешћем у енергетском билансу зграде" у овом раду ће се сматрати учешће у структури трансмисионих губитака кроз термички омотач зграде.

¹⁵ У оквиру опције "унапређење 1" само је за солитер Ф6 било предвиђено постављање 5cm термоизолације преко постојећег армиранобетонског зида; исто решење је задржано и у склопу опције "унапређење 2".

¹⁶ На посматраних 12 зграда - типичних представника за периоде Д, Е и Ф, код осам су у питању армиранобетонски зидови дебљине 14-25cm, сви неизоловани, осим у случају објекта Ф3 где постоји перлит малтер дебљине 2cm.

је након друге опције унапређења износи чак 29,2%. Јано је, дакле, да би ову меру требало разматрати већ при првим анализама потенцијалне енергетске рехабилитације зграде.

Табела 3-11 Зидови ка негрејаном степеништу на објектима из периода Д, Е и Ф (1961-1990) | подаци добијени током рада на Националној типологији

Тип	постојеће стање		унапређење 1		унапређење 2	
	учешће у трансмисионим губицима (%)	U W/(m ² K)	учешће у трансмисионим губицима (%)	U W/(m ² K)	учешће у трансмисионим губицима (%)	U W/(m ² K)
Д3	6,93	2,55 0,65	22,42	2,55 0,65	4,5	0,52 0,33
Д4	10,3	2,55	13,6	2,55	29,2	2,55
Д5	5,0	1,13	6,1	1,13	6,3	0,44
Д6	25,4	3,13	35,9	3,13	9,7	0,54
Е3	4,9	1,46	5,7	1,46	16,8	0,45
Е4	5,4	3,09	7,8	3,09	10,5	0,54
Е5	11,4	1,46	14,2	1,46	10,5	0,45
Е6	15,7	2,73	21,7	2,73	28,8	0,53
Ф3	19,2	2,33	26,3	2,33	13,1	0,47
Ф4	15,3	3,09	20,9	3,09	10,6	0,47
Ф5	7,8	1,46	9,5	1,46	3,8	0,40
Ф6	21,2	2,83	28,2	0,53	12,4	0,53
пр1	12,4	2,30	17,7	2,09	13,0	0,67
пр2	11,5	2,23	17,1	2,23	13,9	0,73

пр1 - просечна вредност за свих 12 приказаних зграда
 пр2 - просечна вредност без Д5, Е3 (најмање учешће у енергетском билансу зграде) и Д6, Ф6 (највеће учешће у енергетском билансу зграде)

Када је реч о зидовима према негрејаним просторима, процене које се добијају користећи методологију прорачуна прописану Правилником треба узети са извесном резервом. Наиме, пројектне температуре су далеко ниже од онога што искуствено можемо регистровати у стамбеним зградама, па су и топлотни губици који се прорачунавају на основу њих највероватније већи од реалних. Правилник, даље, на исти начин третира простор вертикалних и

хоризонталних комуникација који је смештен у средишту зграде, као и онај који се пружа дуж фасадног зида (користи се јединствени фактор корекције температуре $F_{xi}=0.5$), што не даје реалан увид у термичке перформансе архитектонског склопа. Показало се да, у зависности од морфологије негрејаног степенишног простора - величини у односу на укупан габарит зграде, висине објекта, застакљења у склопу фасадног зида или крова итд, често долази до значајних одступања реалних вредности F_{xi} у односу на ону дату Правилником (Rajčić, Radivojević, Elezović 2015). Коначно, практично свака интервенција на фасадном омотачу обухватиће и део фасаде који је у зони комуникацијског блока, па ће реалне температуре у том простору свакако бити још више. Једном речју, узимањем у обзир и посредног одавања топлоте између негрејаног простора унутар зграде и спољашње средине, свакако би се добили реалнији резултати - не само за позицију зидова, већ и за таванице изнад и испод негрејених простора.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ МЕРА У ПРОЦЕСУ АДАПТАЦИЈЕ

4.1 Основна полазишта

У претходном поглављу изложени су принципи енергетске санације појединачних позиција термичког омотача, уз осврт на уобичајене изазове њихове практичне примене на посматраном сегменту грађевинског фонда. Показало се да се неке мере могу релативно једноставно реализовати, директном применом типских решења попут оних приказаних у оквиру Националне типологије, док су код других примећене различите техничке, административне или друге препреке. Поставља се питање, међутим, да ли је неопходно санирати све елементе термичког омотача, односно, како приликом енергетске санације одредити степен унапређења којим се постиже добар баланс између улагања и резултујућих уштеда.

Одабир локације, оријентација, волуметрија, прикладно зонирање функционалних склопова, приликом пројектовања нових зграда сматрају се предусловима за постизање енергетски ефикасног архитектонског објекта (Annik et al. 2001, Birkeland 2005, Brophy and Lewis 2011, Gauzin-Müller 2002, Szokolay 2004 итд.) али код постојећих зграда ове кључне факторе више не можемо изменити или их можемо делимично кориговати уз обимне грађевинске радове. Самим тим, ефекти до којих се може доћи само санацијом елемената термичког омотача су ограниченог дитета и поставља се питање до које мере је оваквим приступом могуће редуковати енергетске потребе посматране стамбене зграде, а када има смисла размотрити друге опције.

4.2 Циљеви оптимизације


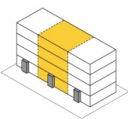
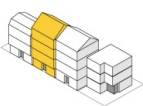
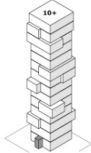












4.2.1 Пожељни степен унапређења енергетске ефикасности




У актуелном Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, у члану 10 стоји да:

”енергетски разред за постојеће зграде, након извођења радова на реконструкцији, доградњи, обнови, адаптацији, санацији и енергетској санацији, мора бити побољшан најмање за један разред.”

Анализом података за вишепородичне стамбене зграде из периода 1961-1990, приказане у Националној типологији (Табела 4-1), увиђамо, међутим, да се и уз први ниво интервенције најчешће постиже унапређење за два, па чак и три енергетска разреда. Тачније, након првог нивоа

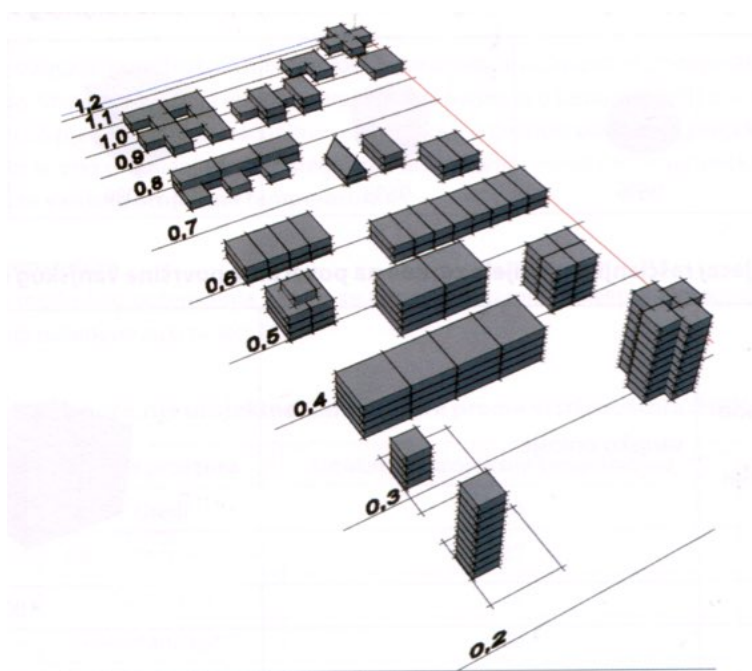
Табела 4-1 Енергетски разред објеката из периода Д, Е и Ф (1961-1990) - пре и после предложених унапређења | подаци из Јовановић Поповић и др. 2013б.

ТИП	слободностојећа			ламела			у низу			солитер		
												
Д 1961-1970												
	F	C	C	F	D	C	G	D	C	E	C	B
Е 1971-1980												
	G	D	C	E	D	C	F	D	C	E	C	B
Ф 1981-1991												
	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	C	C

-  Енергетски разред зграде – постојеће стање
-  Енергетски разред зграде – након унапређења 1
-  Енергетски разред зграде – након унапређења 2

интервенције¹⁷, код свих објеката је постигнут *D* енергетски разред, а код свих солитера чак *C* разред. Из овога можемо закључити да се приликом енергетске рехабилитације ових зграда може сматрати реалним циљем постизање минимум *D* енергетског разреда, а не пуко испуњавање услова прописаних Правилником. Уочавамо, такође, да је код практично свих објеката након другог нивоа унапређења постигнут енергетски разред *C*, те се може претпоставити да више енергетске разреде није могуће постићи без свеобухватног архитектонског ремоделовања којима би се превазишла ограничења која проистичу из фактора облика, термалног зонирања и сл.

Солитери су показали нешто бољи потенцијал управо стога што се овим видом стамбене градње постиже изузетно добар фактор облика, па је код типова Дб и Еб после другог нивоа унапређења постигнут чак *B* енергетски разред. Слика 4-1 илуструје приближне факторе облика за различите типове зграда, где се види да је управо код солитера фактор облика повољнији у односу на друге типове градње.



Слика 4-1. Приближни фактори облика за различите типологије изградње (Pavković i Zanki, 2010.)

¹⁷ У Националној типологији су као први ниво унапређења (у овом раду означена као "у1") дате су "стандардне мере које су и иначе уобичајене на нашем тржишту", а као други ниво (у овом раду означен као "у2") дате су "унапређене мере, које захтевају већи обим инвестиција" (Јовановић Поповић и др. 20136)

4.2.2 Редукција броја позиција обухваћених санацијом

Ради једноставније реализације грађевинских радова које је неопходно извршити, као један од циљева процеса оптимизације постављена је и редукција броја позиција обухваћених санацијом. Треба имати у виду да се приликом интервенције на стамбеним зградама не може очекивати да станари напуштају своје домове током радова, па такве интервенције нису ни разматране. Такође, приликом стратешких разматрања о опцијама унапређења енергетских перформанси постојећег грађевинског фонда наглашава се потреба за хармонизацијом интервенција које се врше у циљу енергетске санације са радовима који се врше у склопу очекиваних циклуса текућег и инвестиционог одржавања зграде (Voermans et al. 2015, Bullen 2004, Petersdorff et al. 2005, Rovers 2004 итд). Овим приступом се интервенцијом обухвата мањи број позиција, остављајући могућност да се остале позиције енергетски унапређују пратећи редовне циклусе одржавања и обнове зграда.

4.2.3 Фазна реализација

Као што је објашњено у трећем поглављу, неки елементи термичког омотача се могу санирати индивидуалним интервенцијама у стамбеним јединицама, неки захтевају радове у унутрашњости објекта који нису директно зависни од временских услова, док се радови на позицијама попут фасадних зидова и равних кровова могу изводити практично само током грађевинске сезоне и подразумевају обимније интервенције које се најчешће морају реализовати у једној фази. Приликом дефинисања пакета састављених од збира појединачних мера као и жељеног степена унапређења, пожељно је омогућити предуслове за побољшање од минимум једног енергетског разреда у односу на постојеће стање¹⁸ како би формални услови били испуњени без интервенција унутар станова, односно са што мањим бројем обухваћених позиција.

¹⁸ Према услову из Правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда

4.2.4 Баланс између потребних улагања и потенцијалних енергетских уштеда

Будући да је основни циљ интервенција разматраних у овом раду побољшање енергетске ефикасности стамбене зграде, у дефинисање "оптималног" степена интервенције укључена је економска компонента како би се идентификало унапређење појединачне позиције које за посматран тип објекта има најповољнији однос потребних улагања и резултујућих енергетских уштеда (исказано кроз директан период отплате). Остали аспекти, попут процене повећања тржишне вредности некретнине која произилази из примене одређене мере, утицаја различитих модела финансирања, пројекција очекиваних промена цене енергената, инфлације и сл. нису разматрани. Ови аспекти се, у зависности од примењене методологије, користе за стратешка испитвања којима је циљ профилисање различитих тржишних и регулаторних механизма у области енергетске ефикасности¹⁹, док је циљ овог истраживања утврђивање међусобних односа цене радова за одређену позицију и енергетских уштеда које из ње проистичу. Трошкови израде пројектне документације, административних такси, *in-situ* испитивања и др. такође нису укључени у ове калкулације, будући да они не зависе од степена енергетске санације одређене позиције. Директан период отплате такође се јавља као параметар приликом избора финалног пакета мера.

4.3 Процедура оптимизације и примењене методе

Процедура оптимизације мера обнове стамбених зграда у циљу побољшања енергетске ефикасности, постављена у претходно дефинисани контекст, може се поделити у шест фаза:

1. Утврђивање почетног стања,

¹⁹ Основни оквир за ове пројекције дат је у оквиру ЕПБД директиве (Directive 2010/31/EU) и докумената који из ње проистичу (Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 и Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation).

2. Идентификација елемената термичког омотача и прелиминарна селекција степена унапређења,
3. Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача уз анализу различитих опција унапређења,
4. Дефинисање пакета мера,
5. Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога,
6. Анализа модалитета имплементације предложеног пакета мера.

У оквиру сваке фазе, биће изложени предложени методи и дефинисане кључне тачке одлучивања са одговарајућим критеријумима. С обзиром да су постављена четири основна циља, процедура је базирана на принципу поједностављеног итеративног метода вишекритеријумске анализе како би се дошло до оптимизованог решења којим се обједињују захтеви у оквиру постављених циљева (постизање минимум D енергетског разреда, редуција броја позиција обухваћених интервенцијом, могућност фазне реализације и дефинисање економски најповољнијих опција унапређења).

4.3.1 Утврђивање почетног стања

Елаборат енергетске ефикасности представља основно полазиште за даље анализе, као и за израду пројектне документације за енергетску санацију зграде и на основу њега се утврђује енергетски разред зграде. Поређењем резултата овог елабората и елабората енергетске ефикасности стања по примени мера енергетске санације, утврђује се усаглашеност са траженим условом да се након интервенције постиже унапређење од минимум једног енергетског разреда²⁰. Процедура и методологија прорачуна су дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда и представљају законску обавезу приликом оваквих интервенција.

Зграде грађене у посматраном периоду махом су пројектоване и извођене од стране великих предузећа (Ђукановић, 2015) и за њих је најчешће сачуван и

²⁰ Захтев дефинисан Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Сл. гласник РС 69/2012

доступан највећи део техничке документације на основу којег је могуће израдити елаборат постојећег стања. Како је за усмерену стамбену градњу била карактеристична градња читавих блокова и мањих насеља понављањем типских решења, у таквим ситуацијама трошкови израде ових елабората могу бити значајно редуковани ако би постојала координација (на нивоу најмање јединице локалне управе) којом би се приступило изради свих елабората за зграде одређеног типа. Међутим, осим овог основног и обавезног корака, ако желимо резултат којим ћемо добити реалнији показатељ ефеката унапређења, потребно је извршити и додатне анализе у циљу увида у актуелно стање посматране зграде:

- Основни преглед зграде и посебно елемената термичког омотача и/или
- Деатљни преглед зграде.

Основни преглед зграде има за циљ утврђивање позиција којима је неопходно текуће или инвестиционо одржавање, које не морају нужно бити обухваћене иницијалним планом енергетске рехабилитације. Како је већ детаљно изложено у трећем поглављу, за зграде из посматраног периода карактеристични су проблеми везани за прокишњавање равног крова, пропале или лоше изведене спојнице између префабрикованих елемената, оштећења фасадне облоге, дотрајала фасадна столарија, оштећени спуштени плафони и слично, што се махом може детектовати визуелним прегледом. Идентификација ових позиција је битна зато што се онда у пројекат рехабилитације могу укључити и позиције чије је учешће у енергетском билансу релативно мало и могло би бити искључено из прелиминарних разматрања, али и стога што се за санирање оваквих оштећења могу обезбедити и средства из других извора²¹. У билансу трошкова енергетске санације тада би требало искључити део трошкова везаних за санацију тих позиција, тако да се у трошак енергетске санације укључи само део који

²¹ Веома често, на нивоу локалне управе (општина, град, округ) постоје програми суфинансирања санирања равних кровова, обнове фасаде и слично. Такође, на нивоу зграде (скупштина станара, односно, тзв. "менаџер зграде", средства на рачуну комуналног предузећа и сл.) могу бити на располагању одређена средства која су прикупљена за потребе текућег и/или инвестиционог одржавања.

проистиче из разлике у цени између интервенције која испуњава минималне захтеве прописане Правилником о енергетској ефикасности зграда и мере предложене у склопу оптимизованог пакета мера (нпр. већа дебљина термоизолације).

Детаљни преглед зграде има за циљ прецизније утврђивање реалног стања термичког омотача зграде и топлотних губитака који се не могу утврдити пуким увидом у техничку документацију. Основни подаци о потрошњи енергије за грејање најчешће се могу добити на основу података о потрошњи предметне подстанице (за објекте прикључене на систем даљинског грејања), односно на основу рачуна за енергенте (за објекте који се греју индивидуално). Ови подаци, међутим, не говоре о узроцима и не могу се користити за директну детекцију проблематичних елемената термичког омотача. Коришћењем различитих метода мерења, са друге стране, може се утврдити реалније стање ових елемената и, сходно томе, предвидети мере којима се елиминишу или значајно редукују констатовани недостаци. Тако, на пример, методом термовизијског снимања могуће је детектовати дефекте термоизолације, грешке настале приликом извођења, линијске губитке који одступају од пројектованих итд²². Осим термовизијског снимања, које је, као бесконтактна метода, изузетно прикладно за ову врсту дијагностике, контактним методама мерења могуће је утврдити и реалне коефицијенте пролаза топлоте елемената фасадног омотача, тестом заптивености (енг. *blower-door test*) утврдити реалан број измена ваздуха, тј. заптивеност појединачних станова или просторија итд. Овакав преглед зграде додатно оптерећује буџет али даје веома битне информације на основу којих се може доћи до оптималног решења. Као први корак, може се приступити термовизијском снимању зграде, а потом, на основу добијених резултата, по потреби извршити и додатна мерења и/или тест заптивености и слично.

Синтезном анализом резултата добијених на основу елабората енергетске ефикасности, основног и детаљног прегледа можемо добити валидне улазне

²² Детаљније о методи термовизијског снимања при процени енергетских перформанси омотача стамбених зграда у Игњатовић, 2015.

податке на основу којих се врши прелиминарна селекција елемената термичког омотача који ће бити обухваћени енергетском санацијом.

4.3.2 Идентификација елемената термичког омотача и прелиминарна селекција степена унапређења

Да би се извршила прелиминарна селекција елемената термичког омотача који ће бити обухваћени мерама обнове, потребно је направити јасан преглед свих елемената термичког омотача. У табели 4-2 дат је формат у оквиру којег је могуће извршити примарну селекцију елемената термичког омотача. У листу су увршћени сви елементи и системи дефинисани Правилником о енергетској ефикасности зграда, док се у оквиру сваке категорије могу додати различите позиције, користећи податке и номенклатуру из елабората постојећег стања, односно елиминисати позиције које нису регистроване на посматраној згради.

Оштећења која се идентификују у оквиру овог прегледа односе се на утврђене недостатке на елементима термичког омотача које је потребно санирати због физичких оштећења, дотрајалости и слично, а која због своје природе и/или обима захтевају интервенцију на целокупној позицији или њеном већем делу (напр. кровови који прокишњавају, фасадне облоге, спојнице на фасадним панелима које су пропале и пропуштају воду и сл.). Ови елементи су претходно регистровани основним или детаљним прегледом зграде и они се у сваком случају укључују у предложени пакет мера. За ове позиције се могу размотрити и опције финансирања из других извора, будући да неке локалне самоуправе имају програме за помоћ при обнови фасада, равних кровова и сл. Код ових позиција потребно је разликовати трошкове санације од трошкова везаних за енергетска унапређења; као трошак самог енергетског унапређења треба урачунати само разлику у цени између мере предложене у оквиру усвојеног пакета и трошкова санације посматране позиције који би постојали и без енергетске рехабилитације зграде. У анализираним примерима биће, осим овако прорачунате инвестиције за унапређење енергетске ефикасности, приказане и калкулације које обухватају и пуну цену радова да би се сагледала комплетна инвестиција.

Табела 4-2 Преглед и прелиминарна селекција елемената термичког омотача

Опис елемента / система	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Степен унапређења					Коментар
			0	У1	У2	У3	УС	
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом								
1. Спољни зид	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Зид на дилатацији (између зграда)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Раван кров изнад грејаног простора	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Раван кров изнад негрејаног простора	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Коси кров изнад грејаног простора	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Коси кров изнад негрејаног простора	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Спољна врата	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. Излози	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. Стаклене призме	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Унутрашње преградне конструкције								
14. Зид према грејаном степеништу	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Зид према негрејаним просторима	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)								
18. Зид у тлу	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19. Под на тлу	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20. Укопана међуспратна конструкција	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

објашњење степена унапређења: 0 задржава се у постојећем стању (без измена)

У1 санација уз испуњавање минималних услова прописаних Правилником

У2 санација која превазилази минималне услове прописане Правилником

У3 санација применом најамбициозније, технички изводљиве, мере

УС санација према предлогу специфичном за пројекат (позицију)

Учешће у трансмисионим губицима представља величину која се добија током израде елабората енергетске ефикасности и представља процентуално учешће трансмисионих губитака који настају кроз посматрани

елемент термичког омотача у укупним трансмисионим губицима зграде. На основу ових података, приоритет при обнови треба дати елементима који имају највеће учешће у енергетском билансу зграде. За ове елементе, потом, треба извршити и анализу различитих опција унапређења (детаљније објашњено у делу 4.3.3) како би се одредио и економски оптималан степен унапређења, док се за остале елементе могу усвојити мере са најмањом иницијалном инвестицијом.

Степен унапређења представља рубрику у оквиру које се евидентирају различите опције унапређења које ће бити размотрене у наредном кораку. Основни параметри су процентуално учешће у трансмисионим губицима, могућност приступа датој позицији и специфичност архитектонског решења, а критеријуми су дати у табели 4-3. У овом кораку могуће је опредељивање за једну или више опција: коначан избор је резултат процеса оптимизације, док се у овој фази врши прелиминарна селекција, односно елиминација комбинација које се неће анализирати у наредним корацима.

Опција 0 ("без измена") усваја се као једини избор за позиције којима из техничких или других формалних разлога није могуће приступити (најчешће се ради подовима на тлу). Ову могућност обавезно треба размотрити и за позиције које имају учешће у трансмисионим губицима мање од 3% (не може се очекивати да ће се њиховим унапређењем значајно поравнати укупан резултат на нивоу зграде), као и за све позиције чија санација подразумева умањење корисне површине или висине стамбених простора. Са друге стране, за све позиције које имају евидентирана оштећења (морају се санирати), као и позиције које имају учешће у трансмисионим губицима веће од 30% (без њиховог унапређења, код објеката из посматраног сегмента грађевинског фонда неће бити могуће остварити један од циљева - *D* енергетски разред) ова опција се не може узети у разматрање.

Опција У1 ("минимално унапређење") подразумева интервенцију којом се испуњавају минимални услови прописаним Правилником о енергетској ефикасности зграда (коэффициент пролаза топлоте мањи од оног датог у

оквиру табеле 3.1). Ову опцију би требало размотрити за све позиције које је технички и формално могуће санирати.

Опција У2 ("средње унапређење") подразумева интервенцију којом се превазилазе минимални услови прописаним Правилником о енергетској ефикасности зграда (нпр. ако би се термоизолацијом од само 8cm добила U вредност мања од прописане, санација применом 10 или 12cm термоизолације представљала би унапређење У2). У оквиру ове опције најчешће се може очекивати и тзв. *cost-optimal*²³ решење за посматрану позицију (у овом раду идентификовано као оно са најкраћим периодом отплате), па за све "кључне" позиције, односно оне са највећим учешћем у трансмисионим губицима обавезно треба испитати и ову опцију, а може се анализирати и за друге елементе термичког омотача којима се може приступити.

Опција У3 ("максимално унапређење") подразумева интервенцију којом се значајно превазилазе минимални услови прописаним Правилником о енергетској ефикасности зграда, односно постиже максималан техничко и тржишно доступан степен унапређења за посматрану позицију (нпр. код прозора, систем који има $U = 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$). Ова опција се може разматрати и за све друге позиције којима се може приступити, чиме се долази до податка о теоријски максималном домету овако конципиране енергетске санације објекта.

Опција УС ("специјално унапређење") односи се на интервенције које су резултат специфичности самог пројекта или техничких немогућности да се одређена позиција санира уобичајеним мерама (попут фасада на зградама "Рудо 1-3", слика 3-11). Ова опција се односи и на мере дате у склопу новог предлога архитектонског решења, попут вентилисаних фасада, зелених кровова, интегисања фотонапонских ћелија у елементе термичког омотача и слично.

²³ *Cost optimal* решење овде представља опцију унапређења која даје најбољи однос између иницијалне инвестиције и уштеда које произишле из датог унапређења (деталније објашњено касније у оквиру овог поглавља).

Табела 4-3. Критеријуми за прелиминарну селекцију степена унапређења

мера унапређења	позиције за које се обавезно разматра	позиције за које се може алтернативно размотрити	позиције за које се не може разматрати
0 (без измена) <i>задржава се у постојећем стању</i>	<ul style="list-style-type: none"> • поз. којима из техничких или формалних разлога није могуће приступити, • поз. које имају учешће у трансмисионим губицима мање од 3%* • поз. чија санација умањује корисну површину или висину 	<ul style="list-style-type: none"> • позиције које имају учешће у трансмисионим губицима мање од 30%* 	<ul style="list-style-type: none"> • поз. које имају учешће у трансмисионим губицима веће од 30%**, • поз. са евидентираним оштећењима
У1 ("минимално" унапређење) <i>санација уз испуњавање минималних услова прописаних Правилником о ЕЕ зграда</i>	<ul style="list-style-type: none"> • све позиције којима је могуће приступити 		<ul style="list-style-type: none"> • позиције којима из техничких или формалних разлога није могуће приступити
У2 ("средње" унапређење) <i>санација која превазилази минималне услове прописане Правилником о ЕЕ зграда</i>	<ul style="list-style-type: none"> • поз. са највећим учешћем у трансмисионим губицима** 	<ul style="list-style-type: none"> • све позиције којима је могуће приступити 	<ul style="list-style-type: none"> • позиције којима из техничких или формалних разлога није могуће приступити
У3 ("максимално" унапређење) <i>санација применом најамбициозније технички извидљиве мере</i>	<ul style="list-style-type: none"> • позиције са највећим учешћем у трансмисионим губицима** 	<ul style="list-style-type: none"> • све позиције којима је могуће приступити 	<ul style="list-style-type: none"> • позиције којима из техничких или формалних разлога није могуће приступити
УС ("специјално" унапређење) <i>санација према предлогу специфичном за пројекат</i>	<ul style="list-style-type: none"> • позиције које није могуће санирати опцијама У1-У3** • позиције које су део специфичног архитектонског решења обнове зграда 	<ul style="list-style-type: none"> • све позиције којима је могуће приступити 	<ul style="list-style-type: none"> • позиције којима из техничких или формалних разлога није могуће приступити
<p>* осим позиција са евидентираним оштећењима ** осим позиција којима није могућ приступ</p>			

У оквиру рубрике "коментар" потребно је унети обсервације настале током основног и/или детаљног прегледа, како би се отклонили недостаци који су

директно или посредно повезани са посматраном позицијом као и друге релевантне податке.

Резултат ове фазе представља редукован списак позиција (у наставку се не разматрају позиције за које према критеријумима из табеле 4-3 не постоји ни једна потенцијална опција унапређења), са евидентираним оштећењима и учешћем појединачних елемената у укупним трансмисионим губицима зграде као и опцијама за степен(е) унапређења које би требало размотрити у наредној фази. То је, уједно, и улазни податак за наредну фазу - анализу појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача уз анализу различитих опција унапређења.

4.3.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената

термичког омотача уз анализу различитих опција унапређења

За одређене позиције, према евиденцији из претходне фазе, потребно је размотрити различите опције унапређења како би се идентификовале енергетске уштеде које проистичу из одређене интервенције, као и период отплате, који су у овом кораку уједно и основни критеријуми по којима се бира "оптимална" опција са којом се формира почетни пакет мера.

Појединачни учинак мера унапређења за сваки елемент термичког омотача понаособ може се добити једноставним модификацијама основног елабората енергетске ефикасности израђеног за постојеће стање - уз задржавање свих улазних параметара, заменом података за посматрану позицију, добија се енергетски биланс који је умањен управо за енергију која је "уштеђена" санацијом посматране позиције. Као основни индикатор енергетског учинка санације овде је коришћена процентуално исказана овако добијена уштеда S_{pn} , тј. редукација енергетских потреба за грејање на новоу зграде израчуната према једноставној формули:

$$S_{pn} = 100 * \left(1 - \frac{Q_{H.nd.pn}}{Q_{H.nd.o}} \right) \quad (1)$$

Где је:

S_{pn} процентуална уштеда енергије добијена санацијом позиције POS_n

$Q_{H.nd.pn}$ годишња потребна енергија за грејање са санираном позицијом POS_n исказана у kWh/год.

$Q_{H.nd.0}$ годишња потребна енергија за грејање (постојеће стање) исказана у kWh/год.

На основу ових података могуће је проценити и директан период отплате повезан са санацијом дате позиције:

$$D_{pn} = \frac{I_{pn}}{(Q_{H.nd.0} - Q_{H.nd.pn}) * E} \quad (2)$$

Где је:

D_{pn} директан период отплате исказан у годинама

I_{pn} инвестиција - средства потребна за санацију дате позиције

$Q_{H.nd.0}$ годишња потребна енергија за грејање (постојеће стање) исказана у kWh/год.

$Q_{H.nd.pn}$ годишња потребна енергија за грејање са санираном позицијом POS_n исказана у kWh/год.

E цена 1kWh енергије за грејање.

У суму за инвестицију потребно је укључити рад и материјал за посматрану позицију, заједно са другим трошковима који су непосредно везани за њену израду (нпр. скела, опшивке, припремни радови и сл.). Ови трошкови исказани су збирно, у виду једничне цене за санацију 1m². У прилогу 2 дате су табеле са оријентационим ценама за различите врсте радова за Београд и 3

региона Србије²⁴, а за примере обрађене касније у наредном поглављу коришћене су цене релевантне за београдско тржиште. За позиције за које постоје други извори финансирања који нису везани за енергетску санацију, у износ I требало би унети само део цене који се односи на радове и/или материјал који не би били предвиђени када би се радила само технички неопходна санација позиције²⁵.

Цена киловат-часа енергије потребне за грејање зависи од енергента и система грејања, а за потребе овог рада, усвојена је цена коју користе Београдске електране за наплату према потрошњи и расподели топлотне енергије²⁶ изведена према следећој калкулацији:

$$E = p + \frac{i}{Q_0} \quad (3)$$

Где је:

- E цена за 1 kWh енергије за грејање
- p цена за утрошену енергију за стамбени простор
- i цена за инсталисану снагу
- Q_0 обрачунска потрошња

Према актуелном ценовнику ЈКП "Београдске електране" (Решење у Службеном листу града Београда бр. 56 од 30.9.2015.):

$$p = 7,57 \text{ дин/kWh}$$

$$i = 389,87 \text{ дин/m}^2\text{год}$$

²⁴ Радни материјал пројекта "Energy Efficiency in Buildings" (GIZ)

²⁵ Тако, на пример, код зграда где раван кров прокишњава, у цену енергетске санације равног крова укључује се само разлика у цени која произилази из веће дебљине термоизолације.

²⁶ Начин обрачуна и тарифе могу се видети и на веб страни ЈКП "Београдске електране" - <http://www.beoelektrane.rs/?p=1363#more-1363> приступљено 24.2.2016.

док је према податку добијеном у ЈКП "Београдске електране"

$$Q_0 = 140 \text{ kWh/m}^2 \text{ год}$$

чиме се долази до цене од

$$e = 10,35 \text{ дин/kWh} \text{ (} 0,08625 \text{ €/kWh, рачунајући по курсу } 1 \text{ €} = 120 \text{ дин)}.$$

Овде треба напоменути да је период отплате овде дат искључиво као параметар за селекцију мера и дефинисање степена и обима интервенције - како би се успоставила корелација између цене и енергетског ефекта одређене мере.

Када за одређену позицију испитујемо различите сценарије унапређења, потребно је одредити "оптимално" решење за дату позицију, и по истим критеријумима рангирати алтернативне опције. За ову анализу може се користити табеларни приказ попут оног датог у табели 4-4. Овом приликом могуће је објединити све позиције за које је архитектонским решењем предвиђена истоветна обрада²⁷ са истом јединичном ценом. Група архитектонско/технолошки повезаних позиција у том случају се третира као јединствена (обједињена) позиција.

Табела 4-4 Анализа различитих опција санације појединачне позиције односно групе повезаних позиција

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{H,nd,pp} (само 1 мера) [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{pp} [%]	Период отплате D _{pp} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
	У1 - опис мере									
	У2.1 - опис мере									
	У2.2 - опис мере									
	У2... - опис мере									
	У2.n - опис мере									
	У3 - опис мере									
	УС - опис мере									

²⁷ Пример: малтерисани фасадни зидови који обухватају и армиранобетонске елементе а са њима чине јединствену целину на којој се предвиђа јединствена фасадна обрада са истом дебљином термоизолације.

Како би се извршило рангирање опција санације на основу којег ће се усвајати опције за формирање пакета мера, врши се валоризација која узима у обзир два критеријума: енергетски учинак и период отплате, исказана преко бездимензионалних вредности k_1 и k_2 које се прорачунавају тако што су за обе вредности утврђена тзв. "најповољнија стања" - сценарио санације који даје вредност $k = 1$, па се за остале опције добија вредност мања од 1, пропорционално номиналној вредности посматраног параметра. На основу збира вредности k_1 и k_2 врши се рангирање размотрених опција тако што опција са највећим збиром има најбољи ранг.

Критеријум "енергетски учинак" исказује се преко величине k_1 , тако што се за "најповољније стање" усваја минимална годишња потребна енергија за грејање добијена анализом посматраних опција, а вредност k_1 се израчунава према формули:

$$k_1 = \frac{Q_{H.nd.pmin}}{Q_{H.nd.pn}} \quad (4)$$

Где је:

k_1 испуњеност критеријума "енергетски учинак"

$Q_{H.nd.pmin}$ минимална годишња потребна енергија за грејање добијена анализом посматраних опција санације исказана у kWh/год

$Q_{H.nd.pn}$ годишња потребна енергија за грејање са санираном позицијом POS_n исказана у kWh/год.

Критеријум "период отплате" исказује се преко величине k_2 , тако што се за "најповољније стање" усвоја најмањи период отплате добијен анализом посматраних опција санације, а вредност k_2 се израчунава према формули:

$$k_2 = \frac{D_{pmin}}{D_{pn}} \quad (5)$$

Где је:

k_2	испуњеност критеријума "период отплате"
D_{pmin}	период отплате опције са најкраћим периодом отплате
D_{pn}	период отплате посмтрране опције.

Овакав метод валоризације, међутим, не даје задовољавајуће резултате у ситуацијама када је тзв. *cost-optimal* решење испод нормативног минимума²⁸, као што је, на пример, случај са неизолованим фасадним зидовима. Код ових склопова, будући да је математички "оптимално" решење испод норматива, свака анализа указује да је најповољније решење оно са најмањом дебљином термоизолације (најближе је математички "оптималном" када се разматра однос инвестиције и новчане уштеде остварене редукованим енергетским потребама). Аналогно томе, када је тзв. *cost-optimal* решење далеко изнад норматива, математички "оптимално" решење ће увек упућивати на најамбициознији сценарио санације.

Синтезни приказ ефеката појединачних мера може се дати табеларно, како је приказано у Табели 4-5. Позиције које чине јединствену архитектонско-технолошку целину, овде, као и у даљим анализама могу се приказивати обједињено уколико им је и јединична цена санације јединствена. Овде приказане позиције рангирају се у оквиру три степена приоритета на следећи начин:

Приоритет I - позиције са евидентираним оштећењима и позиције са највећим учешћем у трансмисионим губицима ($S_{pn} \geq 30\%$),

²⁸ Студије попут Petersdorff C. et al. 2005 рађене након увођења ЕПБД директиве указују на овај проблем. У поменутој студији, која обухвата 10 земаља нових чланица ЕУ, установљено је да је тзв. *cost-optimal* решење испод нормативног минимума за фасадне зидове, равне кровове и сл. објеката изграђених у периоду 1975-1990. (Petersdorff C. et al. 2005, анализе вршене за енергетски учинак и очекивану редуkcију CO₂).

Приоритет II - све остале позиције код којих је $3\% < S_{pn} < 30\%$, осим оних чија санација умањује корисну површину или висину у становима,

Приоритет III - позиције чија санација умањује корисну површину или висину у становима, као и позиције код којих је $S_{pn} \leq 3\%$.

Табела 4-5 Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења

Ознака позиције	Опис предложене мере	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
						Уштеда енергије S_{pn} [%]	Период отплате D_{pn} [год.]	
POS 1		<input type="checkbox"/>						
POS 2		<input type="checkbox"/>						
POS 3		<input type="checkbox"/>						
...		<input type="checkbox"/>						
POS n		<input type="checkbox"/>						

4.3.4 Дефинисање пакета мера

Почетни пакет мера (Пакет 1.0) формира се укључивањем свих мера I приоритета. За позиције са више опција санације узима се најбоље рангирана ("оптимална") опција унапређења. За овако формиран почетни пакет, проверава се испуњеност циљева оптимизације, дефинисаних на почетку овог поглавља, на основу следећих индикатора:

1. *Постигнут енергетски разред* - показује да ли је испуњен задати степен унапређења (овде дефинисано као D енергетски разред). Доказује се прорачуном елабората ЕЕ за предложени пакет мера.
2. *Могућност фазне реализације* - показује да ли је могуће издвојити групу радова којима се испуњава услов дат Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (унапређење од најмање једног енергетског разреда у односу на постојеће стање).

За друга два циља сматра се да су испуњени у почетном пакету мера:

3. Редуција броја позиција - испуњено, будући да су пакетом обухваћене само неопходне позиције.
4. Баланс између потребних улагања и потенцијалних енергетских уштеда - испуњено, будући да је за сваку позицију у овом пакету предложена "оптимизована" мера, изабрана управо на основу овог индикатора.

Уколико су сви услови испуњени, следи да предложени пакет задовољава и може се прећи на разматрање модалитета реализације. Уколико почетни пакет не испуњава све постављене услове, потребно је формирати алтернативне пакете - најпре варијанте почетног пакета, а потом и пакете вишег реда (Пакет 2, 3 итд).

Варијанте почетног пакета (Пакети 1.x) формирају се тако што се у оквиру посматраних позиција, уместо најбоље рангиране усваја опција следећа по рангу, а са већим енергетским уштедама. Прво се испитују алтернативе за позицију са највећим учешћем у трансмисионим губицима, а потом за остале, као и евентуалне комбинације. Ова фаза има смисла само ако је сума вредности S_{pn} (вредности дате у табелама 4-4 и 4-5) у оквиру обухваћених позиција већа од потребног процентуалног редуковања енергије потребне за грејање у односу на постојеће стање, израчунатог на следећи начин:

$$S_e = 100 * \left(1 - \frac{Q_{H.nd.e}}{Q_{H.nd.o}} \right) \quad (6)$$

Где је:

S_e редуција потребне енергије за грејање коју је потребно постићи, исказана у процентима;

$Q_{H.nd.o}$ годишња потребна енергија за грејање (постојеће стање) исказана у kWh/m²a;

$Q_{H.nd.e}$ годишња потребна енергија за грејање прописана за жељени енергетски разред исказана у kWh/m²a.

Ако је за посматрани пакет $\Sigma S_{pn} > S_e$, можемо очекивати да ће услов постизања жељеног енергетског разреда бити испуњен и такав пакет треба даље разматрати. У супротном, пакет треба искључити из даљих анализа.

Овако формирана варијантна решења даље се могу валоризовати методом објашњеном у делу 4.2.5 на основу чега се усваја и финални прелог.

Алтернативни пакети (Пакет 2, 3 итд.) формирају се ако Пакетом 1 или његовим варијантама не можемо доћи до задовољавајућег решења, те се алтернативни пакети формирају додавањем нових позиција на почетни Пакет 1.0. Нове позиције се додају из групе II степена приоритета и то тако што ће се у Пакет 2 уврстити позиција II приоритета са највећим процентуалним учешћем у трансмисионим губицима, у Пакет 3 следећа по истом критеријуму итд, водећи рачуна о томе да пакете код којих је $\Sigma S_{pn} < S_e$ не треба узимати у разматрање. У оквиру сваког пакета треба преиспитати варијантна решења - формирати Пакете n.x (по истом принципу по којем су формирана варијантна решења Пакета 1) пре преласка на нови пакет, односно, пре укључивања нове позиције. Ако се ни након исцрпљивања свих могућности у оквиру позиција I и II степена приоритета и даље не долази до решења којим се испуњавају постављени циљеви, укључују се и позиције III степена приоритета, понављајући описану процедуру.

4.3.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога

Како је у сваком пакету мера формулисаном на основу претходно описане процедуре направљен отклон у односу на почетни Пакет 1.0, потребно је једнообразно упоредити варијантна решења и/или алтернативне пакете како би се утврдило који пакет у највећој мери испуњава циљеве оптимизације. Параметри за валоризацију предложених пакета мера кореспондирају са циљевима оптимизације и за сваки посматрани пакет P_n могу се исказати преко следећих величина:

- енергетски разред;
- $Q_{H.nd.Pn}$ годишња потребна енергија за грејање исказана у kWh/m²a;

- D_{Pn} период отплате;
- N_{Pn} број позиција обухваћених пакетом;
- F_{Pn} могућност фазне реализације²⁹.

За потребе анализе, свака од поменутих величина се преводи у одговарајући вредносни коефицијент K_0 - K_4 чијим сабирањем добијамо оцену сваког пакета понаособ (већи збир одговара повољнијем пакету). Коефицијенти за вредновање величина које су исказане кроз нумеричке параметре ($Q_{H.nd.Pn}$, D_{Pn} и N_{Pn}) прорачунавају се у односу на "најповољније стање" (попут k_1 и k_2 у делу 4.3.3), а коефицијенти везани за вредновање одређеног стања (могућност фазне реализације или постигнут енергетски разред) се усвајају из сета предефинисаних вредности.

Годишња потребна енергија за грејање добија се на основу прорачуна (елабората ЕЕ за посматрани пакет мера), чиме се утврђује и одговарајући енергетски разред. Енергетски учинак, исказан преко прорачунате годишње потребне енергије за грејање за дати пакет мера, оцењује се у односу на остале предложене пакете преко вредности K_1 израчунате на следећи начин:

$$K_1 = \frac{Q_{H.nd.Pmin}}{Q_{H.nd.Pn}} \quad (7)$$

Где је:

K_1 оцена енергетског учинка

$Q_{H.nd.Pmin}$ најмања годишња потребна енергија добијена у оквиру посматраних пакета исказана у kWh/год

$Q_{H.nd.Pn}$ годишња потребна енергија за грејање посматраног пакета Pn исказана у kWh/год.

²⁹ Уз унапређење од минимум једног енергетског разреда

Период отплате представља однос инвестиције потребне за реализацију грађевинских³⁰ радова у оквиру посматраног пакета. Прорачунава се на основу формуле:

$$D_{Pn} = \frac{\sum I_{pn}}{(Q_{H.nd.0} - Q_{H.nd.Pn}) * E} \quad (8)$$

Где је:

D_{Pn} директан период отплате исказан у годинама

$\sum I_{pn}$ сума инвестиција потребних за санацију свих позиција обухваћених датим пакетом

$Q_{H.nd.0}$ годишња потребна енергија за грејање (постојеће стање) исказана у kWh/год.

$Q_{H.nd.Pn}$ годишња потребна енергија за грејање посматраног пакета Pn исказана у kWh/год.

E цена 1kWh енергије за грејање (обрачун објашњен у делу 4.3.3).

Овако прорачунат период отплате оцењује се у односу на остале предложене пакете преко вредности K_2 израчунате на следећи начин:

$$K_2 = \frac{D_{Pmin}}{D_{Pn}} \quad (9)$$

Где је:

K_2 оцена периода отплате

D_{Pmin} период отплате пакета са најмањим периодом отплате

D_{Pn} период отплате посматраног пакета.

³⁰ У иницијалну инвестицију нису урачунати трошкови израде пројектне документације, преласка на систем обрачуна по потрошњи, административне таксе и други трошкови који на истоветан начин оптерећују све пакете мера.

Редукција броја позиција оцењује се у односу на остале предложене пакете преко вредности K_3 израчунате на следећи начин:

$$K_3 = \frac{N_{P0}}{N_{Pn}} \quad (10)$$

Где је:

K_3 оцена редукције броја позиција

N_{P0} број позиција обухваћених Пакетом 1.0

N_{Pn} број позиција укључених у посматрани пакет.

Могућност фазне реализације³¹ оцењује се преко вредности K_4 и то тако што је за пакете код којих постоји ова могућност $K_4 = 1$ док је код оних код којих овај услов није испуњен $K_4 = 0$.

Енергетски разред се преводи у K_5 по скали датој у табели 4-6, како би се дала додатна бонификација пакетима којима се постиже бољи енергетски разред од иницијално постављеног циља (у овом случају - D енергетски разред).

Табела 4-6. Вредности K_5 за различите енергетске разреде

ен. разред	A+	A	B	C	D	E	F	G
K_5	2,5	2	1,5	1,2	1	0	0	0

Табела 4-7. Анализа и валоризација предложених пакета мера

Пакет	$Q_{H,nd.Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализац.	Ен. разред	Валоризација						Ранг
						K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Σ_k	
Пакет 1.0												
Пакет 1.1												
...												

Ове анализе се могу приказати табеларно, према моделу датом у табели 4-7.

³¹ Уз постизање унапређења од минимум једног енергетског разреда у односу на постојеће стање

4.3.6 Анализа модалитета имплементације предложеног пакета мера

Како предложени пакети мера могу садржати веома разноврсне видове интервенција, од релативно једноставних, попут замене фасадне столарије, које се могу реализовати и индивидуално по становима и пре свеобухватне енергетске санације зграде, све до комплексних захвата на фасади као што је већ приказано у трећем поглављу, упутно је сагледати неке основне елементе и дефинисати модалитете имплементације који ће бити остварљиви у реалним условима. У табели 4-8 дат је предлог једноставне прегледне листе која се може користити у овој фази.

Сезонска условљеност појединих радова може бити од великог значаја приликом дефинисања динамике реализације, будући да радови који се изводе у унутрашњости објекта могу да се планирају далеко слободније од, на пример, радова на равном крову или комплексних интервенција на фасади за које су неопходни адекватни временски услови у одређеном временском периоду. У овом контексту формулисана је и наредна колона у приложеној листи ("могућа фазност"), где је могуће евидентирати и позиције које се евентуално могу изводити у фазама, тако да се свака фаза планира у складу са потребним условима за реализацију.

Мере које се реализују индивидуалним интервенцијама унутар стамбених јединица такође је потребно идентификовати и дати одговарајући рок станарима, нарочито за оне које су повезане са другим радовима из

Табела 4-8. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације зграде

Ознака позиције	Сезонска условљеност		Могућа фазност	Индивид. реализација по становима	Повезане позиције	Коментар
	Радови споља	Радови унутра				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

предложеног пакета. Тако се, на пример, постављање термоизолације са унутрашње стране фасадног зида може реализовати практично у било ком тренутку, док је замену фасадне столарије упутно завршити пре радова на спољашности фасаде, осим код лођа, где парапетне испуне и поједине пуне делове фасадног платна станари могу санирати и касније.

Коначно, за сваку позицију је потребно евидентирати и друге позиције које су физички или технолошки повезане са њом како би се избегло дуплирање трошкова, накнадни радови, неконзистентности у реализацији архитектонског решења интервенције и слично.

Синтезни преглед процењених енергетских и финансијских уштеда (табела 4-9) за изабрани пакет мера формулисан је тако да даје сет практичних информација на основу којих се може планирати реализација пакета, разматрати модели финансирања и слично и обједињује податке о појединачним мерама са укупним резултатима за цео пакет. Као кључни подаци приказани су:

- годишња потребна енергија за грејање исказана у kWh/m²an.
- енергетски разред,
- јединична цена (за позиције у оквиру изабраног пакета) исказана у €/m²,
- укупна инвестиција (урачунати само грађевински радови, како је објашњено у делу 4.3.3 и 4.3.5),
- "уштеђена енергија", односно разлика енергије потребне за грејање у односу на постојеће стање, исказана у kWh/an,
- финансијска уштеда која се остварује по основу редукованих енергетских потреба (вредност "уштеђене енергије" према цени за 1kWh утврђеној у делу 4.3.3), исказана у €/год,
- период отплате у годинама, обрачунат према формулама (2) и (8), исказан у годинама,
- енергетска уштеда, израчуната према формули (1), исказана у процентима и

- укупна инвестиција, приказана као: укупна сума, инвестиција по 1m^2 стамбене површине (на основу податка о грејаној површини датог објекта) и као инвестиција по стамбеној јединици (на основу податка о броју станова у посматраној згради).

Овакав преглед се, осим за сагледавање целог пакета, може користити и за приказ интервенције обухваћене једном фазом, интервенције финансиране из различитих извора и слично.

Табела 4-9. Синтезни преглед процењених енергетских и финансијских уштеда

Позиција	Опис мере	$Q_{H,an}$	ен. разред	једин. цена	укупно	"уштеђена" енергија	уштеда	период отплате	енергетске уштеде
		[kWh/m ² an]		[€/m ²]	[€]	[kWh/an.]	[€/год]	[год.]	%
Pos1									
Pos2									
..									
Posn									
ПАКЕТ 1	УКУПНО			-					

УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА	инвестиција по 1m^2 грејане површине	инвестиција по стамб. јед.
[€]	[€]	[€]

5. ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ ПРЕДЛОЖЕНОГ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ПРОЦЕСА АДАПТАЦИЈЕ





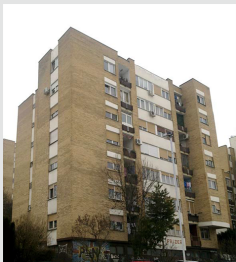
Како би се проверила могућност примене предложене процедуре у реалним условима, односно на конкретним објектима из посматраног периода, процес оптимизације мера обољшања енергетске ефикасности симулиран је на пет објеката. Објекти су бирани тако да представљају различите типове стамбених зграда (слободностојећа зграда, ламела, зграда у низу и солитер), настале у различитим периодима усмерене стамбене градње, са различитим архитектонским концептима и материјализацијама. Избор објеката приказаних у дисертацији је резултат испитивања већег броја објеката (укупно преко 30 стамбених зграда) које су обрађене приликом дефинисања метода оптимизације. Од ових објеката пробрани су они на којима се може видети највећи број комбинација различитих опредељења током процеса оптимизације. На основу ових критеријума, изабрани су следећи објекти:

- Објекат 1 слободностојећа стамбена зграда
- Објекат 2 зграда у традиционалном градском блоку
- Објекат 3 солитер
- Објекат 4 ламела (армиранобетонска префабрикација)
- Објекат 5 ламела (хибридни систем³² са фасадном опеком)

Преглед изабраних зграда са основним типолошким карактеристикама дат је у табели 5-1.

³² У конструкцији зграде и материјализацији фасаде коришћени су и префабриковани елементи и елементи рађени на лицу места.

Табела 5-1. Основне типолошке карактеристике обрађених примера

Објекат	Тип	Период градње	Материјализација фасаде	Фасадни отвори	Основа
 <p>Објекат 1</p>	слободностојећа	1961-1970	фасадни малтер	појединачни отвори, мањих димензија	компактна
 <p>Објекат 2</p>	у низу (у традиционалном градском блоку)	1961-1970	малтер, вештачки камен	појединачни отвори већих димензија	компактна, издужена
 <p>Објекат 3</p>	солитер	1971-1980	шупљи блок, мозаик плочице, кулије, натур бетон	прозорске траке	компактна
 <p>Објекат 4</p>	ламела	1971-1980	префабр. бетонски панели	прозорске траке и појединачни отвори	разуђена
 <p>Објекат 5</p>	ламела	1981-1990	фасадна опека	појединачни отвори већих димензија	разуђена

5.1 Објекат 1 - слободностојећа стамбена зграда

Објекат 1 (сл. 5-1 до 5-4) се може сматрати типичним за бројна радничка насеља која су грађена широм земље од краја 1950-их па све до прве половине 1970-их година. Основна одлика ових зграда је једноставна, компактна основа, мала спратност (По+П+4), са стамбеним јединицама релативно скромних димензија. Технологија грађења се у потпуности заснива на традиционалним техникама градње, зграда је масивног конструктивног склопа, са плитким коисм кровом, а практично једини отколон од раније праксе огледа се у коришћењу "дурисол" блокова и армиранобетонских зидова уместо опеке, као што је био случај у претходним периодима.

5.1.1 Постојеће стање

Термички омотач Објекта 1 практично уопште није изолован, иако се коефицијент пролаза топлоте зида од "дурисол" блокова ($U=0.693W/m^2K$) сматрао прихватљивим за све климатске зоне све до последње промене прописа³³. Прозори су дрвени, стандардних димензија, по склопу двоструки са развојеним крилима (уска кутија), иницијално најчешће опремљени само унутрашњом платненом ролетном, док су временом станари сами уграђивали дрвене или пластичне "еслинггер" ролетне. Међуспратне конструкције су ситноребрасте, са тршчаним малтерисаним плафонима. Енергетска својства ове зграде, прорачуната према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда, одговарају D енергетском разреду.

Основни преглед зграде

Основним прегледом зграде утврђено је релативно лоше стање зграде, са мањим оштећењима видно дотрајалог фасадног малтера и кровног покривача. Економске лође су делом застакљене, али неизмењене функције. Стање фасадне столарије варира, један део је замењен а део је прерађиван али су и тада махом коришћени најјефтинији системи.

³³ Видети прегледне табеле у Радивојевић, 2003.

Термовизијски преглед зграде

Термовизијским прегледом зграде потврђено је опште лоше стање фасадног омотача. На слици 5-1 јасно се виде различита температурна читавања у различитим стамбеним јединицама, будући да се станови греју индивидуално; код стана на првом спрату чак се јасно уочава и положај грејног тела, док се код свих загреваних станова јасно одражава и положај хоризонталних серклажа у зони међуспратне конструкције.

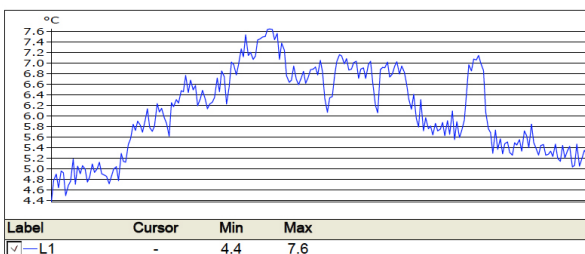
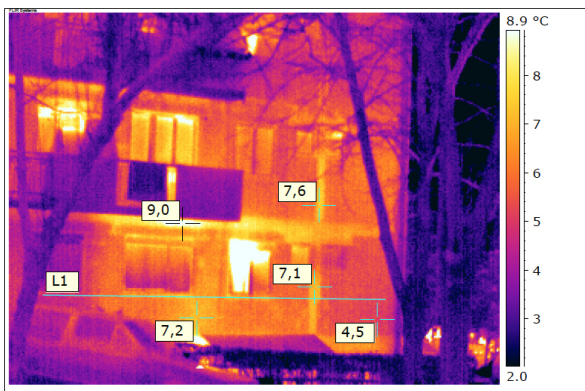


Слика 5-1. Објекат 1

На слици 5-2 јасно се уочавају сви линијски губици - на хоризонталним и вертикалним серклажима, натпрозорним гредама, продорима балконских плоча и сл. У последњем растеру са десне стране можемо приметити разлику у термограму купатила стана у приземљу и стана на првом спрату на основу које је јасно које купатило је тренутно грејано, а које не.

На слици 5-3 термовизијски снимак открива још једну појаву карактеристичну за зидове зидане "дурисол" блоковима - бетон који је прошао између блокова приликом наливања и који сада исказује значајне линијске губитке, компромитујући укупне термичке перформансе оваквог зида. Са друге стране, оштећен фасадни малтер испод прозора не показује

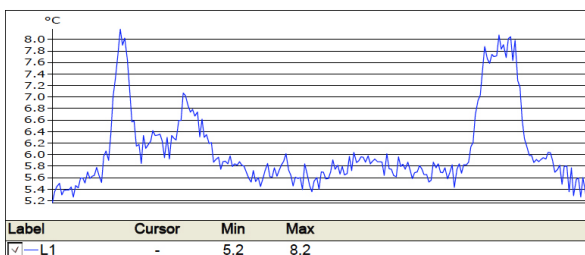
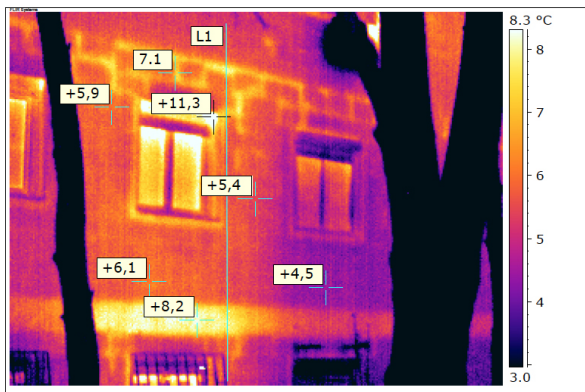
никакву разлику у температурним читавањима, што потврђује да је реч о обичном фасадном малтеру.



Слика 5-2.

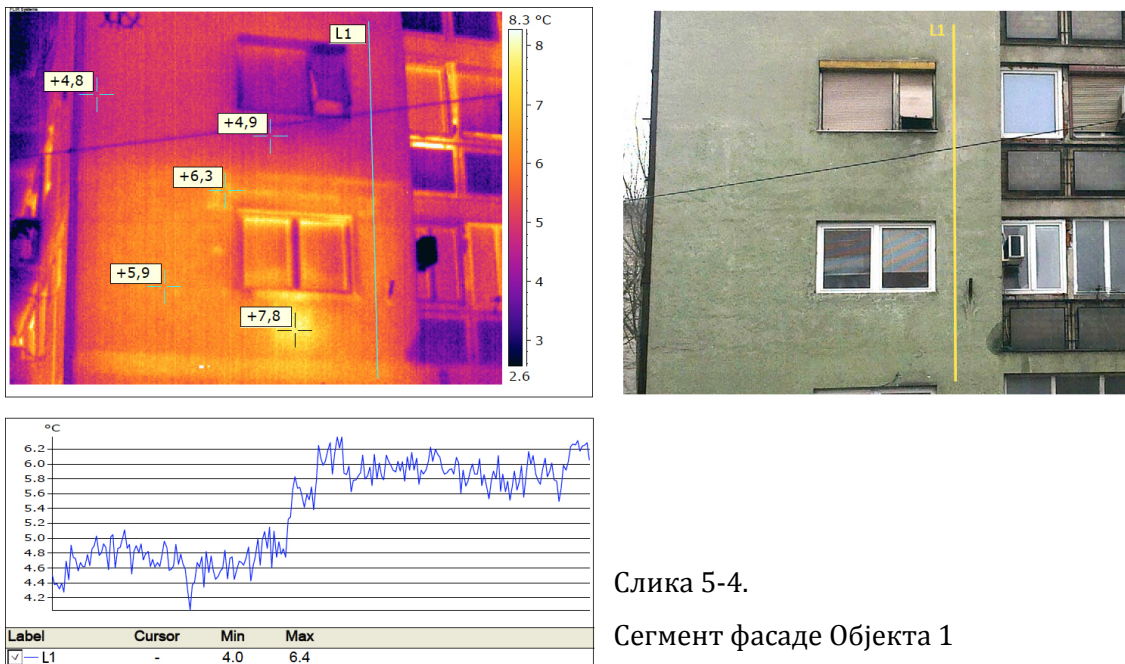
Сегмент фасаде Објекта 1

Снимак приказан на слици 5-4 начињен је на делу где је веома слабо стање фасадне облоге, које се није одразило на термограму, баш као и на слици 5-3. Овде су, међутим, јасно очитане температурне разлике од чак 3°C између две стамбене јединице.



Слика 5-3.

Сегмент фасаде Објекта 1



Слика 5-4.
Сегмент фасаде Објекта 1

5.1.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења

Елаборатом енергетске ефикасности идентификовано је укупно 9 основних позиција, где је више од половине прорачунатих трансмисионих губитака везано за фасадне зидове (укупно 53,4%). Фасадна столарија у структури трансмисионих губитака учествује са око 25%, док се појединачно учешће осталих позиција креће од 1,71% (таваница изнад подрума) до 8,14% (међуспратна конструкција испод негрејаног тавана). Преглед свих идентификованих елемената термичког омотача дат је у табели 5-2.

Због изузетно великог учешћа у трансмисионим губицима, за фасадне зидове и за фасадну столарију биће анализиране различите опције унапређења. Како се код посматране зграде може релативно једноставно приступити таваници према негрејаном поткровном простору, и за ову позицију, која у укупним трансмисионим губицима учествује са 8,14% такође ће бити испитане различите опције санације. За остале позиције преиспитаће се само основна опција санације којом се испуњава минимум прописан Правилником

о енергетској ефикасности зграда, будући да је њихово учешће у трансмисионим губицима далеко мање.

Табела 5-2. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 1

Опис елемента / система	Ознака позиције	Оштећења	Учешће у трансм. губицима [%]	Степен санације				
				0	y1	y2	y3	ус
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом								
1. Спољни зид - АБ зид	Pos1_Sz1	<input checked="" type="checkbox"/>	39,46	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. Спољни зид - "дурисол"	Pos2_Sz2	<input checked="" type="checkbox"/>	13,94	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos3_Pr1	<input type="checkbox"/>	25,18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Спољна врата	Pos4_Vr1	<input type="checkbox"/>	2,14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Унутрашње преградне конструкције								
15. Зид према негрејаним просторима - АБ зид	Pos5_Zn1	<input type="checkbox"/>	5,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Зид према негрејаним просторима - "дурисол"	Pos6_Zn2	<input type="checkbox"/>	1,93	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	Pos7_Mt1	<input type="checkbox"/>	8,14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos8_Mn1	<input type="checkbox"/>	1,71	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos9_Mn2	<input type="checkbox"/>	2,49	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Степен санације (детално објашњење дато у делу 4.3.2): 0 задржава се у постојећем стању (без измена)

y1 "минимално унапређење"

y2 "средње унапређење"

y3 "максимално унапређење"

ус санација према предлогу специфичном за пројекат

5.1.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача

За фасадне зидове испитане су различите опције како би се утврдили трендови међузависности степена интервенције и редукције енергетских потреба (табела 5-3). Анализа на нивоу појединачне интервенције указује да је најбољи однос између постигнутих енергетских уштеда и перода отплате применом најмањег степена унапређења (опција *y1*), те ће овај степен санације бити увршћен у почетни пакет мера. Међутим, опцијама *y2.2*, *y2.3* и *y3* постижу се резултати довољни за постизање *D* енергетског разреда, па се ове опције могу размотрити кроз алтернативне пакете мера.

Табела 5-3. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 1

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ep} [%]	Период отплате D _{opt} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos1+2 (обједињене позиције Pos1_Sz1 и Pos2_Sz2)	Y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	950,14	27	108,33	36,96	4,30	0,93	1,00	1,93	1
	Y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	950,14	30	105,96	38,33	4,60	0,95	0,93	1,88	2
	Y2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	950,14	32	104,23	39,34	4,79	0,96	0,90	1,86	3
	Y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна)	950,14	35	102,37	40,42	5,09	0,98	0,84	1,82	4
	Y3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна)	950,14	40	100,34	41,61	5,66	1,00	0,76	1,76	5

Анализа различитих опција унапређења за позицију фасадне столарије дата је у табели 5-4. Као најповољнија опција показала се "y3" - са највећом уштедом уз најкраћи период отплате. Са постојећом фасадном столаријом, побољшање заптивености, односно смањење броја измена ваздуха са $n=0,90$

на $n=0,60$ резултовало би редукцијом годишње потребне енергије за грејање

Табела 5-4. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 1

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ep} [%]	Период отплате D _{op} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos3_Pr1 (фасадна столарија)	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.5W/m ² K	213,42	160	140,03	18,51	10,89	0,95	0,98	1,93	3
	y2 - ПВЦ шестокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.3W/m ² K	213,42	175	136,69	20,45	10,78	0,98	0,99	1,97	2
	y3 - ПВЦ шестокорни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1W/m ² K	213,42	190	133,31	22,42	10,68	1,00	1,00	2,00	1

на 156,21 kWh/m²a, а са $n=0,50$ на 151kWh/m²a.

Као што је већ било објашњено у трећем поглављу, изоловање таваница према негрејаном тавану нема кључну улогу у укупном енергетском билансу зграде али може значајно утицати на комфор у становима на последњим етажама. У табели 5-5 је дат преглед учинка различитих унапређења на нивоу целог објекта, а опција y1 је усвојена као основно решење. Станари се, у зависности од могућности, могу одредити и за виши степен унапређења, будући да на нивоу појединачних станова учешће ове позиције може бити значајније.

Табела 5-5. Анализа различитих сценарија енергетске санације међуспратне конструкције према негрејаном тавану Објекта 1

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ep} [%]	Период отплате D _{op} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos7_Mt1 (међуспр. конструкција према негрејаном таванском простору)	y1 - минерална вуна 6cm	236,90	12	163,00	5,14	3,27	0,99	1,00	1,99	1
	y2.1 - минерална вуна 8cm	236,90	14	162,27	5,56	3,52	0,99	0,93	1,92	2
	y2.2 - минерална вуна 10cm	236,90	16	161,77	5,85	3,82	0,99	0,85	1,85	3
	y2.3 - минерална вуна 15cm	236,90	22	161,01	6,30	4,89	1,00	0,67	1,67	4
	y3 - минерална вуна 20cm	236,90	27	160,59	6,54	5,77	1,00	0,57	1,57	5

Табела 5-6 даје синтезни преглед потенцијалних редуција годишње потребне енергије за грејање које се могу постићи санацијом сваког елемената термичког омотача понаособ. Највећи приоритет додељен је фасадним зидовима, будући да се њиховом санацијом постижу највеће енергетске уштеде а фасадна облога је притом у лошем стању. У групи мера другог приоритета, највеће уштеде се могу постићи заменом фасадне столарије (22,42%), док се санацијом међуспратне конструкције према негрејаном тавану енергетске потребе могу редуковати за нешто више од 8%. Најмање уштеде се могу постићи санацијом међуспратне конструкције изнад негрејаног простора (подрума и улаза), као и заменом улазних врата, те су ове позиције сврстане у најнижи степен приоритета.

Табела 5-6. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 1

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Sz1 и Pos2_Sz2)	Pos(1+2)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	<input checked="" type="checkbox"/>	53,4	950,14	27	36,96	4,10	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos3_Pr1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1W/m ² K	<input type="checkbox"/>	25,18	213,42	190	22,42	10,68	II
Спољна врата	Pos4_Vr1	метална, изолована	<input type="checkbox"/>	2,14	42,39	220	0,98	56,32	III
Зидови према негрејаним просторима (обједињене позиције Pos5_Zn1 и Pos6_Zn2)	Pos(5+6)	камена вуна 5cm + гипскартонске плоче	<input type="checkbox"/>	6,93	292,22	22	4,50	8,43	II
Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	Pos7_Mt1	парна брана и камена вуна 6cm	<input type="checkbox"/>	8,14	236,90	16	5,85	3,82	II
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos8_Mn1	камена вуна 5cm + гипскартонске плоче	<input type="checkbox"/>	1,71	122,96	25	0,60	30,28	III
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos9_Mn2	камена вуна 8cm + гипскартонске плоче	<input type="checkbox"/>	2,49	114,03	28	1,68	11,25	III

5.1.4 Дефинисање пакета мера

У циљу дефинисања почетног предложеног пакета мера, утврђено је колико је потребно редуковати енергију потребну за грејање како би се постигао *D* енергетски разред - 39%, односно 60% за постизање *C* енергетског разреда (табела 5-7). На основу података датих у табелама 5-6 и 5-3 може се очекивати да се применом вишег степеном унапређења фасадних зидова могу постићи уштеде које би резултирале *D* енергетским разредом на нивоу зграде, док се санацијом фасадних зидова и столарије може очекивати резултат у оквиру *C* енергетског разреда .

Табела 5-7. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 1 и потребних уштеда у циљу постизања *E*, *D* или *C* енергетског разреда

$Q_{H,nd}$ постојеће [kWh/m ² a]	171,83
постојећи енергетски разред	F
$Q_{H,nd}$ за E ен. разред [kWh/m ² a].	140,00
потребна редукација за E [%]	18,52
$Q_{H,nd}$ за D ен. разред [kWh/m ² a].	105,00
потребна редукација за D [%]	38,89
$Q_{H,nd}$ за C ен. разред [kWh/m ² a].	70,00
потребна редукација за C [%]	59,26
сумарна редукација применом свих мера $\sum S_{pn}$ [%]	72,98

На основу претходних анализа дефинисан је почетни предложени Пакет 1 (Табела 5-8), а како њиме није постигнут један од основних циљева унапређења - *D* енергетски разред, формулисани су и Пакети 1.1 и 1.2, дати у табелама 5-9 и 5-10. Пакетом 1.2 постигнут је *D* енергетски разред. На исти начин су формиран и Пакети 1.3 и 1.4 (приказани у оквиру Табеле 5-11), чиме су обухваћене све претходно испитане опције санације фасадних зидова.

Табела 5-8. Пакет 1 за Објекат 1

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енерг. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{pp} [%]	Период отплате D _{pp} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Sz1 и Pos2_Sz2)	Pos(1+2)	У1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	108,33	E	950,14	27	36,96	4,10	I
УКУПНО ПАКЕТ 1			108,33	E			36,96	4,10	

Табела 5-9. Пакет 1.1 за Објекат 1

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енерг. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{pp} [%]	Период отплате D _{pp} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Sz1 и Pos2_Sz2)	Pos(1+2)	У2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	105,96	E	950,14	30	38,33	4,39	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.1			105,96	E			38,33	4,39	

Табела 5-10. Пакет 1.2 за Објекат 1

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енерг. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{pp} [%]	Период отплате D _{pp} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Sz1 и Pos2_Sz2)	Pos(1+2)	У2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	104,23	D	950,14	32	39,34	4,56	I
УКУПНО ПАКЕТ 1,2			104,23	D			39,34	4,56	

5.1.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога

Анализа предложених Пакета 1.0-1.4. показала је да је најповољније решење санација фасадних зидова системом контактне фасаде са термоизолацијом од камене вуне дебљине 12cm (Табела 5-11).

Табела 5-11. Пакети мера за Објекат 1

Пакет	Опис	$Q_{H,nd,Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализац.	Ен. разред	Валоризација						Ранг
							K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Σ_k	
Пакет 1.0	У1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	108,33	4,10	1	1	Е	0,93	1,00	1,00	1,00	0,00	3,93	4
Пакет 1.1	У2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	105,96	4,39	1	1	Е	0,95	0,93	1,00	1,00	0,00	3,88	5
Пакет 1.2	У2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	104,23	4,56	1	1	Д	0,96	0,90	1,00	1,00	1,00	4,86	1
Пакет 1.3	У2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна)	102,37	4,86	1	1	Д	0,98	0,84	1,00	1,00	1,00	4,82	2
Пакет 1.4	У3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна)	100,34	5,39	1	1	Д	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	4,76	3

Пакетом 1.2 добија се прорачуната потребна енергија за грејање од 104,23kWh/m²a, са периодом отплате од 4,56 година.

5.1.6 Модалитети имплементације предложеног пакета мера

Усвојеним пакетом мера обухваћен је само један елемент термичког омотача зграде, те реализација заправо подразумева санацију фасадних зидова. Остале мере унапређења енергетске ефикасности треба реализовати у складу са сервисним циклусима појединих елемената зграде. Преглед процењених енергетских и финансијских ефеката примене Пакета 1 дат је у табели 5-12, уз графички приказ потенцијалних енергетских уштеда на слици 5-5.

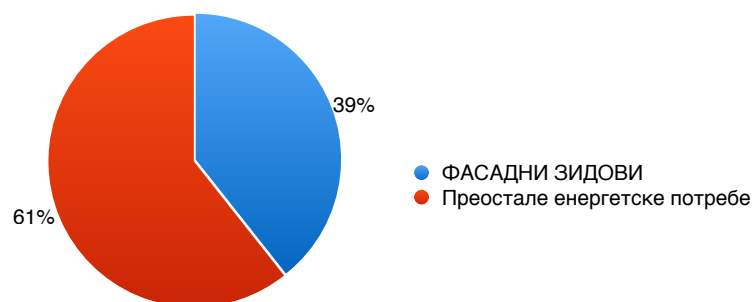
Из приложене табеле видимо да радови на изловању фасаде износе око 30000 евра, што би значило да се инвестицијом од 1500 евра по стану може

извести интервенција која је сама по себи довољна за постизање D енергетског разреда.

Табела 5-12. Објекат 1 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

позиције	опис мере	ен. разред	једин. цена	укупно	"уштеђена" енергија	уштеда	период отплате	енергетске уштеде	преостале потребе за енергијом
			[€/m ²]	[€]	[kWh/a]	[€/год]	[год.]	%	%
ФАСАДНИ ЗИДОВИ	контактна фасада, 12cm термоизолације	D	32	30 404	77476	6663	4,56	39,34	60,66
ПАКЕТ 1	УКУПНО	D		30 404	77476	6663	4,56	39,34	61

УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА [€]	инвестиција по 1m ² грејане површине [€]	инвестиција по стамб. јед. [€]
30 404	27	1520



Слика 5-5. Објекат 1 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1

5.2 Објекат 2 - зграда у традиционалном градском блоку

Објекат 2 (слика 5-6) је зграда спратности По+Пр+Впр+7+Пс, са три улаза, грађена почетком 1960-их година, те је карактеришу елементи карактеристични за прелазак са традиционалних материјала и система градње на савременију материјализацију архитектонског склопа. Како се, за разлику од осталих примера обрађених у овом раду, посматрани објекат налази у централној градској зони, у приземљу су смештени локали и пословни простор који нису у власништву станара, па је у овом случају извршена подела на стамбени и пословни део за који су рађени засебни елаборати енергетске ефикасности. У случају конкретног објекта, то је веома референтно будући да се део пословног простора тренутно не користи.



Слика 5-6. Објекат 2

5.2.1 Постојеће стање

Зграда је скелетне конструкције, са армиранобетонским платнима за укрућење и обимним зидовима од гитер блокова, са релативно великим фасадним отворима и племенитим малтером као завршном фасадном обрадом. Таванице су ребрасте, армиранобетонске, а прозори су дрвени, двоструки, са еслингер (отвори директно на фасади) или платненим (отвори на лођама) ролетнама, што је била уобичајена пракса у том периоду. Како

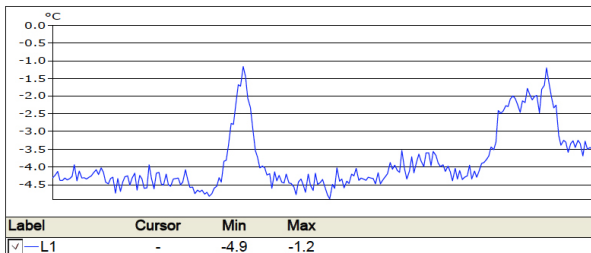
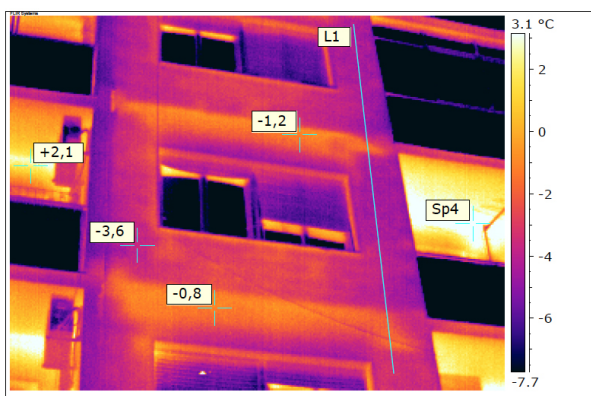
зграда практично уопште није термоизолована³⁴, елаборатом енергетске ефикасности за постојеће стање утврђен је F енергетски разред.

Основни преглед зграде

Основним прегледом зграде утврђено је да је фасадна облога у релативно добром стању - нема већих видљивих оштећења (осим на делу калканског зида) али је приметна запрљаност услед аерозагађења и спорадично оштећен назидак на местима где је вероватно дошло до продора воде у слојеве равног крова. Мањи део (око 15%) лођа је застакљен, по правилу једноставним системима са једноструким стаклом и оне у принципу нису припајане стамбеном простору, већ су и даље негрејане. На неколицини станова замењена је фасадна столарија. Раван кров је временом спорадично саниран али је и деље генерално у лошем стању.

Термовизијски преглед зграде

Термовизијским прегледом зграде утврђено је релативно уједначено и очекивано понашање елемената фасадног омотача (слика 5-7 до 5-9). Термограми показују значајно више температурне вредности на местима

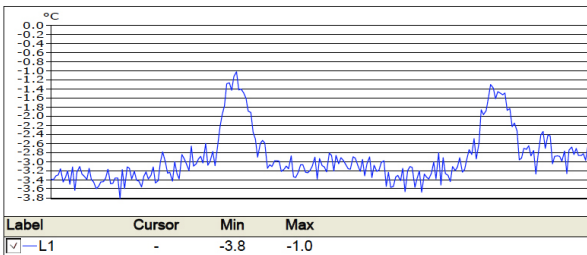
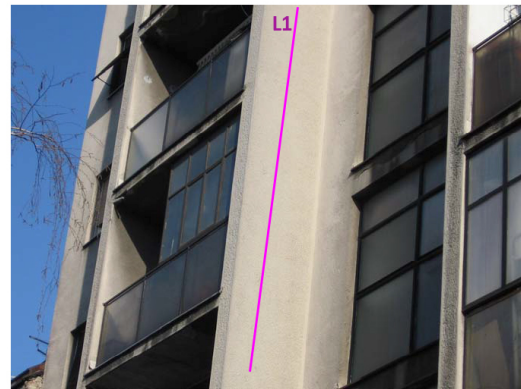
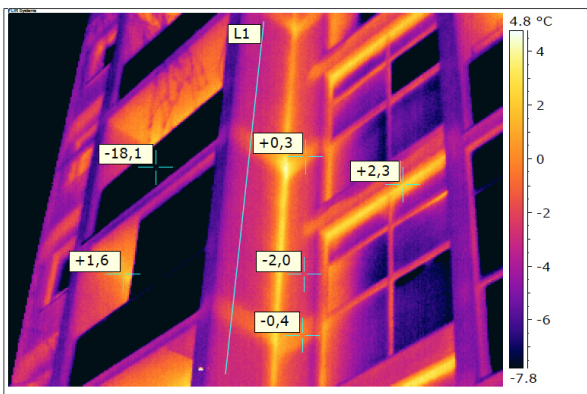


Слика 5-7.

Сегмент фасадног омотача Објекта 2 са фасадним зидовима од шљако блокова - јасно се оцртавају армиранобетонски елементи.

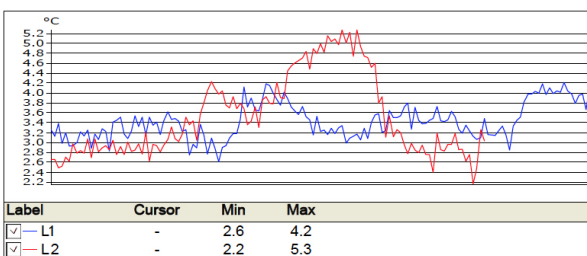
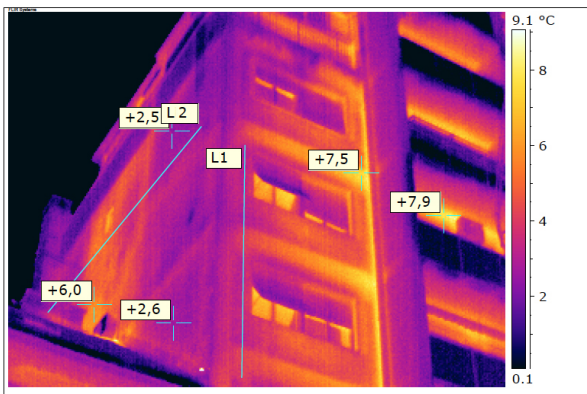
³⁴ Сматрало се, на пример, да се слојем шљако бетона у равном крову постиже задовољавајући степен термичке заштите, што је често и експлицитно навођено у пројектној документацији.

горизонталних серклажа, натпрозорних греда и на местима сучељавања армиранобетонских и зидова од шљако блокова. Изузетно висока температурна очитавања на таваничним плочама лођа последица су директног продора међуспратне конструкције из стамбеног (грејаног) у спољашњи простор. Око прозора се детектују линијски губици, али како су у зидовима рађени тзв. "зуби" за уградњу прозора, детектована топлотна одавања су приметно мања него код осталих примера.



Слика 5-8.

Сегмент фасадног омотача Објекта 2 са израженим линијским губицима, чак и у зони негрејаног степенишног простора.



Слика 5-9.

Сегмент фасадног омотача Објекта 2 са калканским зидом на којем се јасно виде виша температурна очитавања у зони купатила.

5.2.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења

Елаборатом енергетске ефикасности идентификовано је укупно 14 основних позиција, а преглед идентификованих елемената термичког омотача дат је у табели 5-13. Највећи прорачунати трансмисиони губици односе се на

Табела 5-13. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Степен санације					Коментар
				0	y1	y2	y3	ус	
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом									
1. Спољни зид (Pos1_Fz1) шупљи блок	Pos1_Fz1	<input type="checkbox"/>	29,36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	санира се заједно са Pos21_Fz2
1. Спољни зид (Pos2_Fz2) АБ зид	Pos2_Fz2	<input type="checkbox"/>	7,75	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	санира се заједно са Pos1_Fz1
2. Зид на дилатацији (између зграда) (Pos3_Dz1)	Pos3_Dz1	<input type="checkbox"/>	6,36	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника (Pos4_Mk1)	Pos4_Mk1	<input type="checkbox"/>	6,45	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	са доње стране не може се приступити; у стану није реално могуће
4. Раван кров изнад грејаног простора (Pos5_Rk1) проходан кров	Pos5_Rk1	<input checked="" type="checkbox"/>	2,21	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Раван кров изнад грејаног простора (Pos6_Rk2) непроходан кров	Pos6_Rk2	<input checked="" type="checkbox"/>	3,60	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Раван кров изнад негрејаног простора (Pos7_Rk3)	Pos7_Rk3	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	није део термичког омотача, чини целину са Pos6_Rk2
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза (Pos8_Mk2)	Pos8_Mk2	<input type="checkbox"/>	0,35	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште (Pos9_Pr1)	Pos9_Pr1	<input type="checkbox"/>	30,93	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Спољна врата (Pos10_Vr1)	Pos10_Vr1	<input type="checkbox"/>	2,19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Унутрашње преградне конструкције									
15. Зид према негрејаним просторима (Pos11_Uz1)	Pos11_Uz1	<input type="checkbox"/>	7,27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ходник, кухиње, купатила
15. Зид према негрејаним просторима (Pos12_Uz2)	Pos12_Uz2	<input type="checkbox"/>	3,89	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ходник, кухиње, купатила
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора (Pos13_Mk3)	Pos13_Mk3	<input type="checkbox"/>	0,24	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	потребно је 8cm термоизолације
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (Pos14_Mk4)	Pos14_Mk4	<input type="checkbox"/>	0,10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Степен санације (детално објашњење дато у делу 4.3.2): 0 задржава се у постојећем стању (без измена)

y1 "минимално унапређење"

y2 "средње унапређење"

y3 "максимално унапређење"

ус санација према предлогу специфичном за пројекат

фасадне зидове (укупно преко 35%) и фасадну столарију (нешто више од 30%), те ће за њих бити размотрени различити степени унапређења. Са друге стране, међуспратна конструкција према пословном простору неће бити даље разматрана пошто јој није могуће приступити (није у власништву станара), као ни таваница испог негрејаног простора коју би требало изоловати са 8cm термоизолације, чиме би се значајно умањила чиста висина у становима. Како ова позиција учествује са 0,24% у структури трансмисионих губитака, ефекат њене санације на нивоу зграде би био практично занемарљив. За остале позиције биће израчуната уштеда на основу санације којом се испуњавају минимални услови прописани Правилником о енергетској ефикасности зграда.

5.2.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача

Приликом анализе појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача, за фасадне зидове и фасадну столарију размотрене су различите опције санације. Како позиције 1 и 2 учествују са више од 35% у трансмисионим губицима прорачунатим за постојеће стање зграде,

Табела 5-14. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 2

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{pp} [%]	Период отплате D _{pp} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos1+2 (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	У1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	2068,89	27	108,93	30,52	3,13	0,95	1,00	1,95	1
	У2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	2068,89	30	107,16	31,65	3,35	0,96	0,93	1,90	2
	У2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	2068,89	32	105,93	32,43	3,49	0,97	0,90	1,87	3
	У2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна)	2068,89	35	104,58	33,30	3,71	0,99	0,84	1,83	4
	У3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна)	2068,89	40	103,19	34,18	4,13	1,00	0,76	1,76	5

претпоставка је да се без санације ових позиција не може постићи циљани D енергетски разред. Почетни прорачун извршен је за опцију "y1", са системом контактне фасаде са 8cm камене вуне као термоизолационим слојем, а потом и за исти систем са дебелинама термоизолације од 10, 12, 15 и 20cm (табела 5-14). Прелиминарна анализа показала је да је најповољнија опција "y1".

Слична анализа извршена је и за фасадну столарију (Табела 5-15), где је опција "y3" резултовала највећом уштедом уз најкраћи период отплате.

Табела 5-15. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 2

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos9_Pr1 (фасадна столарија)	y1 - ПВЦ петокоморни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.5W/m ² K	997,04	160	139,23	11,19	24,34	0,94	0,81	1,76	3
	y2 - ПВЦ шестокоморни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.3W/m ² K	997,04	175	135,35	13,67	21,80	0,97	0,91	1,88	2
	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1W/m ² K	997,04	190	131,19	16,32	19,82	1,00	1,00	2,00	1

Код равних кровова остављена је отворена опција испитивања алтернативних решења (зелени кров, инверзни кров, вентилисани склоп и сл.). Ова решења неће бити посебно разматрана у оквиру опција енергетске санације, будући да је учешће равних кровова у трансмисионим губицима на нивоу зграде мало (укупно испод 6%), те да се, рачунато према важећој методологији, не могу очекивати резултати значајно другачији од оних добијених за конвенционална решења. Критеријуми за опредељење о типу санације равног крова, према томе, неће бити условљени њиховим енергетским перформансама већ евентуалним модалитетима експлоатације (промена намене, одржавање и сл.).

Табела 5-16 даје синтезни преглед потенцијалних редуција годишње потребне енергије за грејање које се могу постићи санацијом свих реално доступних елемената термичког омотача. Највећи приоритет додељен је фасадним зидовима (због највећих потенцијалних уштеда) и равним крововима (због учених оштећења и проблема са прокишњавањем). Због потенцијалних уштеда од 16,32% фасадна столарија има други степен приоритета. према критеријумима датим у делу Све остале позиције могу сврстати у најнижи степен приоритета, према критеријумим датим у делу 4.3.3.

Табела 5-16. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{пр} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	<input type="checkbox"/>	37,11	2068,89	27	30,52	3,13	I
Зид на дилатацији (између зграда)	Pos3_Dz1	минерална вуна 6cm, гипскартонске плоче	<input type="checkbox"/>	6,36	297,64	23	5,39	2,17	III
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	<input checked="" type="checkbox"/>	2,21	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	<input checked="" type="checkbox"/>	3,60	465,63	60	2,91	16,37	I
Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos8_Mk2	XPS 12cm, племенити малтер	<input type="checkbox"/>	0,35	153,62	27	0,31	23,14	III
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos3_Pr1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1W/m ² K	<input type="checkbox"/>	30,93	997,04	190	16,32	19,82	II
Спољна врата	Pos10_Vr1	метална, изолована	<input type="checkbox"/>	2,19	166,00	220	0,99	63,08	III
Зид према негрејаним просторима	Pos11_Uz1	полистирен 5cm + завршна обрада	<input type="checkbox"/>	7,27	1035,17	15	4,82	5,51	III
Зид према негрејаним просторима	Pos12_Uz2	полистирен 6cm + завршна обрада	<input type="checkbox"/>	3,89	356,28	16	3,06	3,19	III
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (Pos14_Mk4)	Pos14_Mk4	полистирен 6cm + завршна обрада	<input type="checkbox"/>	0,10	24,00	16	0,06	10,28	III

5.2.4 Дефинисање пакета мера

Како би се дефинисао почетни предложени пакет мера, утврђено је колико је потребно редуковати енергију потребну за грејање како би се постигао одређени енергетски разред (табела 5-17). Сагледавањем података приказаних у табелама 5-16 и 5-17, може се констатовати следеће:

- Санацијом позиција I степена приоритета (фасадни зидови и равни кровови - Pos(1+2), Pos5, Pos(6+7)) могу се остварити уштеде довољне за постизање D енергетског разреда ($\Sigma S_{pn} = 35,19\% > 33,03\%$);
- Санацијом фасадних зидова енергија потребна за грејање се умањује за више од 30%, па се чак и одвојеном санацијом дворишне и уличне фасаде могу остварити уштеде потребне за постизање E енергетског разреда, тј. ове две фасаде се могу радити у потпуно одвојеним фазама;
- Санацијом позиција I и II степена приоритета уз санацију зида на дилатацији, могуће је постизање C енергетског разреда ($\Sigma S_{pn} = 56,9\% > 55,35\%$).

Табела 5-17. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 2 и потребних уштеда у циљу постизања E, D или C енергетског разреда

Q _{H,nd} постојеће [kWh/m ² a]	156,78
пост. енергетски разред	F
Q _{H,nd} за E ен. разред [kWh/m ² a].	140,00
потребна редуција за E [%]	10,70
Q _{H,nd} за D ен. разред [kWh/m ² a].	105
потребна редуција за D [%]	33,03
Q _{H,nd} за C ен. разред [kWh/m ² a].	70,00
потребна редуција за C [%]	55,35
сумарна редуција применом свих мера ΣS_{pn} [%]	67,16

Имајући у виду "циљани" D енергетски разред, и претходно извршене анализе, за почетни Пакет 1 усвојене су позиције приказане у табели 5-18, а кроз Пакете 1.1 - 1.4 испитане су и различите опције унапређења фасадних зидова (табеле 5-19 до 5-22).

Табела 5-18. Пакет 1 за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	108,93	E	2068,89	27	30,52	3,13	I
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	154,03	F	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	152,21	F	465,63	60	2,91	16,37	I
УКУПНО ПАКЕТ 1			101,61	D			35,19	4,97	

Табела 5-19. Пакет 1-1 за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	Y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	107,16	E	2068,89	30	31,65	3,35	I
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	154,03	F	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	152,21	F	465,63	60	2,91	16,37	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.1			99,85	D			36,31	5,11	

Табела 5-20. Пакет 1-2 за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ep} [%]	Период отплате D _{ep} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	У2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	105,93	E	2068,89	32	32,43	3,49	I
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	154,03	F	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	152,21	F	465,63	60	2,91	16,37	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.2			98,61	D			37,10	5,19	

Табела 5-21. Пакет 1-3 за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ep} [%]	Период отплате D _{ep} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	У2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна)	104,58	D	2068,89	35	33,30	3,71	I
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	154,03	F	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	152,21	F	465,63	60	2,91	16,37	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.3			97,27	D			37,96	5,36	

Табела 5-22. Пакет 1-4 за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ep} [%]	Период отплате D _{ep} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	У3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна)	103,19	D	2068,89	40	34,18	4,13	I
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	154,03	F	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	152,21	F	465,63	60	2,91	16,37	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.4			95,87	D			38,85	5,69	

Како би се испитали и ефекти укључивања додатних позиција до постизања C енергетског разреда, формулисани су и Пакети 2, односно 2.1-2.4 аналогно пакетима 1 до 1-4. У табели 5-23 приказан је основни Пакет 2, док су Пакети

2.1 - 2.4 формулисани у односу на различит степен унапређења фасадних зидова, аналогно Пакетима 1.1 - 1.4.

Табела 5-23. Пакет 2 за Објекат 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{han} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{en} [%]	Период отплате D _{opt} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos(1+2)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	108,93	E	2068,89	27	30,52	3,13	I
Раван кров изнад грејаног простора (проходан кров)	Pos5_Rk1	XPS 16cm, поплочање	154,03	F	259,82	72	1,75	18,21	I
Непроходан кров (обједињене позиције Pos6_Rk2 и Pos7_Rk3)	Pos(6+7)	XPS 16cm, шљунак	152,21	F	465,63	60	2,91	16,37	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos9_Pr1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1W/m ² K	131,19	E	997,04	190	16,32	19,82	II
Зид на дилатацији (између зграда)	Pos3_Dz1	минерална вуна 8cm, гипскартонске плоче	148,33	E	297,64	23	5,39	2,17	III
УКУПНО ПАКЕТ 2			67,57	C			56,90	8,97	

5.2.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога

Упоредна анализа предложених пакета показала је да је најповољније решење дато у оквиру Пакета 1.2. У Табели 5-24 приказана је валоризација која је укључила Пакете 1.0-1.4 и Пакет 2.0, а као контролне су извршене и валоризације Пакета 1.x и 2.x у следећим варијантама:

- Пакети 1.0 - 1.4 (основна валоризација према предложеној методологији)
- Пакети 1.0 - 1.4 и Пакети 2.0 - 2.4
- Пакети 1.0 - 1.4 и Пакет 2.2
- Пакети 1.0 - 1.4 и Пакет 2.4

У свим посматраним случајевима Пакет 1.2 је био најбоље рангиран, што значи да је било довољно извршити само основну валоризацију према предложеној методологији (анализа Пакета 1.0-1.4).

Табела 5-24. Пакети мера за Објекат 2

Пакет	Опис	$Q_{H,nd.Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализац.	Ен. разред	Валоризација					Ранг	
							K_1	K_2	K_3	K_4	K_5		Σ_k
Пакет 1.0	раван кров и фасадни зидови (опција у1 - са термоизолацијом 8cm)	101,61	4,97	3	1	D	0,66	1,00	1,00	1,00	0,00	3,66	6
Пакет 1.1	раван кров и фасадни зидови (опција у2.1 - са термоизолацијом 10cm)	99,85	5,11	3	1	D	0,68	0,97	1,00	1,00	0,00	3,65	5
Пакет 1.2	раван кров и фасадни зидови (опција у2.2 - са термоизолацијом 12cm)	98,61	5,19	3	1	D	0,69	0,96	1,00	1,00	1,00	4,64	1
Пакет 1.3	раван кров и фасадни зидови (опција у2.3 - са термоизолацијом 15cm)	97,27	5,36	3	1	D	0,69	0,93	1,00	1,00	1,00	4,62	2
Пакет 1.4	раван кров и фасадни зидови (опција у3 - са термоизолацијом 20cm)	95,87	5,69	3	1	D	0,70	0,87	1,00	1,00	1,00	4,58	3
Пакет 2.0	Пакет 1.0 + фасадна столарија и зид на дилатацији	67,57	8,97	5	1	C	1,00	0,55	0,60	1,00	1,20	4,35	4

5.2.6 Модалитети имплементације предложеног пакета мера

Како су у финално усвојеном пакету мера само три сегмента термичког омотача - фасада, проходан и непроходан раван кров, ове мере се могу реализовати у различитим сценаријима:

1. Санација свих позиција одједном,
2. Санација фасадних зидова у различитим фазама - посебно дворишна, посебно улична фасада, са санацијом равних кровова у првој фази (због уочених оштећења).

Преглед основних аспеката имплементације предложеног пакета мера дат је у табели 5-25. Поједине локалне заједнице или комунална предузећа имају

програме за помоћ при санирању равних кровова, односно фасада, па је у овом случају упутно проверити и ове опције.

Табела 5-25. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације Објекта 2

Ознака позиције	Сезонска условљеност		Могућа фазност	Индивид. реализација по становима	Повезане позиције	Коментар
	Радови споља	Радови унутра				
Pos(1+2)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Могућа је независна санација уличне и дворишне фасаде
Pos5_Rk1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Pos(6+7)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Преглед процењених енергетских и финансијских ефеката примене усвојеног Пакета 1.2 дат је у табели 5-26, уз графички приказ потенцијалних

Табела 5-26. Објекат 2 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1.2

позиција	опис мере	$Q_{H,ap}$ [kWh/m ² a]	ен. разред	једин. цена [€/m ²]	укупно [€]	"уштеђена" енергија [kWh/a]	уштеда [€/a]	период отплате [a]	енергетске уштеде %
ФАСАДНИ ЗИДОВИ	контактна фасада, 12cm термоизолације	105,93	E	32	66 204	220834	18992	3,49	32,43
РАВАН КРОВ (проходан)	16cm термоизолац.*	154,03	F	72	18 707	11943	1027	18,21	1,75
РАВАН КРОВ+ (непроходан)	16cm термоизолац.*	152,21	F	60	27 938	19847	1707	16,37	2,91
ПАКЕТ 1.2	УКУПНО	98,61	D		112 849	252624	21726	5,19	37,10

УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА [€]	инвестиција по 1m ² грејане површине [€]	инвестиција по стамб. јед. [€]
112 849	26	1393

енергетских уштеда на слици 5-10. Из табеле 5-26 видимо да је за предложену санацију потребна инвестиција од око 26 евра по 1m² грејане површине, односно нешто испод 1400 евра по стану, са периодом отплате од 5,19 година. Уз потенцијалне субвенције за обнову фасаде или равног крова. финансијски аспект ове санације би био још повољнији. Мали број позиција обухваћених пакетом енергетске санације оставља простор за санацију осталих позиција која би пратила редовне циклусе инвестиционог

одржавања, или приликом адаптације станова, индивидуалним интервенцијама у оквиру стамбених јединица. Како се санацијом фасадних зидова може постићи Е енергетски разред, и у формалном смислу је испуњен захтев из Правилника о енергетској ефикасности зграда за унапређењем од минимум једног енергетског разреда и приликом парцијалне реализације предложеног пакета.



Слика 5-10. Објекат 2 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1.2

5.3 Објекат 3 - солитер

Објекат 3 (слика 5-11) представник је спратности П+14, док је по истом моделу у новобеоградским блоковима 45 и 70 изграђено више од 30 објеката спратности П+12 до П+16. Специфичност солитера изграђених током седамдесетих година прошлог века је велика разноврсност архитектонских решења и примена широког спектра фасадних обрада.



Слика 5-11. Објекат 3

Прве стамбене куле биле су једноставније, често са масивним зидовима и појединачним отворима (тип Ц6 Националне типологије) где је учешће спољних зидова и фасадних отвора било готово изједначено у енергетском билансу зграде (Јовановић Поповић и др. 2013б, стр. 184) и за ове објекте се,

у принципу, могу дословце применити типске мере дате у Националној типологији. Са друге стране, за наредни период (тип Д6, 1961-1970) карактеристични су солитери једноставне форме, са консеквентно примењеним прозорским тракама, масивних зидова од армираног бетона, "дурисол" или шљако блокова, у комбинацији са лаким парапетним испунама код којих је учешће фасадних отвора у енергетском билансу зграде готово троструко веће од збирног учешћа спољних зидова, те се кључне уштеде постижу првенствено заменом фасадне столарије, док се за санацију спољних зидова такође могу разматрати управо мере дате у Националној типологији.

Код солитера Е периода (тип Е6, 1971-1980), напротив, уочавамо далеко комплекснију ситуацију. Анализом података из Националне типологије, увиђају се велики топотни губици кроз практично све елементе фасадног омотача, иако су фасадни зидови ових објеката најчешће префабриковане "сендвич" конструкције са термоизолацијом дебљине 3-5cm. Такође, због разноврсних фасадних обрада (натур бетон, опека, "кулије", мозаик плочице итд.) и релативно велике спратности, поставља се питање реалних могућности и исплативости санације директном применом мера датих у оквиру Националне типологије.

5.3.1 Постојеће стање

Посматрани солитер је скелетне армиранобетонске конструкције, са варијететом фасадних зидова, "сендвич" конструкције са слојем мирујућег ваздуха и/или 3cm термоизолације, разноврсних фасадних облога. Прозори су дрвени, са раздвојеним крилима, опремљени дрвеним "еслингер" ролетнама. Као термоизолација равних кровова коришћен је перлит бетон, од којег је уједно извођен и слој за пад. Елаборатом енергетске ефикасности прорачуната је годишња потребна енергија за грејање од 137,59kWh/m²а, што одговара *E* енергетском разреду.

Основни преглед зграде

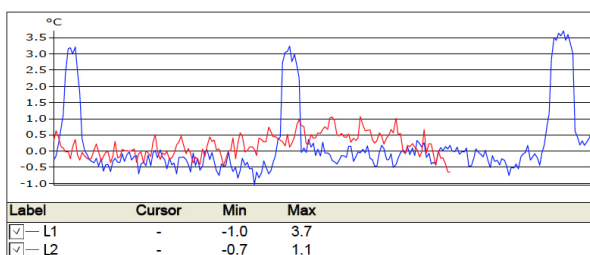
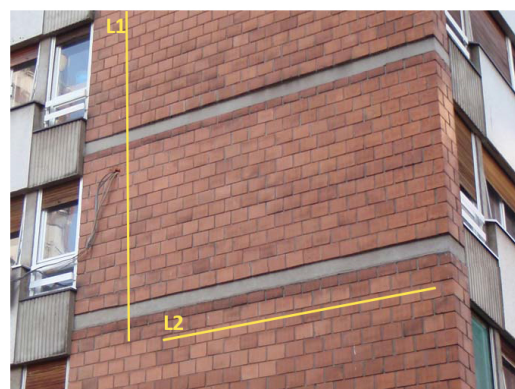
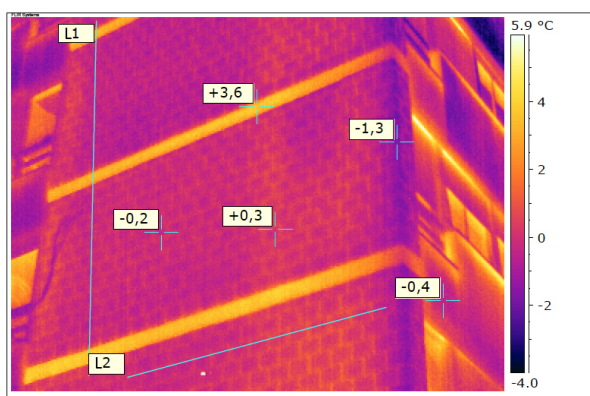
Основним прегледом посматране зграде утврђено је да су фасадне облоге у добром стању, без видљивих оштећења. За разлику од фасадних облога,

равни кровови (непроходни кров и кровне терасе на повученој етажи) су у лошем стању, иако су на појединим деловима станари већ покушавали да санирају оштећења. Око 40% лођа је застакљено, док је на мањем броју станова замењена оригинална фасадна столарија. Застакљења која су самоиницијативно вршили станари су једноставна, најчешће једноструким стаклом, без термопрекида у профилима или без икаквих профила, а нови прозори су најчешће са ПВЦ профилима и термоизолационим стаклом 4+12+6mm или сличним. Како би се омогућила типолошка поређења са осталим приказаним објектима, за прорачун постојећег стања усвојено је оригинално стање (према доступној пројектној документацији и увиду на лицу места).

Термовизијски преглед зграде

Термовизијским прегледом зграде омогућено је комплетирање информација о појединим сегментима фасадног омотача који нису били јасно описани у доступној пројектној документацији, као и јаснији увид у реално стање термоизолације у појединим фасадним зидовима.

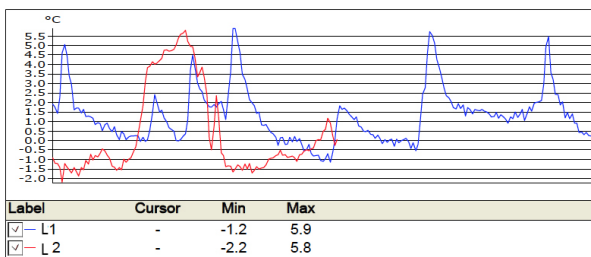
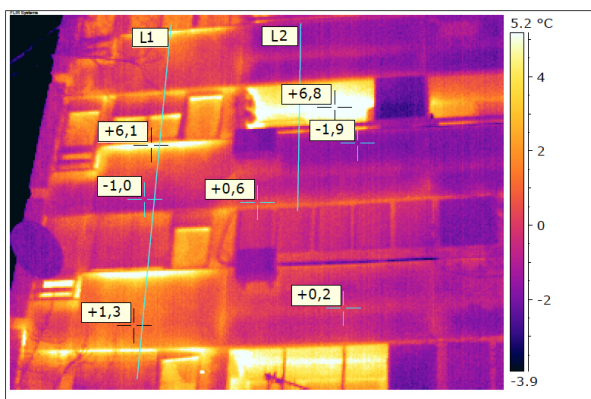
На слици 5-12 приказан је сегмент зида са шупљим фасадним блоковима као завршном обрадом (Pos4-Fz2) и бетонским тракама у зони међуспратне конструкције. На основу јасно изражених губитака у зони хоризонталног серклажа извесно је да у зони међуспратне конструкције нема никакве



Слика 5-12.

Сегмент фасадног омотача Објекта 3 са шупљим фасадним блоковима и бетонским тракама у зони међуспратне конструкције

термоизолације, односно, да је бетонска таваница директно на фасади, што је било уобичајено решење у овом периоду. Такође, нешто израженији топлотни губици у десном делу фасадног платна указују на одређене дефекте у термоизолационом слоју сендвич конструкције.



Слика 5-13.

Сегмент фасадног омотача Објекта 3 са прозорским тракама и парапетним испунама са натур бетоном и мозаик плочицама као завршном обрадом

Слика 5-13 пружа увид у још неколико особености термичких перформанси фасадног омотача Објекта 3 које су карактеристичне за архитектуру овог периода. На основу обрасца температурних очитавања у зони парапетних испуна од натур бетона као и оних обложених мозаик плочицама, може се закључити да ови префабриковани елементи директно належу на таваничне плоче, без адекватног решења линијских губитака на том делу. Термовизијски снимак открива и велике недостатке карактеристичне за уградњу фасадне столарије у овакве системе - велике топлотне губитке у зони контакта прозора и парапетних испуна, где приликом уградње, по правилу, није вршена никаква накнадна корекција и где је приметна веома слаба заптивеност ових спојева. Коначно, на лођама које нису застакљене, изузетно висока температурна очитавања индикују знатне топлотне губитке услед директног продора таваничне конструкције, без икакве термоизолације.

5.3.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења

Елаборатом енергетске ефикасности идентификовано је укупно 14 основних позиција, а преглед идентификованих елемената термичког омотача дат је у

Табела 5-27. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 3

Опис елемента / система	Ознака позиције	Оштећења	Учешће у енер. билансу [%]	Степен санације					Коментар
				0	y1	y2	y3	ус	
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом									
1. Спољни зид - завршна обрада натур бетон	Pos1_Fz1	<input type="checkbox"/>	9,52	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	размотрити различита архитектонска решења
1. Спољни зид - завршна обрада мозаик плочице	Pos2_Fz1a	<input type="checkbox"/>	9,07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	размотрити различита архитектонска решења
1. Спољни зид - завршна обрада фасадни малтер (на лођама)	Pos3_Fz1b	<input type="checkbox"/>	6,01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	парапетне испуне на лођама
1. Спољни зид - завршна обрада шупљи блокови	Pos4_Fz2	<input type="checkbox"/>	7,68	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	размотрити различита архитектонска решења
1. Спољни зид - завршна обрада кулије	Pos5_Fz3	<input type="checkbox"/>	3,95	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	размотрити различита архитектонска решења
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	цео грејани простор је третиран као јединствен (заједничке просторије су у власништву станара)
4. Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	<input checked="" type="checkbox"/>	1,82	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos7_Rk2	<input checked="" type="checkbox"/>	1,97	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Раван кров изнад негрејаног простора	Pos8_Rk3	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos9_Mk3	<input type="checkbox"/>	0,28	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos10_Pz1	<input type="checkbox"/>	43,03	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Спољна врата	Pos11_Vu1	<input type="checkbox"/>	2,09	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Унутрашње преградне конструкције									
15. Зид према негрејаним просторима	Pos12_Uz1	<input type="checkbox"/>	11,02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (улаз)	Pos13_Mk1	<input type="checkbox"/>	0,94	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (станарске оставе и техн. просторије)	Pos14_Mk2	<input type="checkbox"/>	2,41	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)									
19. Под на тлу	Pos15_Pnt1	<input type="checkbox"/>	0,29	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Степен санације (детално објашњење дато у делу 4.3.2): 0 задржава се у постојећем стању (без измена)

y1 "минимално унапређење"

y2 "средње унапређење"

y3 "максимално унапређење"

ус санација према предлогу специфичном за пројекат

табели 5-27. Највећи прорачунати трансмисиони губици односе се на фасадну столарију (43,03%) и фасадне зидове (укупно 36,23%), и за њих ће бити размотрени различити степени унапређења. Зид према негрејаним просторима, прорачунато методологијом из Правилника о енергетској ефикасности зграда, узрокује 11,02% трансмисионих губитака, али, имајући у виду геометрију основе - централно постављен степенишни простор, у потпуности окружен становима - поставља се питање колико је ово учешће реално³⁵, те ће за ову позицију, као и за остале позиције чије је учешће у трансмисионим губицима веома мало (0,28 - 2,09 %) бити размотрено само унапређење које испуњава минималне услове прописане Правилником.

5.3.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача

За фасадну столарију и фасадне зидове размотрене су различите опције санације, како би се дошло до почетних вредности потенцијалних

Табела 5-28. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 3

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{pn} [%]	Период отплате D _{pn} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos10_Pz1 (фасадна столарија)	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.5W/m ² K	1341,30	160	92,18	33,00	9,01	0,94	1,00	1,94	2
	y2 - ПВЦ шестокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.3W/m ² K	1341,30	175	90,62	34,14	9,53	0,96	0,95	1,90	3
	y3 - ПВЦ шестокорни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1W/m ² K	1341,30	190	86,63	37,04	9,54	1,00	0,95	1,95	1

³⁵ О овоме је дискутовано у делу 3.6 а нумерички показатељи утицаја морфолошких карактеристика стамбених зграда на трансмисионе губитке зидова према степеништу могу се сагледати у оквиру рада "Correlation Between the Morphology of Unheated Staircase and Energy Performance of Residential Buildings" (Rajčić, Radivojević, Elezović 2015).

енергетских уштеда. За фасадну столарију су размотрена три различита степена санације (табела 5-28), где је као најповољније рангирано решење показало унапређење "у3" - ПВЦ прозори са шестокоморним профилима и трослојним стаклом са испуном од инертног гаса и нискоемисионим премазом ($U_w=1W/m^2K$), уз веома малу разлику у односу на унапређење "у1".

На основу анализе опција санације фасадних зидова датој у табели 5-29, опција "у1" усвојена је као почетно решење за сва фасадна платна, укључујући и парапете на лођама. За позиције са завршном облогом од мозаик плочица, шупљих блокова или "кулијеа" усвојени су системи контактне фасаде којима се могу симулирати различите фасадне обраде како би се донекле сачували визуелни елементи оригиналног архитектонског решења.

Табела 5-29. Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 3

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos1+2+4+5 (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos1_Fz1a, Pos2_Fz2 и Pos1_Fz3)	у1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	2196,25	32	111,80	18,74	5,20	0,97	1,00	1,97	1
	у2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	2196,25	35	110,71	19,54	5,45	0,98	0,95	1,93	2
	у2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	2196,25	37	109,91	20,12	5,60	0,98	0,93	1,91	3
	у2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	2196,25	40	109,05	20,74	5,87	0,99	0,89	1,88	4
	у3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	2196,25	45	108,13	21,41	6,40	1,00	0,81	1,81	5
Pos3_Fz1b (парапети на лођама)	у1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	351,19	25	132,29	3,85	3,16	0,82	1,65	2,46	1
	у2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	351,19	27	132,09	4,00	3,29	0,82	1,58	2,40	2
	у2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	351,19	29	131,94	4,11	3,44	0,82	1,51	2,33	3

У табели 5-30 дат је синтезни преглед потенцијалних редукција годишње потребне енергије за грејање које се могу постићи санацијом свих елемената термичког омотача. Највећи приоритет додељен је фасадној столарији (због највећих потенцијалних уштеда) и равним крововима (због уочених оштећења и проблема са прокишњавањем). Због потенцијалних уштеда од 18,74% фасадни зидови имају други степен приоритета, као и парапети на

Табела 5-30. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 3

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{от} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos2_Fz1a, Pos4_Fz2 и Pos5_Fz3)	Pos(1+2+4+5)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	<input type="checkbox"/>	30,22	2196,25	32	18,74	5,20	II
Парапети на ложама	Pos3_Fz1b	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	<input type="checkbox"/>	6,01	351,19	25	3,85	3,16	II
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	<input checked="" type="checkbox"/>	1,82	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	<input checked="" type="checkbox"/>	1,97	280,45	60	1,24	18,77	I
Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos9_Mk3	XPS 8cm, фасадни малтер	<input type="checkbox"/>	0,28	153,62	27	0,15	37,67	III
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1W/m ² K	<input type="checkbox"/>	43,03	1341,30	190	37,04	9,54	I
Спољна врата	Pos11_Vu1	метална, изолована	<input type="checkbox"/>	2,09	152,16	220	0,82	56,50	III
Зид према негрејаним просторима	Pos12_Uz1	XPS 5cm + завршна обрада	<input type="checkbox"/>	11,02	1035,17	15	6,24	3,45	II
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (улаз)	Pos13_Mk1	полистирен 10cm + завршна обрада	<input type="checkbox"/>	0,94	76,08	15	0,57	2,79	III
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (станарске оставе и техн. просторије)	Pos14_Mk2	полистирен 6cm + завршна обрада	<input type="checkbox"/>	2,41	226,96	15	1,47	3,21	III
19. Под на тлу	Pos15_Pnt1	додатна изолација XPS 6cm + под	<input type="checkbox"/>	0,29	73,36	43	0,86	5,10	III

лођама (издвојени у посебну позицију пошто се могу санирати индивидуално по становима) и зидови према негрејаним просторима. Остале позиције могу донети уштеде од 0,15% до 1,47% те су сврстане у најнижи степен приоритета.

5.3.4 Дефинисање пакета мера

Како би се дефинисао почетни предложени пакет мера, утврђено је колико је потребно редуковати енергију потребну за грејање како би се постигао одређени енергетски разред (табела 5-31). Сагледавањем података приказаних у табелама 5-30 и 5-31, може се констатовати следеће:

- Санацијом позиција I степена приоритета (фасадна столарија и равни кровови) могу се остварити уштеде довољне за постизање D енергетског разреда ($\Sigma S_{pn} = 39,44\% > 23,69\%$);
- Санацијом фасадних зидова, уз санацију позиција I степена приоритета, енергија потребна за грејање се умањује за 58,18%, што значи да је додавањем само једне позиције могуће постизање C енергетског разреда.

Табела 5-31. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 2 и потребних уштеда у циљу постизања D, C или B енергетског разреда

Q _{H,nd} постојеће [kWh/m ² a]	137,59
пост. енергетски разред	E
Q _{H,nd} за D ен. разред [kWh/m ² a].	105
потребна редукација за D [%]	23,69
Q _{H,nd} за C ен. разред [kWh/m ² a].	70,00
потребна редукација за C [%]	49,12
Q _{H,nd} за B ен. разред [kWh/m ² a].	35,00
потребна редукација за B [%]	74,56
сумарна редукација применом свих мера ΣS_{pn} [%]	72,15

На основу ових анализа, дефинисан је почетни Пакет 1 који укључује санацију равног крова и замену фасадне столарије (табела 5-32). То је уједно и једини пакет који се може формулисати применом основног методолошког

поступка (фасадна столарија је већ са највишим степеном унапређења, док је учешће равног крова веома мало).

Табела 5-32. Пакет 1 за Објекат 3

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h,an}$ - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{ep} [%]	Период отплате D_{ep} [год.]	
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	135,99	E	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	135,88	E	280,45	60	1,24	18,77	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	у3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз $U_w=1W/m^2K$	86,63	D	1341,30	190	37,04	9,54	I
УКУПНО ПАКЕТ 1			83,33	D			39,44	10,05	

Код посматраног објекта, као и код већине њему сличних, фасадна облога је још увек у релативно добром стању. Код појединих објеката, међутим, фасада је оштећена и тада се могу истражити опције које укључују санацију фасадних зидова. У том случају, формирају се пакети који обухватају и санацију фасаде (Прилог 3), а вишекритеријумска анализа показује да је најпогодније решење са системом контактне фасаде са 15cm термоизолације (камена вуна).

5.3.5 Модалитети имплементације предложеног пакета мера

Преглед основних аспеката имплементације предложеног пакета мера дат је у табели 5-33. Специфичност овог пакета огледа се у томе да се чак две позиције односе на интервенције у склопу стамбених јединица: замена фасадне столарије, која је у овом случају кључна позиција енергетске санације и санација проходног равног крова, који заправо представља четири независне кровне терасе станова (иницијално пројектованих као атељеи) на повученој етажи.

Табела 5-33. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације Објекта 3

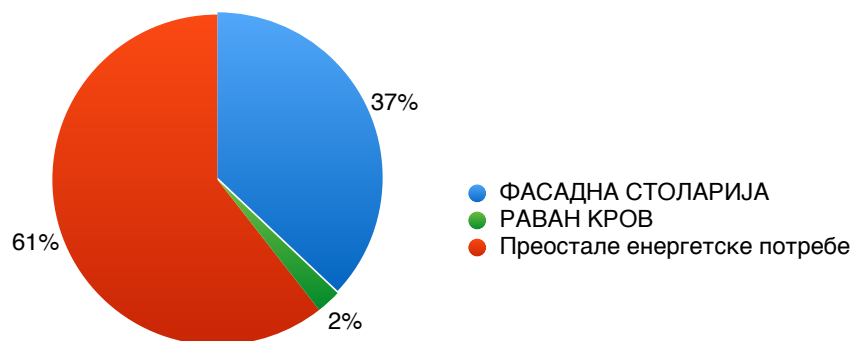
Ознака позиције	Сезонска условљеност		Могућа фазност	Индивид. реализација по становима	Повезане позиције	Коментар
	Радови споља	Радови унутра				
Pos6_Rk1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		4 независне кровне терасе
Pos(7+8)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		јединствена кровна површина
Pos10_Pz1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Преглед процењених енергетских и финансијских ефеката примене усвојеног Пакета 1 дат је у табели 5-34 уз графички приказ потенцијалних енергетских уштеда на слици 5-14. Из табеле 5-34 видимо да је за предложену санацију потребна инвестиција од 47 евра по 1m² грејане површине, односно око 3400 евра по стану, са периодом отплате од преко 10 година. Овакав вид интервенције, да би био реално доступан, морао би да буде реализован уз некакве стимулативне финансијске аранжамане (повољни кредити, ЕСКО компаније, субвенције за радове на заједничким просторима итд.)

Табела 5-34. Објекат 3 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

позиција	опис мере	$Q_{H,ap}$ [kWh/m ² a]	ен. разред	једин. цена [€/m ²]	укупно [€]	"уштеђена" енергија [kWh/a]	уштеда [€/a]	период отплате [a]	енергетске уштеде %
ФАСАДНА СТОЛАРИЈА	ПВЦ прозори U= 1,0 W/m ² K	86,63	D	190	254 847	310669	26718	9,54	37,04
РАВАН КРОВ (проходан)	16cm термоизолац.*	135,99	E	72	14 324	9754	839	17,08	1,16
РАВАН КРОВ+ (непроходан)	16cm термоизолац.*	135,88	E	60	16 827	10425	897	18,77	1,24
ПАКЕТ 1	УКУПНО	83,33	D		285 998	330848	28453	10,05	39,44

УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА [€]	инвестиција по 1m ² грејане површине [€]	инвестиција по стамб. јед. [€]
285 998	47	3405



Слика 5-14. Објекат 3 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Paket 1

5.4 Објекат 4 - ламела (армиранобетонска префабрикација)

Објекат 4 (слика 5-15) представља један од карактеристичних случајева - зграда је пројектована још почетком 1970-их у систему бетонске префабрикације, док је сама изградња почела крајем исте деценије и завршена почетком 1980-их. Објекат се састоји од две ламеле које формирају двотракт са два чворишта са вертикалним комуникацијама, и такав склоп се понавља, уз мање варијације, четрдесет пута у оквиру новобеоградског блока 70а. Објекат је спратности П+7+Пс, са укупно 64 стана. Примењени тип префабрикације је, у техничком смислу, развијенији од оног примењеног на фасади Објекта 3 - појединачни отвори су формирану у склопу самог панела, а комплетна гама фасадних елемената је формирана једнообразно.



Слика 5-15. Објекат 4

5.4.1 Постојеће стање

Систем префабрикације који је примењен на Објекту 4, у саставу фасадних панела има термоизолацију дебљине 5cm (у неким панелима и слој мирујућег ваздуха дебљине 3cm), а и друге позиције (бетонски и сендвич зидови приземља, раван кров, парапетне испуне итд.) су такође изоловане, махом различитим врстама термоизолационих материјала у дебљинама од 2

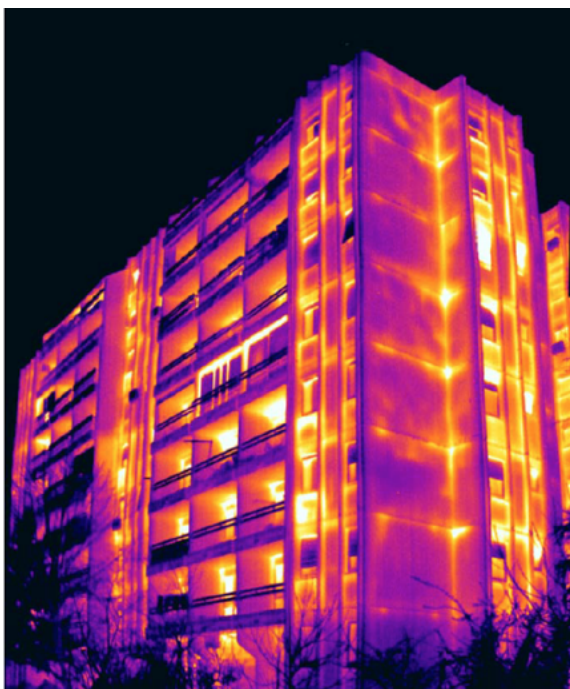
до 8cm. Услед релативно неповољног фактора облика, великог учешћа фасадних отвора у структури омотача и слабе термичке изолованости, овај објекат исказује енергетске потребе на граници између Е и F енергетског разреда (140,28kWh/m²a).

Основни преглед зграде

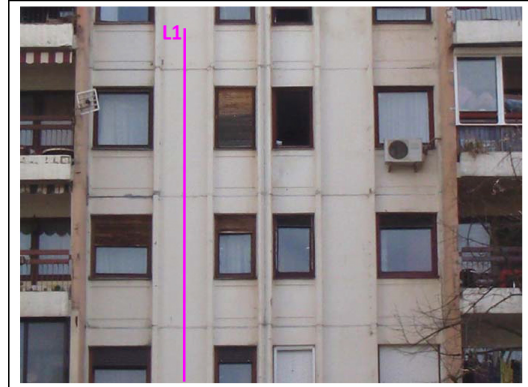
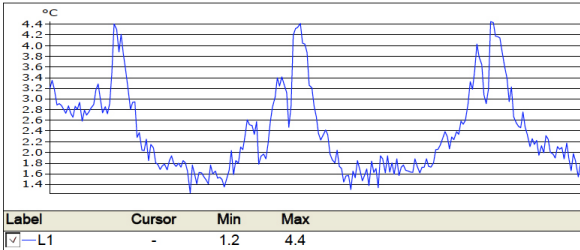
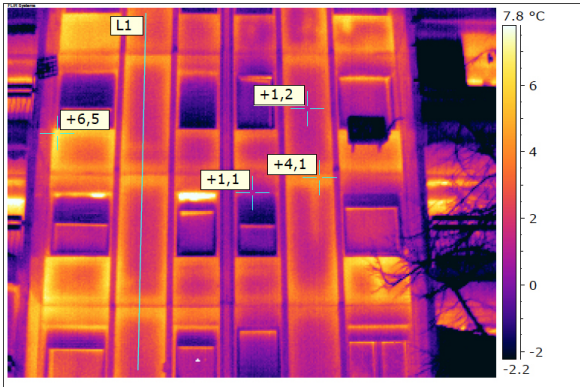
Основним прегледом зграде утврђено је да постоје извесна оштећења у спојницама између фасадних панела, те да постоји велика вероватноћа да је услед тога и термоизолација у појединим зонама оштећена (влажна). Спуштени плафони у пасажима су у релативно добром стању, док је на већем делу равног крова потребна санација. Око 20% лођа је застакљено, али оне, у принципу, нису припајане грејаном стамбеном простору.

Термовизијски преглед зграде

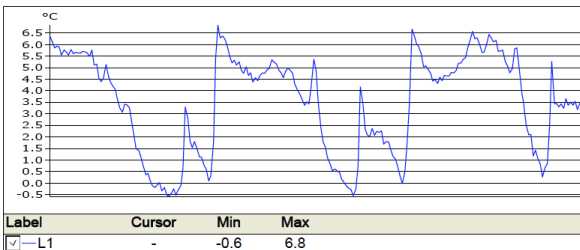
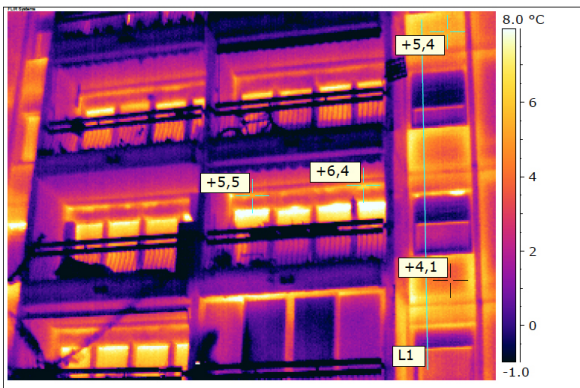
Термовизијским прегледом зграде потврђене су претпоставке о термичким перформансама фасадног омотача утврђене основним прегледом зграде и увидом у доступну пројектну документацију. На слици 5-16 уочавају се веома неједначена температурна читавања на пуним панелима бочног зида, чиме је потврђено да је на појединим деловима фасадних панела термоизолација оштећена или пропала и тиме изгубила своју функцију.



Слика 5-16. Термовизијски снимак
Објекта 4

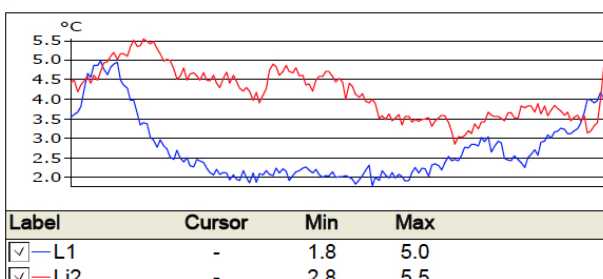
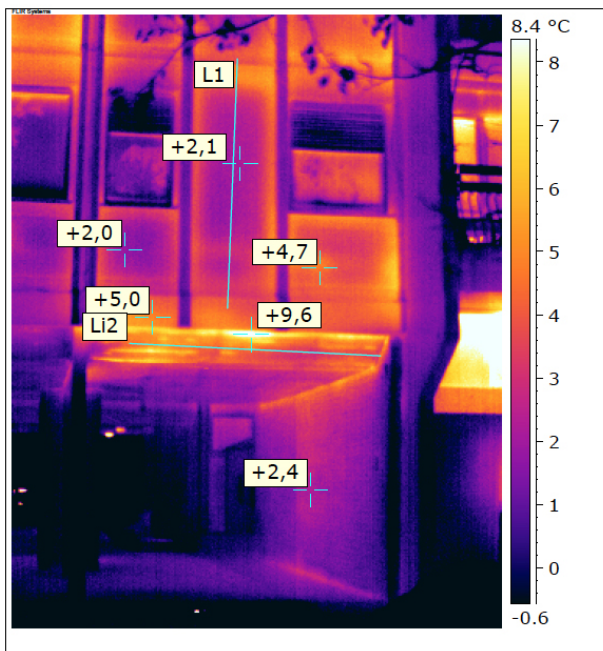


Слика 5-17. Термовизијски снимак сегмента фасаде Објекта 4 са појединачним прозорским отворима у склопу фасадних панела



Слика 5-18. Термовизијски снимак сегмента фасаде Објекта 4 са лођама

На слици 5-17 јасно се уочава повећано топлотно одавање по ободу свих панела, што указује на хладне мостове условљене склопом и монтажним детаљима примењеног префабрикованог система, што је приметно и на снимцима датим у оквиру слика 5-18 и 5-19. На прозорима код којих је кутија за ролетну пропала видимо изузетно велике топлотне губитке. На слици 5-18 се код лођа јасно виде линијски губици у зони споја плоче и фасадног зида, док се на слици 5-19 види да и таваница изнад пасажа такође није адекватно изолована, те се чак може пратити и путања инсталације централног грејања, са додатним топлотним губицима.



Слика 5-19. Термовизијски снимак сегмента Објекта 4 на делу пасажа

5.4.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења

Током израде елабората енергетске ефикасности идентификоване су чак 22 основне позиције (табела 5-33), али највећи удео у билансу трансмисионих губитака (преко 60%) има фасадна столарија, коју можемо сматрати кључном позицијом за енергетску санацију Објекта 4. За фасадну столарију и спољне зидове код којих су евидентирана оштећења, преиспитаће се различите опције унапређења. За све остале позиције биће разматрана само основна мера санације којом се испуњава минимум прописан Правилником о енергетској ефикасности зграда, будући да је њихово учешће у трансмисионим губицима далеко мање (0,08-2-7%). Фасадни склопови у оквиру позиција Pos3-6 нису архитектонски ни технолошки повезани са позицијама 1 и 2, те се њихове санације могу разматрати независно.

5.4.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача

Пре синтезне анализе појединачног учинка мера унапређења свих елемената термичког омотача, анализиране су парцијално различите опције унапређења фасадне столарије и префабрикованих спољашњих зидова.

У табели 5-36 дат је преглед ефеката различитих опција за замену фасадне столарије. Анализа је показала да унапређење "у3" - шестокоморни ПВЦ профили, застакљени трослојним стакло са испуном од инертног гаса и нискоемисионим премазом - даје најповољнију комбинацију енергетских уштеда и периода отплате, док унапређење "у1" има најкраћи период отплате.

Табела 5-35. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Степен санације					Коментар
				0	y1	y2	y3	ус	
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом									
1. Спољни зид - бетонски сендвич панел (ношени)	Pos1_Fz1	<input checked="" type="checkbox"/>	11,94	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
1. Спољни зид - бетонски сендвич панел (носећи)	Pos2_Fz2	<input checked="" type="checkbox"/>	5,95	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
1. Спољни зид Fz3 - АБ зид	Pos3_Fz3	<input type="checkbox"/>	1,4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1. Спољни зид Fz4 - сендвич зид са шупљом опеком	Pos4_Fz4	<input type="checkbox"/>	0,37	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1. Спољни зид Fz5 - сендвич зид са пуном опеком	Pos5_Fz5	<input type="checkbox"/>	1,20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1. Спољни зид Fz6 - лаке парпетне испуне	Pos6_Fz6	<input type="checkbox"/>	2,63	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Зид на дилатацији (између зграда)	Pos7_Dz1	<input type="checkbox"/>	4,99	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	цео грејани простор је третиран као јединствен (заједничке просторије су у власништву станара)
4. Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Rk1	<input checked="" type="checkbox"/>	4,35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos9_Rk2	<input checked="" type="checkbox"/>	0,69	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos10_Mk2a	<input type="checkbox"/>	0,26	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0,642 W/m ² K
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos11_Mk2b	<input type="checkbox"/>	0,08	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0,651 W/m ² K
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos12_Mk2c	<input type="checkbox"/>	0,07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0,658 W/m ² K
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos13_Pz1	<input type="checkbox"/>	60,44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Спољна врата	Pos14_Vu1	<input type="checkbox"/>	2,70	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Унутрашње преградне конструкције									
15. Зид према негрејаним просторима	Pos15_Uz1	<input type="checkbox"/>	0,76	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0,582 W/m ² K
15. Зид према негрејаним просторима	Pos16_Uz2	<input type="checkbox"/>	0,17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=1,188 W/m ² K
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos17_Mk1a	<input type="checkbox"/>	1,40	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

- наставак табеле на следећој страни -

Табела 5-35 (наставак са претходне стране). Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Степен санације					Коментар
				0	y1	y2	y3	ус	
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos18_Mk1b	<input type="checkbox"/>	0,06	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos19_Mk1c	<input type="checkbox"/>	0,08	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)		<input type="checkbox"/>							
19. Под на тлу Pt1	Pos20_Pt1	<input type="checkbox"/>	0,35	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0.714W/m²K
19. Под на тлу Pt2	Pos21_Pt2	<input type="checkbox"/>	0,07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=1.411 W/m²K
19. Под на тлу Pt3	Pos22_Pt3	<input type="checkbox"/>	0,06	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=1.634 W/m²K

Степен санације (детаљно објашњење дато у делу 4.3.2): 0 задржава се у постојећем стању (без измена)

y1 "минимално унапређење"

y2 "средње унапређење"

y3 "максимално унапређење"

ус санација према предлогу специфичном за пројекат

Табела 5-36 Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 4

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m²a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{pp} [%]	Период отплате D _{pp} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos10_Pz1 (фасадна столарија)	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.5W/m²K	1475,24	160	76,68	45,34	9,09	0,89	1,00	1,89	2
	y2 - ПВЦ шестокоморни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.3W/m²K	1475,24	175	74,12	47,16	9,56	0,92	0,95	1,87	3
	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1W/m²K	1475,24	190	68,48	51,18	9,56	1,00	0,95	1,95	1

Анализирани су, такође, и различити сценарији интервенција на префабрикованим фасадним панелима и изолованом армиранобетонском зиду применом система контактне фасаде - са термоизолацијом од камене вуне и фасадном обрадом која би донекле симулирала плитка удубљења и спојнице фасадних панела. Анализе су извршене одвојено за носеће и ношене панеле (табела 5-37) али се у ова случаја показала најповољнијом иста опција - "y1" (10cm камене вуне).

Табела 5-37 Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова
(префабриковани сендвич панели) Објекта 4

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos1_Fz1	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 4cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	24	134,77	3,93	17,69	0,97	0,82	1,79	6
	y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 6cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	26	133,47	4,85	15,51	0,97	0,94	1,91	4
	y2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	28	132,57	5,50	14,75	0,98	0,99	1,97	2
	y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	30	131,9	5,97	14,54	0,99	1,00	1,99	1
	y2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	33	131,37	6,35	15,04	0,99	0,97	1,96	3
	y2.5 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	37	130,78	6,77	15,82	0,99	0,92	1,91	4
	y3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1658,37	42	130,10	7,26	16,76	1,00	0,87	1,87	5
Pos2_Fz2	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 4cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	24	137,41	2,05	15,65	0,98	0,84	1,82	7
	y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 6cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	26	136,77	2,50	13,86	0,99	0,94	1,93	4
	y2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	28	136,32	2,82	13,23	0,99	0,99	1,98	2
	y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	30	135,99	3,06	13,09	0,99	1,00	1,99	1
	y2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	33	135,74	3,24	13,60	1,00	0,96	1,96	3
	y2.5 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	37	135,45	3,44	14,34	1,00	0,91	1,91	5
	y3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	764,11	42	135,13	3,67	15,26	1,00	0,86	1,86	6

У табели 5-38 дат је приказ ефеката свих појединачних мера које се могу реализовати на Објекту 4. Ту можемо уочити да се једино заменом прозора

Табела 5-38. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{епл} [%]	Период отплате D _{епл} [год.]	
Спољни зид - бетонски сендвич панел (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos1+2	у2.3 контактна фасада са термоизолац. 10cm (камена вуна) и посебном обрадом	<input checked="" type="checkbox"/>	17,89	2422,48	30	9,03	14,05	I
Спољни зид Fz3 - АБ зид	Pos3_Fz3	контактна фасада са термоизолац. 5cm (камена вуна)	<input type="checkbox"/>	1,4	149,04	22	0,53	10,71	III
Спољни зид Fz4 - сендвич зид са шупљом опеком	Pos4_Fz4	контактна фасада са термоизолац. 5cm (камена вуна) и посебном обрадом	<input type="checkbox"/>	0,37	33,69	27	0,17	9,28	III
Спољни зид Fz5 - сендвич зид са пуном опеком	Pos5_Fz5	контактна фасада са термоизолац. 5cm (камена вуна) и посебном обрадом	<input type="checkbox"/>	1,20	210,98	27	0,19	53,66	III
Спољни зид Fz6 - лаке парапетне испуне	Pos6_Fz6	камена вуна 6cm + парна брана и завршна обрада	<input type="checkbox"/>	2,63	208,64	30	1,28	8,52	III
Зид на дилатацији (између зграда)	Pos7_Dz1	камена вуна 6cm + гипскартонске плоче (са унутрашње стране)	<input type="checkbox"/>	4,99	151,42	23	3,34	1,82	III
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Rk1	14cm додатне термоизолације (XPS), шљунак	<input checked="" type="checkbox"/>	4,35	600,00	58	2,34	25,98	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos9_Rk2	14cm додатне термоизолације (XPS), поплочање	<input checked="" type="checkbox"/>	0,69	89,19	70	0,38	28,85	I
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos13_Pz1	у3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. прем. Uw=1W/m ² K	<input type="checkbox"/>	60,44	1475,24	190	51,18	9,56	I
Спољна врата	Pos14_Vu1		<input type="checkbox"/>	2,70	153,82	220	1,05	56,38	III
Зид према негрејаним просторима	Pos16_Uz2		<input type="checkbox"/>	0,17	23,97	21	0,07	12,33	III
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos17_Mk1a		<input type="checkbox"/>	1,40	259,68	25	0,63	18,07	III
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos18_Mk1b		<input type="checkbox"/>	0,06	11,05	25	0,02	22,55	III
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos19_Mk1c		<input type="checkbox"/>	0,08	14,22	25	0,04	17,41	III

постигну значајне уштеде (51,18%), те је овој позицији додељен I степен приоритета. Санација префабрикованих фасадних панела доноси редуције мање од 10%, а равнoг крова мање од 3% али ове позиције због евидентираних оштећења такође имају највиши степен приоритета. Како су практично све позиције термичког омотача већ изоловане у одређеној мери, њиховом санацијом се постижу скромне редуције енергетских потреба зграде. Анализа је показала да додатно изоловање сендвич зидова са шупљом и пуном опеком, као и изолованог бетонског зида, резултују занемарљивим уштедама (мање од 1%). Санација лаких парапетних испуна, иако повлачи такође малу уштеду (1,28%), могла би да се апострофира као једна од препоручених мера (за индивидуалне интервенције у оквиру адаптације станова) будући да се заправо ради о парапетима на лођама којима може једноставно да се приђе и који могу бити санирани приликом замене фасадне столарије. Изоловање дилатационог зида показало је веома кратак период отплате па се такође може разматрати приликом појединачних интервенција у становима. Ефекти изоловања таваница изнад отворених и негрејаних простора практично су занемарљиви на нивоу зграде, уз дугачак период отплате, што значи да њих има смисла санирати само када су на самом крају животног/сервисног циклуса.

5.4.4 Дефинисање пакета мера

На основу података добијених из елабората енергетске ефикасности за Објекат 4 изведене су редуције енергије потребне за грејање којима се може постићи одређени енергетски разред - *E, D, C* или *B* (табела 5-39). Анализом резултата датих у табелама 5-38 и 5-39 уочавамо следеће:

- За унапређење од једног енергетског разреда потребна је минимална редуција (0,20%) те би свака од санација мера I степена приоритета резултовала овим унапређењем, тј. испунили би се минимални услови прописани Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда;
- За *D* енергетски разред, који је постављен као циљ унапређења, неопходно је остварити редуцију од нешто више од 25% у односу на

постојеће стање, што практично није могуће реализовати без замене фасадне столарије;

- Заменом фасадне столарије остварују се уштеде довољне за постизање *C* енергетског разреда;
- Санацијом свих реално доступних позиција термичког омотача није могуће постићи *B* енергетски разред ($\Sigma S_{pn} = 70,25\% < 75,05\%$)

Табела 5-39. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 4 и потребних уштеда у циљу постизања *E*, *D*, *C* или *B* енергетског разреда

пост. енергетски разред	F
$Q_{H,nd}$ за <i>E</i> ен. разред [kWh/m ² a].	140,00
потребна редукција за <i>E</i> [%]	0,20
$Q_{H,nd}$ за <i>D</i> ен. разред [kWh/m ² a].	105
потребна редукција за <i>D</i> [%]	25,15
$Q_{H,nd}$ за <i>C</i> ен. разред [kWh/m ² a].	70,00
потребна редукција за <i>C</i> [%]	50,10
$Q_{H,nd}$ за <i>B</i> ен. разред [kWh/m ² a].	35,00
потребна редукција за <i>B</i> [%]	75,05
сумарна редукција применом свих мера ΣS_{pn} [%]	70,25

На основу свега горе наведеног, формиран је почетни пакет мера - Пакет 1 (табела 5-40) који је обухватио фасадну столарију и позиције са евидентираним оштећењима (фасадне панеле и раван кров). За почетни пакет усвојена је опција санације у2.3 (према прелиминарној анализи, табела 5-37), а потом су формулисани и алтернативни Пакети 1.1 и 1.2 који укључују различите дебљине термоизолације у систему контактне фасаде (опција унапређења у2.4 за Пакет 1.1 и опција у2.5 за Пакет 1.2, табеле 5-41 и 5-42).

Табела 5-40. Пакет 1 за Објекат 4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{пр} [%]	Период отплате D _{пр} [год.]	
Спољни зид - бетонски сендвич панел (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos1+2	у2.3 контактна фасада са термоизолоац. 10cm (камена вуна) и посебном обрадом	127,61	Е	2422,48	30	9,03	14,05	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Rk1	14cm додатне термоизолације (XPS), шљунак	137,00	Е	600,00	58	2,34	25,98	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos9_Rk2	14cm додатне термоизолације (XPS), поплочање	139,75	Е	89,19	70	0,38	28,85	I
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos13_Pz1	у3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. прем. Uw=1W/m2K	68,48	С	1475,24	190	51,18	9,56	I
УКУПНО ПАКЕТ 1			51,99	С			62,94	10,93	

Табела 5-41. Пакет 1-1 за Објекат 4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{пр} [%]	Период отплате D _{пр} [год.]	
Спољни зид - бетонски сендвич панел (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos1+2	у2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	126,82	Е	2422,48	33	9,60	14,55	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Rk1	14cm додатне термоизолације (XPS), шљунак	137,00	Е	600,00	58	2,34	25,98	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos9_Rk2	14cm додатне термоизолације (XPS), поплочање	139,75	Е	89,19	70	0,38	28,85	I
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos13_Pz1	у3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. прем. Uw=1W/m2K	68,48	С	1475,24	190	51,18	9,56	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.1			51,20	С			63,50	11,03	

Табела 5-42. Пакет 1-2 за Објекат 4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h,an}$ - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{pnl} [%]	Период отплате D_{pnl} [год.]	
Спољни зид - бетонски сендвич панел (обједињене позиције Pos1_Fz1 и Pos2_Fz2)	Pos1+2	у2.5 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	125,94	Е	2422,48	37	10,22	15,31	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Rk1	14cm додатне термоизолације (XPS), шљунак	137,00	Е	600,00	58	2,34	25,98	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos9_Rk2	14cm додатне термоизолације (XPS), поплочање	139,75	Е	89,19	70	0,38	28,85	I
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos13_Pz1	у3 - ПВЦ шестокорни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. прем. $U_w=1W/m^2K$	68,48	С	1475,24	190	51,18	9,56	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.2			50,32	С			64,13	11,19	

5.4.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога

Вишекритеријумска анализа предложених пакета показала је да је најповољније решење дато у оквиру Пакета 1.2 (табела 5-43). Током рада на анализама Објекта 4 формиран је и низ пробних пакета са различитим

Табела 5-43. Пакети мера за Објекат 4

Пакет	Опис	$Q_{h,nd,Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализац.	Ен. разред	Валоризација						Ранг
							K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Σ_k	
Пакет 1	санација фасадних зидова (опција у2.3) и равног крова, замена прозора (опција у3)	51,99	10,93	4	1	С	0,97	1,00	1,00	1,00	1,20	5,17	3
Пакет 1.1	санација фасадних зидова (опција у2.4 и равног крова, замена прозора (опција у3)	51,20	11,03	4	1	С	0,98	0,99	1,00	1,00	1,20	5,17	2
Пакет 1.2	санација фасадних зидова (опција у2.5) и равног крова, замена прозора (опција у3)	50,32	11,19	4	1	С	1,00	0,98	1,00	1,00	1,20	5,18	1

опцијама санације фадасне столарије, али и у тим случајевима Пакет 1.2 је био најбоље рангиран.

5.4.6 Модалитети имплементације предложеног пакета мера

Основни аспекти имплементације предложеног Пакета 1 дати су у табели 5-44. У случају Објекта 4, интересантно је да се и равни кровови могу санирати фазно, будући да чине независне целине - проходни кровови су кровне терасе станова на повученој етажи, а непроходан кров се састоји из неколико одвојених целина (кровне терасе станова на повученој етажи).

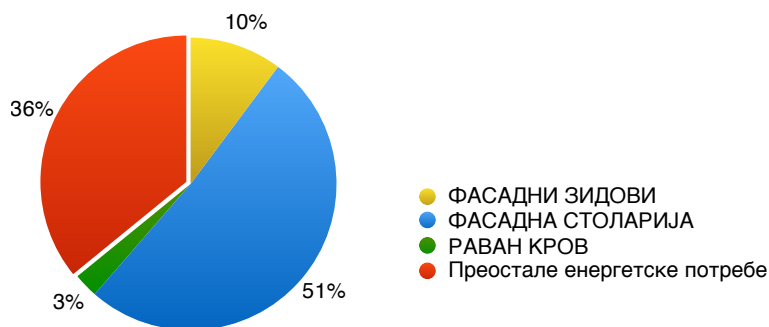
Табела 5-44. Основни аспекти имплементације предложеног пакета мера енергетске оптимизације Објекта 4

Ознака позиције	Сезонска условљеност		Могућа фазност	Индивид. реализација по становима	Повезане позиције
	Радови споља	Радови унутра			
Pos(1+2)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pos8_Rk1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pos9_Rk2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Pos13_Pz1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Табела 5-45. Објекат 4 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

позиције	опис мере	$Q_{H,an}$	ен. разред	једин. цена	укупно	"уштеђена" енергија	уштеда	период отплате	енергетске уштеде
		[kWh/m ² a]							
ФАСАДНИ ЗИДОВИ	контактна фасада, 15cm термоизолације	125,94	E	37	89 632	68086	5855	15,31	10,22
РАВАН КРОВ (проходан)	14cm термоизолац.*	139,75	E	70	6 243	2516	216	28,85	0,38
РАВАН КРОВ (непроходан)	14cm термоизолац.*	137,00	E	58	34 800	15573	1339	25,98	2,34
ФАСАДНА СТОЛАРИЈА	ПВЦ прозори U=1,0	68,48	E	190	280 296	340906	29318	9,56	51,18
ПАКЕТ 1.2	УКУПНО	50,32	C		410 971	427130	36729	11,19	64,13
				УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА		инвестиција по 1m² грејане површине	инвестиција по стамб. јед.		
				[€]		[€]	[€]		
					410 971		87	6044	

Синтезни преглед процењених енергетских и финансијских ефеката за Објекат 4 да је у табели 5-43, а графички приказ уштеда и преосталих захтева за енергијом на слици 5-20.



Слика 5-20. Објекат 4 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1

Замена фасадне столарије доноси највеће енергетске уштеде (51%) али и повлачи највећи део трошкова санације (68%). Како се ова интервенција у пракси реализује индивидуално, по становима, веома је битно благовремено и ефикасно информисање власника станова.

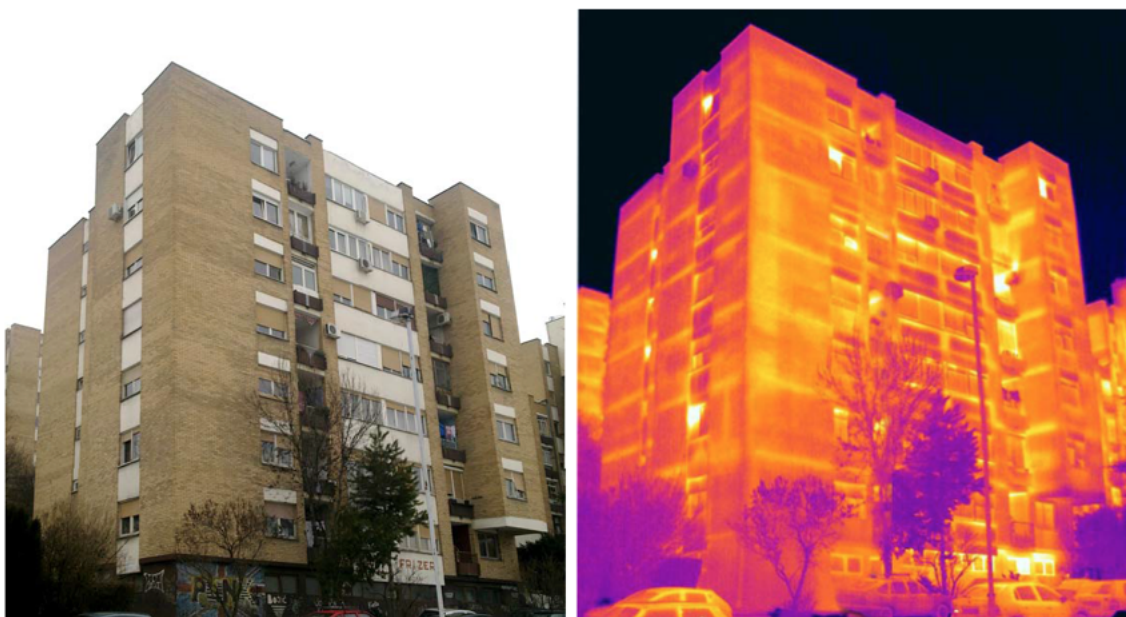
Како је Објекат 4 у анализи постојећег стања показао резултат на граници између Е и F енергетског разреда, могуће је да би веома сличан објекат могао већ у елаборату постојећег стања исказати карактеристике потребне за енергетски разред Е. У том случају требало би имати у виду да минималан услов енергетске санације (унапређење за један енергетски разред) неће моћи да буде испуњен само радовима на фасади, равном крову или другим позицијама, ако се изостави замена фасадне столарије.

5.5 Објекат 5 - ламела (хибридни систем са фасадном опеком)

Објекат 5 (слика 5-21) припада групацији од седам ламела саграђеној на самом почетку 1980-их година и по својим архитектонским одликама представља типичан пример преиспитивања модела стамбених зграда рађених у претходној декади. Осим прозорских трака, јављају се и појединачни отвори, фасадна опека је доминантна али и даље постоје бетонски фасадни елементи, а у готово свим елементима конструкције и материјализације заступљени су и префабриковани елементи као и склопови извођени на лицу места. Објекат је спратности Су+П+6, са укупно 27 станова.

5.5.1 Постојеће стање

Основну конструкцију зграде чине армиранобетонска платна и пуне бетонске плоче, док су степенишни краци префабриковани. Сви спољашњи зидови су "сендвич" конструкције са термоизолационим слојем у свом саставу. Раван кров и таванице према негрејаним просторијама такође су изоловани у складу са тадашњом регулативом. Индикативно је, међутим, да и поред тога Објекат 5 припада F енергетском разреду, са годишњом потребном енергијом за грејање од 142,16 kWh/m²a.



Слика 5-21. Објекат 5

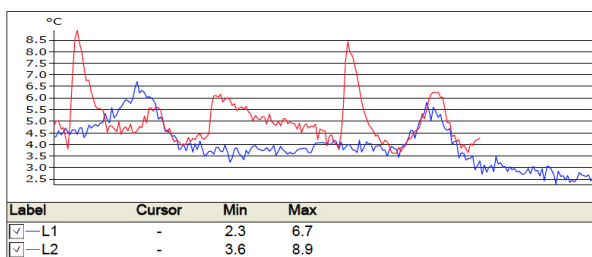
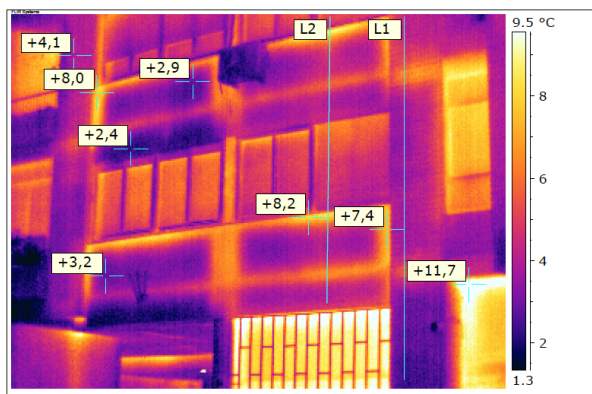
Основни преглед зграде

Опште стање зграде је релативно добро, имајући у виду да се и овде ради о објекту старом више од три деценије. Фасадна опека је нешто слабијег (неуједначеног) квалитета па је временом дошло до промене у пигментацији на поједином деловима, мада механичких оштећења практично и нема. На мањем броју станова замењена је фасадна столарија и поједине лође су застакљене.

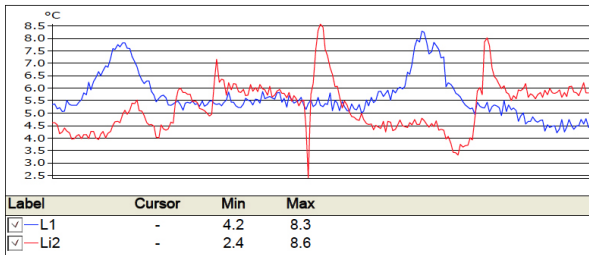
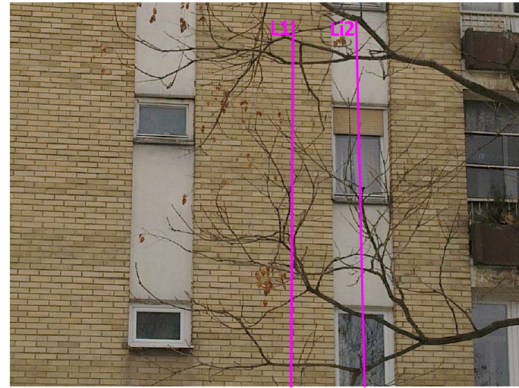
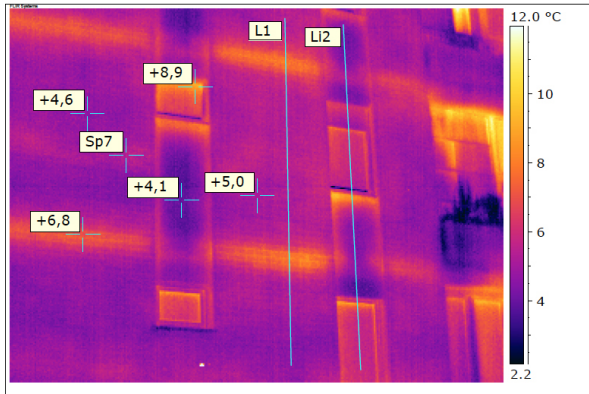
Термовизијски преглед зграде

Термовизијским прегледом су уочени различити недостаци. Слика 5-21 открива неуједначен квалитет термоизолације на пуним платнима, као и јасну разлику између бетонираног дела пуног платна и дела зиданог гитер-блоковима. Линијски губици у зони хоризонталних серклажа и око прозорских отвора такође су јасно изражени.

На слици 5-22 примећују се системски недостаци монтажних парапетних елемената: изражени су линијски губици по ободу и у зони прихвата парпетног панела.

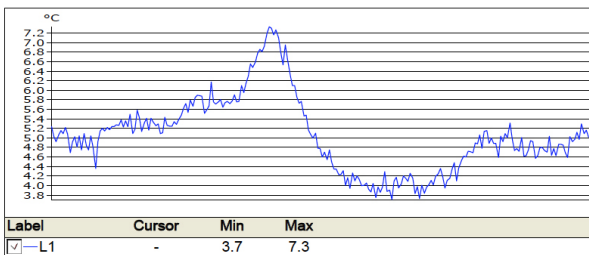
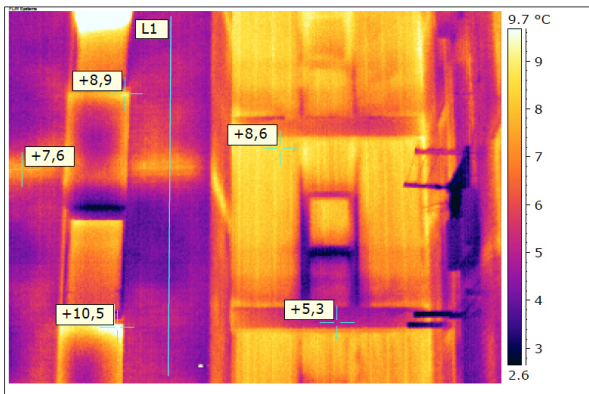


Слика 5-22. Објекат 5 - сегмент фасаде са монтажним парпетним елементима



Слика 5-23. Објекат 5 - сегмент фасаде са монтажним парпетним елементима и фасадном опеком (армиранобетонски зидови)

На слици 5-23 се види да је та појава мање изражена код ужих парпетних елемената, као и да се у зони прихвата фасадне опеке (у висини таваничних плоча, односно хоризонталних серклажа) јављају већи линијски губици као последица неадекватног решња детаља термоизолације на том делу.



Слика 5-24. Објекат 5 - сегмент фасаде - негрејани степенишни простор

Коначно, на слици 5-24, осим раније описаних недостатака (монтажни парапети, прихват фасадне опеке и сл. можемо приметити изузетно велике губитке на делу степенишног простора. Овде је цела вертикала застакљена металним профилима без термопрекида, са изузетно лошим термичким карактеристикама, а сам степенишни простор није адекватно изолован.

5.5.2 Идентификација елемената термичког омотача и селекција почетног сета мера унапређења

Током израде елабората енергетске ефикасности идентификовано је 14 основних позиција (табела 5-46), где највећи удео у билансу трансмисионих губитака имају фасадна столарија (39,49%) и фасадни зидови (36,37% укупно за позиције Pos1-Pos6). Зидови према негрејаним просторима (Pos12 и Pos13) заједно узрокују 11,27% трансмисионих губитака, а остале позиције од 0,33 до 3,66%. За фасадну столарију и спољне зидове, преиспитаће се различите опције унапређења. За све остале позиције биће разматрана само основна мера санације којом се испуњава минимум прописан Правилником о енергетској ефикасности зграда, а за еркере (Pos9_Mk3 неће бити разматрано ни основно унапређење, будући да се ради о позицији која у трансмисионим губицима учествује са само 0,33%.

5.5.3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача

Пре синтезне анализе појединачног учинка мера унапређења свих елемената термичког омотача, анализирани су парцијално различите опције унапређења фасадне столарије, спољашњих зидова са фасадном опеком и спољашњих зидова са фасадним малтером као завршном обрадом.

У табели 5-47 дат је преглед ефеката различитих опција за замену фасадне столарије. Анализа је показала да унапређење "у1" - петокорни ПВЦ профили, застакљени двослојним стаклом са испуном од инертног гаса и нискоемисионим премазом - даје најповољнију комбинацију енергетских уштеда уз најкраћи период отплате.

Табела 5-46. Преглед и прелиминарна селекција мера унапређења елемената термичког омотача Објекта 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Степен санације					Коментар
				0	y1	y2	y3	ус	
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом									
1. Спољни зид - гитер блок и фасадна опека	Pos1_Sz1	<input type="checkbox"/>	7,43	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	сви зидови са фасадном опеком чине јединствену архитектонску целину
1. Спољни зид - бетон и фасадна опека	Pos2_Sz2	<input type="checkbox"/>	22,69	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	сви зидови са фасадном опеком чине јединствену архитектонску целину
1. Спољни зид - бетон и цем. малтер	Pos3_Sz2a	<input type="checkbox"/>	1,59	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1. Спољни зид - бетон и фасадна опека	Pos4_Sz3	<input type="checkbox"/>	1,86	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	сви зидови са фасадном опеком чине јединствену архитектонску целину
1. Спољни зид - опека 12cm и цем. малтер	Pos5_Sz4	<input type="checkbox"/>	2,63	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1. Спољни зид - опека 25cm и фасадна опека	Pos6_Sz5	<input type="checkbox"/>	0,17	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	сви зидови са фасадном опеком чине јединствену архитектонску целину
2. Зид на дилатацији (између зграда)	Pos7_Sz0d	<input type="checkbox"/>	3,27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	цео грејани простор је третиран као јединствен (заједничке просторије су у власништву станара)
4. Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Mk4	<input type="checkbox"/>	3,66	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	Pos9_Mk3	<input type="checkbox"/>	0,33	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0,782 W/m²K
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos10_Pr1	<input type="checkbox"/>	39,49	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Спољна врата	Pos11_Vr1	<input type="checkbox"/>	2,44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Унутрашње преградне конструкције									
15. Зид према негрејаним просторима	Pos12_Uz2a	<input type="checkbox"/>	10,13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Зид према негрејаним просторима	Pos13_Uz2b	<input type="checkbox"/>	1,14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos14_Mk1a	<input type="checkbox"/>	3,19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	U=0,706 W/m²K

Степен санације (детално објашњење дато у делу 4.3.2): 0 задржава се у постојећем стању (без измена)

y1 "минимално унапређење"

y2 "средње унапређење"

y3 "максимално унапређење"

ус санација према предлогу специфичном за пројекат

Табела 5-47 Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадне столарије Објекта 5

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{епл} [%]	Период отплате D _{епл} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _k	
Pos10_Pr1 (фасадна столарија)	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.5W/m ² K	433,65	160	92,35	35,04	9,07	0,95	1,00	1,95	1
	y2 - ПВЦ шестокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1.3W/m ² K	433,65	175	91,70	35,50	9,80	0,95	0,93	1,88	3
	y3 - ПВЦ шестокорни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз U _w =1W/m ² K	433,65	190	87,29	38,60	9,78	1,00	0,93	1,93	2

За фасадне зидове разматране су различите опције санације, а позиције фасадних зидова су груписане у две архитектонско-технолошке целине:

1. Зидови са фасадном опеком - санација системима контактне фасаде којим се у завршној обради може симулирати фасадна опека;
2. Зидови са фасадним малтером - санација стандардним системима контактне фасаде.

За сваку групацију испитано је одговарајуће (почетно) решење, с тим што би у реализацији требало донекле поновити разлике у дистанцама између ове две врсте облоге (парапети увучени у односу на основу фасадну раван и сл.). Код зидова са фасадном опеком најповољнијим се показао систем са 12cm термоизолације, док је код зидова са фасадним малтером најповољнији резултат добијен за систем контактне фасаде са 10cm термоизолације (табела 5-48), па се овим решењима могу донекле задржати елементи оригиналног архитектонског израза.

Табела 5-49 пружа увид у потенцијалне ефекте свих појединачних мера енергетске санације релевантних за Објекат 5. Највеће уштеде могу се постићи заменом фасадне столарије (35,04%), и стога је овој позицији додељен I степен приоритета. Санација фасадних зидова могла би донети

редукције од 21,68% (укупно, за целу фасаду), а зидова према негрејаном простору 6,68% те је овим позицијама додељен II степен приоритета. Све остале позиције имају учешће у трансмисионим губицима мање од 2% и према томе имају најнижи степен приоритета.

Табела 5-48 Анализа различитих сценарија енергетске санације фасадних зидова Објекта 5

Ознака позиције	Опис предложене мере	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Q _{han} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Ефекти мере		Валоризација			Ранг
					Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	k ₁	k ₂	Σ _к	
Pos1+2+4+6 (обједињене позиције Pos1_Sz1, Pos2_Sz2, Pos4_Sz3 и Pos6_Sz5)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 5cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1321,41	30	121,73	14,37	12,64	0,92	0,92	1,83	6
	y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1321,41	33	117,62	17,26	11,57	0,95	1,00	1,95	4
	y2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1321,41	35	115,86	18,50	11,45	0,96	1,01	1,97	2
	y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1321,41	37	114,52	19,44	11,52	0,97	1,00	1,98	1
	y2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1321,41	40	113,04	20,48	11,82	0,99	0,98	1,96	3
	y3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	1321,41	45	111,39	21,64	12,59	1,00	0,92	1,92	5
	Pos 3+5 (обједињене позиције Pos3_Sz2a и Pos5_Sz4)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 4cm (камена вуна)	224,82	24	140,07	1,47	16,81	0,99	0,82	1,81
y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 6cm (камена вуна)	224,82	26	139,58	1,81	14,76	0,99	0,94	1,93	5	
y2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна)	224,82	28	139,24	2,05	14,04	0,99	0,98	1,98	3	
y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	224,82	30	138,98	2,24	13,81	1,00	1,00	2,00	1	
y2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	224,82	32	138,79	2,37	13,90	1,00	0,99	1,99	2	
y2.5 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна)	224,82	35	138,57	2,53	14,28	1,00	0,97	1,97	4	
y3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна)	224,82	40	138,32	2,70	15,25	1,00	0,91	1,91	6	

Табела 5-49. Синтезни приказ ефеката појединачних мера унапређења за Објекат 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Оштећења	Учешће у трансмис. губицима [%]	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{отп} [год.]	
Спољни зидови обложени фасадном опеком (обједињене позиције Pos1_Sz1, Pos2_Sz2, Pos4_Sz3 и Pos6_Sz5)	Pos(1+2+4+6)	у2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	■	32,15	1321,41	37	19,44	11,52	II
Спољни зидови обложени фасадним малтером (обједињене позиције Pos3_Sz2a и Pos5_Sz4)	Pos(3+5)	у2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	■	4,22	224,82	30	2,24	13,81	II
Зид на дилатацији (између ламела)	Pos7_Sz0d	мин. вуна 5cm, гипскартонске плоче	■	3,27	77,15	22	1,98	3,92	III
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров	Pos8_Mk4	10cm додатне термоизолације (XPS), шљунак	■	3,66	311,01	60	1,53	56,01	III
Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	Pos10_Pr1	у1 - ПВЦ петокоморни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1.5W/m ² K	■	39,49	433,65	160	35,04	9,07	I
Спољна врата	Pos11_Vr1	метална, изолована	■	2,44	55,15	220	0,99	56,04	III
Зидови према негрејаним просторима (обједињене позиције Pos12_Uz2a и Pos13_Uz2b)	Pos(12+13)	полистирен 5cm + завршна обрада	■	11,27	406,37	14	6,68	3,90	II
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Pos14_Mk1a	полистирен 5cm + завршна обрада	■	3,19	307,23	13	1,20	15,30	III

5.5.4 Дефинисање пакета мера

Елаборатом енергетске ефикасности постоећег стања за Објекат 5 утврђена је годишња потребна енергија за грејање од 142,16kWh/m²а па су на основу те вредности изведене потребне редукције којима се може постићи одређени енергетски разред - *E*, *D*, *C* или *B* (табела 5-50). Анализом резултата датих у табелама 5-49 и 5-50 може се констатовати следеће:

- За *D* енергетски разред, који је постављен као циљ унапређења, неопходно је остварити редукцију од нешто више од 26,14% у односу на

постојеће стање, што се сасвим извесно постиже заменом фасадне столарије ($S_{Pos10}=35,04\%$);

- Санацијом фасадних зидова, уз замену фасадне столарије, могуће је постићи *C* енергетски разред ($\Sigma S_{Pos1-6} + S_{Pos10} = 56,72\% > 50,76\%$);
- Санацијом свих елемената термичког омотача није могуће постићи *B* енергетски разред ($\Sigma S_{pn}=69,10\% < 75,38\%$).

Табела 5-50. Преглед основних енергетских карактеристика Објекта 5 и потребних уштеда у циљу постизања *E*, *D*, *C* или *B* енергетског разреда

пост. енергетски разред	F
$Q_{H,nd}$ за E ен. разред [kWh/m ² a].	140,00
потребна редукција за E [%]	1,52
$Q_{H,nd}$ за D ен. разред [kWh/m ² a].	105
потребна редукција за D [%]	26,14
$Q_{H,nd}$ за C ен. разред [kWh/m ² a].	70,00
потребна редукција за C [%]	50,76
$Q_{H,nd}$ за B ен. разред [kWh/m ² a].	35,00
потребна редукција за B [%]	75,38
сумарна редукција применом свих мера ΣS_{pn} [%]	69,10

Како је фасадна столарија једина позиција првог степена приоритета, и како се њеном санацијом постиже *D* енергетски разред, Пакет 1 (табела 5-51) обухвата заправо само ову позицију, а алтернативни Пакети 1.1 и 1.2 (табеле 5-52 и 5-53) су варијанте са опцијама унапређења *у2* и *у3* за посматрану позицију.

Опционо су дефинисани и Пакети 2 и 2.1 (табеле 5-54 и 5-55) који укључују и фасадне зидове у два варијантна решења, како би се испитала и додатна унапређења која доводе до *C* енергетског разреда.

Табела 5-51. Пакет 1 за Објекат 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h\text{ an}} - \text{само 1 мера}$ [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{pn} [%]	Период отплате D_{pn} [год.]	
Фасадна столарија	Pos10_Pr1	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1.5W/m ² K	92,35	D	433,65	160	35,04	9,07	I
УКУПНО ПАКЕТ 1			92,35	D			35,04	9,07	

Табела 5-52. Пакет 1.1 за Објекат 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h\text{ an}} - \text{само 1 мера}$ [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{pn} [%]	Период отплате D_{pn} [год.]	
Фасадна столарија	Pos10_Pr1	y2 - ПВЦ шестокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1.3W/m ² K	91,70	D	433,65	175	35,50	9,80	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.1			91,70	D			35,50	9,80	

Табела 5-53. Пакет 1.2 за Објекат 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h\text{ an}} - \text{само 1 мера}$ [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{pn} [%]	Период отплате D_{pn} [год.]	
Фасадна столарија	Pos10_Pr1	y3 - ПВЦ шестокорни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1W/m ² K	87,29	D	433,65	190	38,60	9,78	I
УКУПНО ПАКЕТ 1.2			87,29	D			38,60	9,78	

Табела 5-54. Пакет 2 за Објекат 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{от} [год.]	
Фасадни зидови (фасадна опека)	Pos(1+2+4+6)	y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	114,52	E	1321,41	37	19,44	11,52	II
Фасадни зидови (парапети у фасадном малтеру)	Pos(3+5)	y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна)	138,98	E	224,82	30	2,24	13,81	II
Фасадна столарија	Pos10_Pr1	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1.5W/m ² K	92,35	D	433,65	160	35,04	9,07	I
УКУПНО ПАКЕТ 2			65,77	C			53,74	10,66	

Табела 5-55 Пакет 2.1 за Објекат 5

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енергетски разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{ен} [%]	Период отплате D _{от} [год.]	
Фасадни зидови (фасадна опека)	Pos(1+2+4+6)	y2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	113,04	E	1321,41	40	20,48	11,82	II
Фасадни зидови (парапети у фасадном малтеру)	Pos(3+5)	y2.4 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна)	138,79	E	224,82	32	2,37	13,90	II
Фасадна столарија	Pos10_Pr1	y1 - ПВЦ петокорни, двослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1.5W/m ² K	92,35	D	433,65	160	35,04	9,07	I
УКУПНО ПАКЕТ 2.1			64,17	C			54,86	10,81	

5.5.5 Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога

Анализа предложених пакета мера показала је да је најповољније решење дефинисано Пакетом 1. Вишекритеријумском анализом како у оквиру породице Пакета 1.x којима је постигнут D енергетски разред (табела 5-56)

тако и у проширеном сету пакета (табела 5-57) Пакет 1 је био најбоље рангиран, те је усвојен као оптимално решење за Објекат 5.

Табела 5-56. Пакети мера за Објекат 5 (према основном методолошком поступку)

Пакет	Опис	$Q_{H,nd.Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализац.	Ен. разред	Валоризација						Ранг
							K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Σ_k	
Пакет 1	замена фасадне столарије (опција у1)	92,35	9,07	1	1	D	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	4,945	1
Пакет 1.1	замена фасадне столарије (опција у2)	91,70	9,80	1	1	D	0,95	0,93	1,00	1,00	1,00	4,878	3
Пакет 1.2	замена фасадне столарије (опција у3)	87,29	9,78	1	1	D	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00	4,928	2

Табела 5-57. Пакети мера за Објекат 5 (проширени сет пакета)

Пакет	Опис	$Q_{H,nd.Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализац.	Ен. разред	Валоризација						Ранг
							K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Σ_k	
Пакет 1	замена фасадне столарије (опција у1)	92,35	9,07	1	1	D	0,69	1,00	1,00	1,00	1,00	4,695	1
Пакет 1.1	замена фасадне столарије (опција у2)	91,70	9,80	1	1	D	0,70	0,93	1,00	1,00	1,00	4,626	3
Пакет 1.2	замена фасадне столарије (опција у3)	87,29	9,78	1	1	D	0,74	0,93	1,00	1,00	1,00	4,663	2
Пакет 2	Пакет 1 + фасадни зидови (опција у2.3)	65,77	10,66	2,5	1	C	0,98	0,85	0,40	1,00	1,20	4,427	5
Пакет 2.1	Пакет 1 + фасадни зидови (опција у2.4)	64,17	10,81	2,5	1	C	1,00	0,84	0,40	1,00	1,20	4,439	4

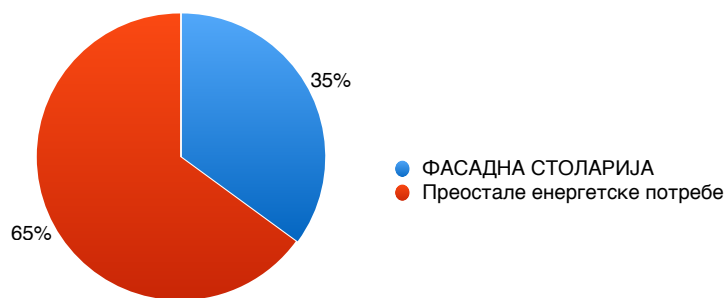
5.5.6 Модалитети имплементације предложеног пакета мера

Како се код Објекта 5 енергетска санација своди на замену фасадне столарије, у пракси се то своди на низ појединачних интервенција у становима. Синтезни преглед процењених енергетских и финансијских ефеката за Објекат 4 да је у табели 5-58, а графички приказ уштеда и преосталих захтева за енергијом на слици 5-25.

Табела 5-58. Објекат 5 - процењене енергетске и финансијске уштеде за Пакет 1

позиције	опис мере	$Q_{H,ap}$ [kWh/m ² a]	ен. разред	једин.	укупно	"уштеђена"	уштеда	период	енергетске
				цена	[€]	енергија	[€/a]	отплате	уштеде
				[€/m ²]	[€]	[kWh/a]	[€/a]	[год.]	%
ФАСАДНА СТОЛАРИЈА	ПВЦ прозори U= 1,5	92,35	D	160	69 384	88928	7648	9,07	35,04
ПАКЕТ 1	УКУПНО	92,35	D		69 384	88928	7648	9,07	35,04

УКУПНА ИНВЕСТИЦИЈА [€]	инвестиција по 1m ² грејане површине [€]	инвестиција по стамб. јед. [€]
69 384	39	2570



Слика 5-25. Објекат 5 - уштеде и преостали захтеви за енергијом за Пакет 1

6. КОМЕНТАР ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

6.1 Компаративна анализа обрађених примера

Применом методе изложене у четвртом поглављу, на свим посматраним објектима постигнута су унапређења термичког омотача зграде којима је постигнут *D* енергетски разред, уз период отплате од око 5 година за објекте код којих у усвојеном пакету мера није била укључена замена фасадне столарије, односно уз период отплате од око 10 година за зграде код којих је било неопходно санирати и ову позицију (табела 6-1). Такође је утврђено да је код свих објеката, санирањем већег броја елемената термичког омотача могуће постићи *C* енергетски разред, док овим приступом ни у једном случају није било могуће испунити критеријум за постизање *B* енергетског разреда.

6.1.1 Енергетске потребе и потенцијалне уштеде

Резултати прорачуна енергије потребне за грејање изведених према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, показали су да сви посматрани објекти изузев солитера (Објекат 3) припадају *F* енергетском разреду. Објекти 1 и 2, из раније фазе усмерене стамбене градње имају знатном лошије карактеристике од Објеката 3, 4 и 5 који су грађени после 1970. године, тј. након доношења првих прописа из области термичке заштите. Најстарија зграда - Објекат 1 - приближава се горњој граници *F* енергетског разреда, док Објекти 3, 4 и 5 који имају термоизолациони слој у свим кључним позицијама термичког омотача имају прорачунату енергију потребну за грејање која се креће око граничне вредности између *E* и *F* енергетског разреда. Објекат 3 има најповољнији резултат првенствено због фактора облика који код њега има најнижу вредност.

Након извршене селекције мера унапређења, релације у добијеним вредностима годишње потребне енергије за грејање остале су сличне,

имајући у виду да су код Објекта 4 у усвојени пакет мера због уочених оштећења увршћени фасадни зидови, те су остварене веће уштеде.

Процентуално изражене укупне уштеде које се могу остварити санацијом свих доступних позиција термичког омотача (ΣS_{pn}) код свих објеката се крећу око 70%. Најмања вредност ΣS_{pn} је у случају Објекта 2, првенствено ради тога што у структури трансмисионих губитака таваница према пословном простору (коју није било могуће санирати без интервенције у простору који није у власништву станара) учествује са 6,45% (табела 5-12), док је код Објекта 4 то био случај са подом на тлу који у трансмисионим губицима учествује са само 0,48% (табела 5-33).

6.1.2 Предложени пакети мера и санирани позиције

Пакети мера, формиран по принципима предложене методологије оптимизације, обухватили су санацијом само позиције које су биле неопходне како би се постигао *D* енергетски разред, као и позиције код којих су била евидентирана оштећења која је нужно санирати. Показало се да је код старијих зграда (Објекти 1 и 2) за унапређење енергетских карактеристика било најповољније санирање фасадних зидова, док је код новијих зграда (Објекти 3, 4 и 5), које већ имају (недовољну) термоизолацију у саставу фасадних зидова замена фасадне столарије неопходна мера како би се постигло одговарајуће унапређење.

Услед констатованих оштећења, код Објеката 2, 3 и 4 предложени пакет мера је обухватао и санацију равних кровова, а код Објекта 4 и фасадних зидова. Код Објекта 1 су такође констатована извесна оштећења фасадног зида, али је ова позиција била и кључна за енергетску санацију посматране зграде.

6.1.3 Потребна улагања и период отплате

Код објеката код којих санацијом није била обухваћена позиција фасадне столарије (Објект 1 и 2) потребна улагања су приметно мања, а период отплате готово двоструко краћи него код објеката код којих је у обрачун ушла и нова фасадна столарија.

Како би се сагледала укупна инвестиција и адекватни период отплате у оквиру датог пакета мера, мере које су увршћене по критеријуму потенцијалних енергетских уштеда и мере које су увршћене због уочених оштећења, третиране су равноправно - као да сав трошак носе власници станова. Трошкови санрања оштећених фасада, кровова и других елемената зграде, међутим, у принципу би могли бити покривени и из других извора - у склопу циклуса редовног и инвестиционог одржавања зграде. Тада би станари заправо сносили само трошкове који су директно везани за унапређење енергетске ефикасности зграде.

Са друге стране, свака инвестиција у унапређење својстава зграде, енергетских, функционалних, естетских итд, повећава и вредност непокрености. У том контексту, у јасно дефинисаним тржишним условима, у прорачун периода отплате би могао да се уврсти и овај параметар.

Табела 6-1. Преглед основних добијених резултата за Објекте 1-5					
	Објекат 1	Објекат 2	Објекат 3	Објекат 4	Објекат 5
ен. разред (постојеће)	F	F	E	F	F
$Q_{h\ an}$ - пост. [kWh/m^2a]	171,83	156,78	137,59	140,28	142,16
ен. разред (санацијом свих позиција)	C	C	C	C	C
ΣS_{pn} [%]	72,98	67,16	72,15	70,25	69,10
ен. разред (санирано)	D	D	D	C	D
$Q_{h\ an}$ - санир. [kWh/m^2a]	104,23	98,61	83,33	50,32	92,35
уштеда енергије [%]	39,34	37,10	39,44	64,13	35,04
саниране позиције (* = санирано због оштећења)	фас. зидови	фас. зидови раван кров*	фас. столар. раван кров*	фас. зидови* фас. столар. раван кров*	фас. столар.
инвестиција [$\text{€}/m^2$ греј. површине]	27	26	47	87	39
инвестиција [$\text{€} / \text{стан}$]	1520	1393	3405	6044	2570
период отплате [год.]	4,56	5,19	10,05	11,19	9,07
фактор облика [m^{-1}]	0,51	0,41	0,33	0,40	0,53

Коначно, период отплате може бити и показатељ могућности склапања одговарајућег кредитног аранжмана. На нашем тржишту данас поједине банке у својој понуди имају и кредите за унапређење енергетске ефикасности у различитим опцијама (понуда доступна на веб странама банака на дан 10.3.2016. дата је у табели 6-2).

Табела 6-2. Понуда кредита за адаптације и побољшање енергетске ефикасности код 5 банака на дан 10.3.2016.

Банка	динарски кредит	индексирани кредит (девизни)
ProCredit Bank	до 7 година	до 30 година
BANCA INTESA	до 3 године	-
Комерцијална банка	до 5 година	-
CREDIT AGRICOLE	до 10 година	до 25 година
SOCIETE GENERALE	до 5 година	до 10 година

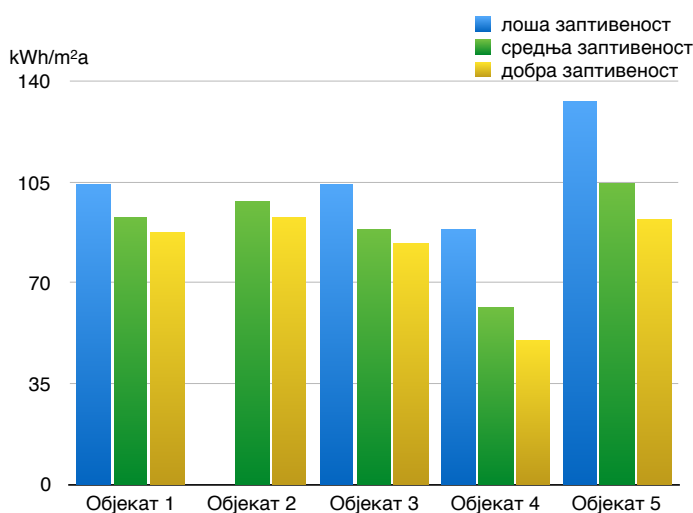
6.2 Санирани елементи термичког омотача посматраних зграда

6.2.1 Фасадна столарија

Као што је већ констатовано, замена фасадне столарије представља највеће буџетско оптерећење код свих обрађених примера, а цене квалитетнијих система су вишеструко веће од оних који се на тржишту нуде као повољно решење. Са друге стране, код појединих објеката ово може бити кључна позиција приликом унапређења енергетске ефикасности (Објекти 3, 4 и 5), а анализе спроведене у претходном поглављу су показале да улагања у ефикасније системе (у оквиру истог материјала прозорских профила) у већини случајева скраћују период отплате. Како се у реалности ова позиција заправо санира индивидуалним интервенцијама по становима, веома је битна добра информисаност власника, како о ефектима различитих система, тако и о значају правилне уградње. У пракси смо сведоци да ефекти сложених вишекоморних профила и троструког застакљења лако могу бити практично

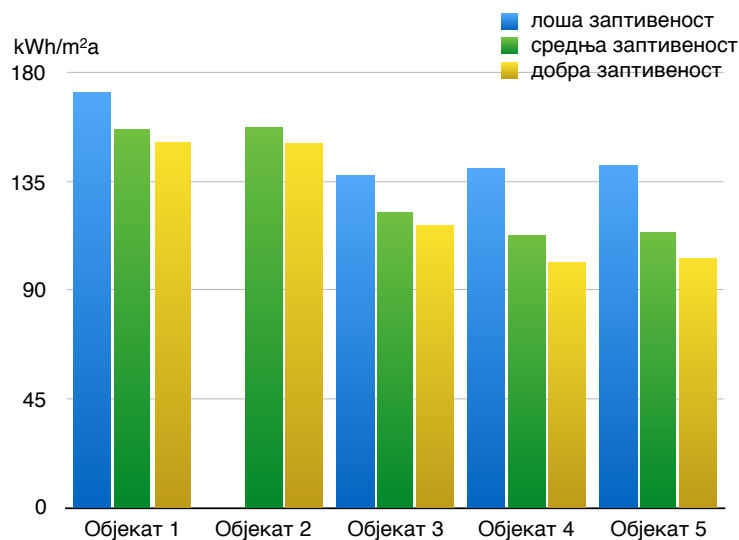
анулирани неправилном уградњом. Такође, неадекватна обрада шпалетни и, нарочито, окапница, може резултовати и продором воде у термоизолациони слој и узроковати оштећења на пуним деловима фасаде.

Код свих обрађених примера, приликом анализе учинка замене фасадне столарије прорачуни су рађени са претпоставком да ће се постићи и добра заптивеност (број измена ваздуха $n = 50$). У случају неправилне уградње, реалне енергетске уштеде би биле приметно мање, као што се може видети из података приказаних на слици 6-1.



Слика 6-1. Различите вредности укупне потребне енергије за грејање у зависности од заптивености - Објекти 1-5, санирано стање према усвојеним пакетима мера

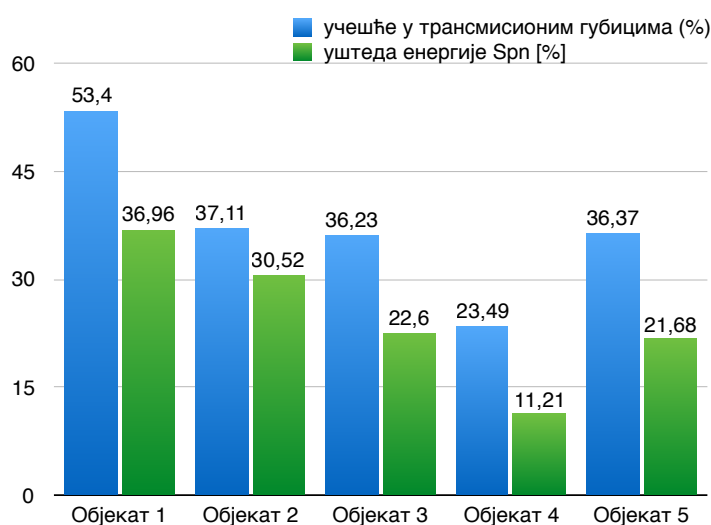
Са друге стране, боља заптивеност може побољшати енергетске карактеристике зграде, уз улагања која су знатно мања него у случају замене фасадне столарије. Иако вентилациони губици не зависе само од фасадних отвора, нити се потпуно унапређење може постићи само заптивањем постојећих, илустрације ради дати су и промене у односу на заптивеност код прорачунски добијених вредности за постојеће стање Објеката 1-5 (слика 6-2). У појединим студијама заптивање прозора се апострофира као кључна мера унапређења енергетске ефикасности код високих стамбених зграда грађених током 1970-их (Nemry 2010).



Слика 6-2. Различите вредности укупне потребне енергије за грејање у зависности од заптивености - Објекти 1-5, постојеће стање

6.2.2 Фасадни зидови

Код Објеката 1 и 2 фасадни зидови су били кључна позиција чијом санацијом је постигнуто жељено унапређење енергетских карактеристика. Они су код



Слика 6-3. Учешће фасадних зидова у структури трансмисионих губитака Објеката 1-5 и потенцијалне енергетске уштеде које се могу постићи санацијом фасадних зидова

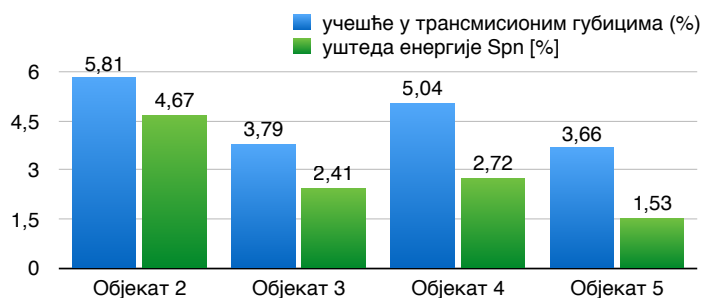
свих објеката имали веома значајно учешће у структури трансмисионих губитака - од 23,5% код Објекта 4 до чак 53,4% код Објекта 1 (слика 6-3)

Овде учавамо да је учешће фасадних зидова у структури трансмисионих губитака, као и уштеде које се могу постићи додатним изоловањем фасаде, најмање код Објекта 4, где је ова позиција увршћена у изабрани пакет мера због евидентираних оштећења. Санирање ове позиције узроковало је повећану вредност потребне инвестиције код ове зграде.

Енергетска рехабилитација фасадних зидова се показала као једна од мера са најкраћим периодом отплате. У случају Објекта 3, додатна испитавања су чак показала да се укључивањем фасадних зидова у пакет мера скраћује период отплате (Прилог 2, анализе за случај Објекта 3 са оштећењима на фасадним зидовима) иако иницијални трошкови у том случају расту чак око 33% у односу на усвојени Пакет 1.

6.2.3 Равни кровови

Упркос релативно скромном учешћу у структури трансмисионих губитака, равни кровови се често укључују у предложене пакете мера као позиција највишег степена приоритета због оштећења карактеристичних за овај елемент зграде. Код Објеката 2, 3 и 4, код којих је управо то био случај, разматране су само опције којима се испуњава минимум прописан Правилником о енергетској ефикасности зграда ($U_{max} = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ за раван кров изнад грејаног простора, постојеће зграде), будући да се и том, минималном, интервенцијом завршна кота крова подиже за најмање 14-16cm, а учешће ове позиције у структури трансмисионих губитака мало,



Слика 6-4. Учешће равних кровова у структури трансмисионих губитака Објеката 2-5 и потенцијалне енергетске уштеде које се могу постићи санацијом

као и потенцијалне енергетске уштеде (на нивоу зграда), као што се види из података датих на слици 6-4.

6.3 Елементи термичког омотача посматраних зграда који нису били обухваћени предложеним пакетима мера

У табели 6-3 дат је преглед елемената термичког омотача Објеката 1-5 који нису били обухваћени предложеним пакетима мера. Према критеријумима изложеним у делу 4.3.3 највећи део ових позиција био би најнижег (III)

Табела 6-3. Преглед позиција које нису обухваћене предложеним пакетима мера

	Објекат 1		Објекат 2		Објекат 3		Објекат 4		Објекат 5	
	T [%]	S _{pn} [%]	T [%]	S _{pn} [%]	T [%]	S _{pn} [%]	T [%]	S _{pn} [%]	T [%]	S _{pn} [%]
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом										
Зид на дилатацији (између зграда)	-	-	6,36	5,39	-	-	4,99	3,34	3,27	1,98
Међуспр. констр. између грејаних простор. различитих јединица, разл. корисника или власника	-	-	6,45	-	-	-	-	-	-	-
Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	-	-	0,35	0,31	0,28	0,15	0,41	-	0,33	-
Спољна врата	2,14	0,98	2,19	0,99	2,09	0,82	2,7	1,05	2,44	0,99
Унутрашње преградне конструкције										
Зид према негр. просторима	6,93	4,50	11,16	7,87	11,02	6,24	0,93	0,07	11,27	6,68
Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	8,14	5,85	0,24	-	-	-	-	-	-	-
Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	4,20	2,28	0,10	0,06	3,35	2,04	1,54	0,68	3,19	1,20
Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)										
Под на тлу	-	-	-	-	0,29	0,86	0,48	-	-	-

T - учешће у трансмисионим губицима [%]

S_{pn} - потенцијалне енергетске уштеде [%]

спепена приоритета, имајући у виду потенцијалне енергетске уштеде посматране на нивоу зграде.

По учешћу у трансмисионим губицима и потенцијалним уштедама издвајају се зидови према негрејаним просторима. У делу 3.6 детаљније је дискутовано о недостацима методологије прорачуна за ову позицију, па и код посматраних објеката остаје отворено питање колико су добијене вредности реалне. Код великог броја објеката из периода усмерене стамбене градње, димензије степенишног простора, али често и стамбених просторија које га окружују (оставе, предсобља, кухиње, купатила...) су релативно мале и/или тешко приступачне, па је доследна реализација санације зидова према негрејаним степенишним просторима, лифтовским окнима и сл. у пракси неретко под великим знаком питања.

Сличан проблем постоји и код прорачуна везаних за друге унутрашње преграде према негрејаним просторима као и за зидове на дилатацији. Потоње је нешто једноставније санирати постављањем термоизолације са унутрашње стране, када су у становима на том делу веће просторије (дневне и спаваће собе, на пример).

Методологија изложена у овом раду може се прилагодити и потребама енергетске санације појединачних станова. Позиције које су, посматрано на нивоу зграде, занемарљиво мале, на нивоу поједине стамбене јединице или групе станова (станови у приземљу, у поткровљу и сл.) могле би се показати значајним. Анализе на нивоу појединачних станова или групе стамбених јединица нису вршене у оквиру овог рада.

Уопште узевши, када било која од овде апострофираних позиција дође до завршне фазе свог животног или сервисног циклуса, њихову санацију би требало прилагодити актуелним прописима.

7. ЗАКЉУЧАК

Стамбене зграде представљају значајан сегмент грађевинског фонда Србије. Највећи део ових објеката настао је током друге половине 20. века, те се може сматрати да се они могу успешно користити још дуги низ година, односно да се ради о драгоценом ресурсу који се може успешно експлоатисати уколико га прилагодимо савременим потребама. Ове зграде, међутим, испољавају бројне недостатке, како по различитим аспектима комфора, тако и у домену енергетске ефикасности, те је њихова обнова практично неопходна у наредном периоду. За разлику од породичног становања, у стамбеним зградама постоји велики број власника, различитих интереса и често скромних материјалних могућности, те је неопходан изузетно прагматичан приступ како би се дефинисали модалитети обнове који би могли бити прихватљиви и изводљиви у оваквим условима.

7.1 Преглед резултата истраживања

Анализом типологије и структуре стамбеног фонда, уочено је да је станоградња била најинтензивнија у периоду од 1960. до половине 1980-их година, као и да је у том периоду, за разлику од претходних, присутан широк дијапазон типолошки разноврсних решења, са елементима материјализације који практично нису били примењивани пре експанзије домаће грађевинске индустрије, а који су, потом, након периода транзиције и друштвених промена, готово у потпуности нестали са нашег тржишта и из актуелне градитељске праксе. Управо из ових разлога је период тзв. "усмерене стамбене градње" позициониран у фокус истраживања, будући да обухвата велики број различитих појавних облика, статистички (по затупљености) кључни сегмент стамбеног фонда Србије, који је, уједно и веома слабих енергетских перформанси.

У претходном периоду, током вишегодишњег рада на формирању националне типологије стамбених зграда Србије у оквиру међународног пројекта ТАБУЛА, дошло се до драгоцених резултата и великог помака у

дефинисању модела унапређења енергетских карактеристика објеката вишепородичног становања. Резултати овог рада узети су као основно полазиште за даље истраживање, које је имало за циљ да преиспита могућност преласка са моделских на конкретна решења, прилагођена конкретним архитектонским склоповима и разноликој материјализацији, карактеристичној за посматрани период. У оквиру трећег поглавља извршена је детаљна критичка анализа моделских решења за унапређење појединачних позиција датих за најрелевантније елементе термичког омотача свих типова из посматрана три периода (периоди Д 1961-1970, Е 1971-1980 и Ф 1981-1990). За посматрани период извршена је систематизација и типологизација фасадних зидова, те су утврђени случајеви у којима се могу директно применити моделска решења из Националне типологије, док су за остале дефинисана и образложена алтернативна решења. На тај начин је формиран проширени корпус модела унапређења појединачних елемената термичког омотача који се може сматрати у потпуности компатибилан са Националном типологијом али који је сензитивнији на разноврсност материјализације карактеристичну за посматрани период.

На основу претходних анализа, као и на основу искуства стеченог приликом претходних истраживања проблематике, првенствено у оквиру студије "Атлас енергетских карактеристика омотача грађевинских објеката у Београду", где је први пут разматран и економски аспект модалитета обнове као и особености различитих архитектонских решења, формиран је алгоритам процеса адаптације. Како је анализом објеката обрађених у склопу Националне типологије утврђено да је након првог степена унапређења у свим случајевима постигнут D енергетски разред, за циљ оптимизације је постављено управо постизање минимум D енергетског разреда, што је оштрији критеријум од унапређења за најмање један енергетски разред који прописује актуелни Правилник о енергетској ефикасности зграда. Други циљ оптимизације је био дефинисање принципа адекватне селекције позиција које ће се санирати, полазећи од претпоставке да се жељени енергетски разред може постићи и санацијом мањег броја позиција, уз нешто слабије

енергетске карактеристике зграде у односу на ситуацију када се санирају све доступне позиције термичког омотача што се у нашим условима може сматрати готово искључиво теоријским моделом. Осим саме селекције позиција које ће се санирати, алгоритмом је обхваћено и испитивање варијантних решења, са различитим степеном обнове. Коначно, као један од циљева било је и укључивање економског фактора, као параметра за одлучивање али и као евентуалног инструмента за имплементацију. За потребе овог рада усвојен је најједноставнији метод провере - путем директног периода отплате. У исту процедуру, међутим, могуће је уградити и сложеније методе прорачуна, што би било од нарочите користи у реалним ситуацијама где би се испитале различите опције кредитирања, финансијски модели и тржишни услови везани за конкретну локацију. Како је циљ овог сегмента истраживања био успостављање корелације између трошкова које подразумева санација одређене позиције и потенцијалне редукције потребне енергије, то и усвојени основни метод може дати валидне резултате. На основу свега наведеног, дефинисана је процедура са шест основних корака:

1. Утврђивање почетног стања,
2. Идентификација елемената термичког омотача и прелиминарна селекција степена унапређења,
3. Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача уз анализу различитих опција унапређења,
4. Дефинисање пакета мера,
5. Анализа предложених пакета мера и селекција финалног предлога,
6. Анализа модалитета имплементације предложеног пакета мера.

За сваки од наведених корака дата су детаљна упутства и формиран су једноставни алати којима се могу вршити потребне анализе и прорачуни, а процедура је описана и у виду алгоритма. За селекцију почетне мере унапређења за појединачне позиције коришћена је метода вишекритеријумске анализе са 2 параметра, док је за селекцију најповољнијег пакета мера коришћена вишекритеријумска анализа са 5

параметара чији су вредносни односи дефинисани у односу на претходно постављене циљеве оптимизације.

Предложени модел оптимизације испитан је на пет објеката који су изабрани тако да се на њима може видети највећи број комбинација различитих опредељења током процеса оптимизације. Сваки објекат понаособ је изабран и тако да у што већој мери кореспондира са одговарајућим представником датог типа у Националној типологији. На основу ових критеријума, изабрани су следећи објекти:

- Објекат 1: слободностојећа стамбена зграда,
- Објекат 2: зграда у традиционалном градском блоку,
- Објекат 3: солитер,
- Објекат 4: ламела (армиранобетонска префабрикација) и
- Објекат 5: ламела (хибридни систем са фасадном опеком).

За сваки од изабраних објеката симулиран је процес оптимизације мера и потврђено је да је могуће постизање *D* енергетског разреда уз редукован број позиција које се санирају. Истражен је и домет ефеката конвенционалних мера обнове, при чему је код свих посматраних објеката утврђено да се на тај начин може постићи *C* енергетски разред. У том контексту, енергетском санацијом дефинисаном према предложеној процедури оптимизације мера, термички омотач добија карактеристике које се временом успешно могу унапређивати тако да се постепено, адекватном санацијом преосталих позиција у редовним циклусима инвестиционог одржавања, зграда може унапредити и до *C* енергетског разреда.

Код старијих објеката, грађених у периоду транзиције са традиционалних техника грађења на индустријализовану градњу, односно пре доношења првих прописа из области термичке заштите, санација фасадних зидова је била кључна при постизању жељеног степена унапређења енергетске ефикасности зграде. Показало се да ова мера има кратак период отплате (3-5 година), нарочито код зграда са неизолованим или слабо изолованим фасадним зидовима. Код зграда које већ имају уграђен извесни

термоизолациони слој, ова мера има нешто дужи период отплате, а најбољи однос иницијалних улагања и резултујућих енергетских уштеда показала су унапређења која донекле превазилазе минималне захтеве прописане Правилником о енергетској ефикасности зграда.

Код објеката новијег датума, грађених коришћењем различитих облика префабрикације, са термоизолационим слојем у највећем делу термичког омотача, показало се да је замена фасадне столарије мера која може најефикасније донети одговарајуће енергетске уштеде, иако, у односу на санацију фасадних зидова, захтева већа улагања и има дужи период отплате. У раду је указано и на разлике у енергетским перформансама до којих може доћи у случају неправилне уградње, али и на уштеде које се могу остварити побољшањем заптивености. Специфичност ове мере је и то што се у пракси она реализује индивидуалним интервенцијама у оквиру појединачних станова, а досадашња искуства су показала да за овај тип радова још увек не функционишу одговарајући регулаторни и контролни механизми.

У односу на фасаду, остали елементи термичког омотача посматраних стамбених зграда имају знатно мањи утицај на енергетске перформансе зграде, како у односу на учешће у трансмисионим губицима (0,1 - 8,14%), тако и у односу на потенцијалне уштеде које је могуће остварити њиховом санацијом (0,06 - 5,85%). Применом предложеног метода, такве позиције на основу ових параметара имају други или трећи степен приоритета при формирању пакета мера енергетске санације, и у почетни пакет ће бити укључене само у случају да се на њима детектују оштећења, као што је био случај са равним кровом код Објеката 2, 3 и 4. У ситуацији када су предметни елементи зграде у добром стању, њихове енергетске карактеристике би требало побољшати у оквиру редовних циклуса инвестиционог одржавања - тада су улагања која се односе на енергетску ефикасност најмања.

Међу елементима термичког омотача који нису били обухваћени предложеним пакетима мера, по учешћу у укупном енергетском билансу издвајају се конструкције према негрејаном простору и зидови на дилатацији. Посебно је указано на недостатке тренутно важеће методологије

прорачуна у случају зидова према негрејаним просторима. Они код Објеката 2, 3 и 5 у структури трансмисионих губитака учествују са више од 11%, а санацијом дају уштеде од 6,24-7,87%, при чему се, имајући у виду резултате који су добијени у другим истраживањима, поставља питање колико су те процене реалне. Актуелни метод прорачуна, са јединственом вредношћу фактора корекције температуре $F_{xi}=0.5$, осим што често не даје реалне резултате при прорачуну постојећег стања, не препознаје ни објективна побољшања до којих долази напр. санацијом фасаде која ће по правилу и спољашње зидове негрејаних простора или санацијом застакљених делова степенишног простора. Санација равног крова обухватиће, такође, комплетну површину која представља јединствену просторну и технолошку целину у погледу решавања одводњавања и хидроизолације, укључујући и делове изнад негрејаних простора.

Применом предложене методе, на свим посматраним објектима добијене су енергетске карактеристике зграде којима је постигнут D енергетски разред, уз период отплате од око 5 година за објекте код којих у усвојеном пакету мера није била укључена замена фасадне столарије (Објекти 1 и 2), односно уз период отплате од око 10 година за зграде код којих је било неопходно санирати и ову позицију (Објекти 3-5). Утврђено је, такође, да се такви периоди отплате могу укупити у кредитне аранжмане (кредити за енергетску ефикасност и адаптације) који се тренутно налазе у понуди већих банака присутних на нашем тржишту.

7.2 Препоруке и могући правци даљих истраживања

Непосредни предмет рада овог истраживања односио се на стамбене зграде настале током усмерене стамбене градње, и у складу са карактеристикама овог сегмента грађевинског фонда дефинисан је изложени метод оптимизације мера обнове у циљу побољшања енергетске ефикасности. Овако постављено истраживање, даље се може развијати са три аспекта унапређења изложене методологије:

1. оперативно унапређење,

2. димензионално проширење,
3. програмско проширење.

7.2.1 Могућности оперативног унапређења изложене методологије

Методологија приказана у овом раду користи релативно једноставан алгоритам, уз примену вишекритеријумске анализе на два нивоа: на нивоу појединачне позиције (примењује се у ситуацијама када је потребно истражити различите опције унапређења одређене позиције пре формирања пакета мера) и на нивоу валоризације предложених пакета мера обнове. Развојем одговарајућег софтвера, омогућила би се већа сензибилизација метода, повећањем броја критеријума, увођење тежинских коефицијената дефинисаних према специфичним потребама истраживања или конкретеног пројекта и слично.

Повезивање софтвера за оптимизацију мера са софтвером за прорачун енергетских карактеристика зграде омогућило би веома једноставну реализацију оваквих анализа. Тиме би се добио алат доброг истраживачког потенцијала (могућност испитивања великог броја различитих случајева, праћење трендова, итд.), али и би се истовремено обезбедила и већа применљивост у пракси.

7.2.2. Могућности димензионалног проширења изложене методологије

Користећи изложени метод као полазну тачку, могуће је развити сличне методе прилагођене различитим димензионалним нивоима посматрања. За потребе истраживања у оквиру овог рада, развијен је метод којим се испитују опције унапређења на нивоу стамбене зграде. Евидентно је да би опсег мера али и резултати валоризације били другачији ако би се анализирала унапређења која би обухватала само поједине станове или групу станова, па би се могло размотрити прилагођавање метода оваквом типу интервенције. Са друге стране, димензионално проширење методологије прилагођене анализама на нивоу градског блока, насеља, општине и сл. могло би као резултат имати и формирање алата за доношење стратешких одлука о управљању грађевинским фондом на нивоу локалне заједнице, региона или

државе. Овакав тип унапређења изложеног метода подразумева и потребу за оперативним унапређењем које би омогућило одговарајућу нумеричку и аналитичку обраду улазних података.

7.2.3 Могућности програмског проширења изложене методологије

Иако дефинисан за потребе оптимизације мера обнове стамбених зграда, изложени метод би се могао модификовати тако да буде прикладан за примену на другим архитектонским програмима (пословне зграде, школске зграде, дечије установе, спортски објекти, објекти здравствене заштите итд.). Објекти различитих намена, осим функционалних, типолошких и морфолошких разлика, подразумевају и различите власничке односе, системе управљања, очекиване интервале инвестиционог одржавања и слично па би унапређењу самог метода оптимизације мера требало да претходи и одговарајуће типолошко сагледавање конкретног сегмента грађевинског фонда.

Програмско проширење, у комбинацији са димензионалним проширењем и оперативним унапређењем изложеног метода, могло би допринети развоју алата за управљање различитим сегментима грађевинског фонда, што је нарочито интересантно у случају објеката друштвеног стандарда, дечије и здравствене заштите.

ЛИТЕРАТУРА

- Aggerholm S. et al. 2011. Cost optimal levels for energy performance requirements. Извештај рађен у оквиру пројекта Intelligent Energy Europe, доступно на <http://www.epbd-ca.eu/ca-outcomes/2011-2015>
- Алексић Б. 1975. "Конкурсни стан". Архитектура урбанизам бр. 74-77, стр. 43-44
- Alker S. and McDonald A. 2003. "Incorporating Sustainable Development into Redevelopment". Sustainable Development 11, pp. 171-182
- Anink D. et al. 2001. Handbook of Sustainable Building. London: James & James
- Attia S. et al. 2013. "Assessing gaps and needs for integrating building performance optimization tools in net zero energy buildings design". Energy and Buildings 2013. Vol. 60, pp. 110-124
- Бајлон М. 1975. "Стан у Београду". Архитектура урбанизам бр. 74-77, стр. 23-42
- Balaras C.A. et al. 2008. "Decision Support Software for Sustainable Building Refurbishment". ASHRAE Transactions Vol. 110, Part 1, pp. 592-601
- Beizaee A, Lomas K.J, Firth S.K. 2013. "National survey of summertime temperatures and overheating risk into English homes". Building and Environment Vol. 65, pp. 1-17
- Bell D.A, Raiffa H. and Tversky A. 1988. Decision making: descriptive, normative and prescriptive interactions. Cambridge: Cambridge University Press
- Birkeland J. 2005. Design for Sustainability: A Sourcebook of Integrated Eco-logical Solutions. London: Earthscan
- Благојевић Љ. 2004. Стратегије модернизма у планирању и пројектовању урбане структуре и архитектуре Новог Београда: период концептуалне фазе од 1922. до 1962. године, докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду
- Благојевић Љ. 2007. Нови Београд: оспорени модернизам. Београд: Завод за уџбенике, Архитектонски факултет Универзитета у Београду и Завод за заштиту споменика културе града Београда
- Bludau C. and Schunck E. 2010. "Flat roof construction" in Hellstern C. et al (Eds.). Flat Roof Construction Manual. Munich: Institut für internationale architektur-Dokumentation GmbH & Co.
- Boermans T. et al. 2015. Assessment of cost optimal calculations in the context of the EPBD (ENER/C3/2013-414) - Final report. Cologne: Ecofys
- BPIE. 2013. A Guide to Developing Strategies for Building Energy Renovation - Delivering Article 4 of the Energy Efficiency Directive. www.bpie.eu/documents/BPIE/Developing_Building_Renovation_Strategies.pdf приступљено 10.9.2015.

- Bromley R. et al. 2005. "City Centre Regeneration through Residential Development: Contributing to Sustainability". *Urban Studies*, Vol. 42, No. 13, pp. 2407-2429
- Brophy V and Lewis O. 2011. *A Green Vitruvius: Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*. London: Earthscan
- Bullen P.A. 2004. "Assessing Sustainable Adaptation of Existing Buildings to Climate Change", in Ellis, R. and Bell, M. (eds.), *COBRA 2004: The international construction research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors*, Leeds Metropolitan University. London: The RICS Foundation.
- Bullen P. and Love P. 2011a. "Factors influencing the adaptive re-use of buildings". *Journal of Engineering, Design and Technology* Vol. 9 No. 1. pp. 32-46
- Bullen P. and Love P. 2011b. "A new future for the past: a model for adaptive reuse decision-making". *Built Environment Project and Asset Management* Vol. 1 No. 1, pp. 32-44
- Vezilić Strmo i dr. 2013. "Uzroci problema postojećeg stambenog fonda u Hrvatskoj". *Čovjek i prostor* br. 21, str. 340-349
- Вилиемс В. и др. 2006. *Грађевинска физика*. Београд: Грађевинска књига
- Вујовић С. 2014. "Начин живота у новим стамбеним насељима у време социјализма" у Стојчић М. и Олујић Д. (ур.) *Наслеђе југословенског социјализма. Промишљање. Разговор. Расправа. Критика. (е-зборник)*. Београд: Форум за примењену историју. <http://www.fpi.rs/blog/otvorena-knjiga/> приступљено 14.9.2014.
- Gauzin-Müller D. 2002. *Sustainable Architecture and Urbanism: Concepts, Technologies, Examples*. Basel: Birkhauser
- Gavrić M. et al. 2009. *The Green Book of the Electric Power Industry of Serbia*. Belgrade: PE Electric Power Industry of Serbia
- Goulding J.R. et al. (eds.) 1994. *Energy in Architecture: The European Passive Solar Handbook*. London: B.T. Batsford Limited
- Graf F. et Delemontey Y. (eds.) 2012. *Architecture industrialisée et préfabriquée: connaissance et sauvegarde*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes
- Graf F. 2014. *Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde - Devenir de l'architecture moderne et contemporaine*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes
- Douglas J. 2002. *Building Adaptation*. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Ђукановић Љ. 2015. *Типологија и валоризација грађевинске структуре стамбених зграда Београда са становишта комфора становања*, докторска дисертација. Београд: Универзитет у Београду - Архитектонски факултет

- Evins R. 2013. "A review of computational optimisation methods applied to sustainable building design". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 22, pp. 230-245
- Ерић З. (ур.). 2009. Диференцирана суседства Новог Београда. Нови Београд: Музеј савремене уметности
- Игњатовић Д. 2015. Оцена енергетских перформанси омотача стамбених зграда методом термовизијског снимања, докторска дисертација. Београд: Универзитет у Београду - Архитектонски факултет
- Игњатовић Д. и Ђуковић Игњатовић Н. 2012. Атлас енергетских карактеристика омотача грађевинских објеката у Београду, студија Архитектонског факултета Универзитета у Београду рађена за потребе Градске управе града Београда
- Jensen P.A. and Maslesa E. 2015. "Value based building renovation - A tool for decision-making and evaluation". *Building and Environment* Vol. 92, pp. 1-9
- Јовановић Поповић М. 1991. Здраво становање. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду
- Јовановић Поповић М. (ур.). 2003. Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре – део 1: Анализа структуре грађевинског фонда. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду
- Јовановић Поповић М. и Игњатовић Д. 2011. Видети енергију / Seeing Energy . Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GTZ
- Јовановић Поповић М. и др. 2012. Атлас породичних кућа Србије / Atlas of Family Housing in Serbia. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ
- Јовановић Поповић М. и др. 2013. Атлас вишепородичних зграда Србије / Atlas of Multifamily Housing in Serbia. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ
- Јовановић Поповић М. и др. 2013. Национална типологија стамбених зграда Србије / National Typology of Residential Buildings in Serbia. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ
- Joint Working Group of CA EED, CA EPBD and CA RES. 2013. Assistance Documents for EU Member States in developing long term strategies for mobilising investment in building energy renovation.
- Kavgic M. et al. 2010. "A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector" in *Building and Environment* Vol. 45 pp. 1683-1697
- Kaklauskas A, Zavadskas E.K. and Raslans S. 2005. "Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments" in *Energy and Buildings* Vol. 37 pp. 361-372
- Kohler N. and Hassler U. 2002. "The building stock as a research object". *Building Research & Information*, 30:4, pp. 226-236

- Кузмановић А. и Ивановић Р. 2008. Систем контактне фасаде са каменом вуном. Београд: Грађевинска књига
- Lojanica V. and Marlović S. 2014. Re-valuate Flexibility Capacity of New Belgrade Dwellings in Ćuković Ignjatović N. and Ignjatović D. (eds.) Use-Re-Use: New Belgrade. Belgrade: University of Belgrade Faculty of Architecture pp. 33-46
- Lylykangas K. et al. 2012. Smart TES Project report. Aalto: Aalto University School of Arts, Design and Architecture
- Lowe R. 2010. "Raising the energy performance of the existing housing stock: reflections on policy goals, technologies, implementation mechanisms and potential paradoxes from a UK perspective" in OECD/IEA. 2004. Joint Workshop on Sustainable Buildings: Towards Sustainable Use of Building Stock. Tokyo: OECD Public Governance and Territorial Development Directorate
- Matic D. et al. 2015. "Economically feasible energy refurbishment of prefabricated building in Belgrade, Serbia". Energy and Buildings Vol. 98, pp. 74-81
- Медвед С. 2011. Грађевинска физика. Нови Пазар: Државни универзитет у Новом Пазару
- Меџанов Д. 2014. "Прилог проучавању градитељског опуса *Бироа за студије* у Београду". Наслеђе бр. XV стр. 147-167
- Милашиновић Марић Д. 2002. Водич кроз модерну архитектуру Београда. Београд: Друштво архитеката Београда
- Mitrović M. 1975. Modern Belgrade Architecture. Belgrade: Jugoslavija
- Moradi A.M. and Akhtarkavan M. 2008. "Multiple Criteria Evaluation of Sustainable Adaptation Alternatives by Special Attention to Energy & Environment" in Gekas V. et al.(Eds.)WSEAS International Conference on Cultural Heritage and Tourism. Heraklion, Crete Island, pp. 37-42
- Mofidi S.M. et al. 2008. "Assessing Challenges in Developing Sustainable Adaptation Strategies by Considering Climate Changes" in 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Energy & Environment. Cambridge: University of Cambridge, pp. 107-112
- Mrduljaš M. and Kulić V. (eds.) 2012. Unfinished Modernisations: Between Utopia and Paradigm. Zagreb: Croatian Architects' Association
- Nguyen A.-T, Reiter S, Rigo P. 2014. "A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis". Applied Energy Vol. 113, pp. 1043-1058
- Nemry F. et al. 2010. "Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union—Potential and costs". Energy and Buildings Vol. 42, pp. 976-984
- OECD/IEA. 2004. Joint Workshop on Sustainable Buildings: Towards Sustainable Use of Building Stock. Tokyo: OECD Public Governance and Territorial Development Directorate <http://www.oecd.org/env/consumption-innovation/oecdworkonsustainablebuildings.htm> приступљено 17.9.2014.

- Pavković B. i Zanki V. (ur.) 2010. Priručnik za energetska certificiranje zgrada. Zagreb: Program Ujedinjenih naroda za razvoj - UNDP
- Petersdorff C. et al. 2005. Cost-Effective Climate Protection the Building Stock of the New EU Member States Beyond the EU Energy Performance of Buildings Directive (Report established by ECOFYS for EURIMA). Brussels: EURIMA
- Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији*, свеска 27: СТАНОВИ ПРЕМА ВРСТИ ЗГРАДЕ - Подаци по општинама/ градовима. Београд: Републички завод за статистику Републике Србије 2013
- Projet de loi relatif à la biodiversité NOR: DEVL1400720L/Rose-1. 2015. EXPOSÉ des motifs*. Paris: RÉPUBLIQUE FRANÇAISE - Ministère de l'écologie, du développement durable, et de l'énergie
- Pucar, Mila. 2006. Bioklimatska arhitektura, zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi. Beograd: IAUS
- Радивојевић А. 2003. "Искусства 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, стр. 99-124
- Rajčić A, Radivojević A and Elezović M. 2015. "Correlation Between the Morphology of Unheated Staircase and Energy Performance of Residential Buildings". Thermal Science Vol. 19, No. 3, pp. 845-856
- Richarz C, Schulz C, Zeitler F. 2007. Energy-Efficiency Upgrades. Basel: Birkhäuser
- Rovers, R. 2004. "Existing buildings, a hidden resource, ready for mining" in Joint Workshop on Sustainable Buildings: Towards Sustainable Use of Building Stock. Tokyo: OECD Public Governance and Territorial Development Directorate
- Rovers R, Kimman J. and Raveslot C. (eds.) 2010. Towards 0-Impact Buildings and the Built Environments. Amsterdam: Techne Press
- Sedlbauer K. et al. 2010. Flat Roof Construction Manual. Munich: Institut für internationale architektur-Dokumentation GmbH & Co.
- Систем 50*. Институт техничких наука САНУ, Београд 1981
- Szokolay S.V. 2004. Introduction to architectural science: the basis of sustainable design. London: Elsevier
- Smith P. F. 2004. Eco-Refurbishment: A guide to saving and producing energy in the home. Oxford: Architectural Press
- Stanković B. and Macut N. 2014. Re-Fabricate New Belgrade: Re-Inventing Prefabrication Technologies in Ćuković Ignjatović N. and Ignjatović D. (eds.) Use-Re-Use: New Belgrade. Belgrade: University of Belgrade Faculty of Architecture pp. 47-52

- Стојановић Б. и Мартиновић У. 1978. Београд 1945-1975. Београд: Техничка књига
- Storey J.B. and Baird G. 2001. "Sustainable Cities Need Sustainable Buildings". CIB World Building Congress, Wellington, New Zealand, Paper Number 207 (https://www.researchgate.net/publication/242221407_Sustainable_cities_need_sustainable_buildings приступљено 16.9.2014.)
- Stuck in the Past: Energy, Environment and Poverty in Serbia and Montenegro.* 2004. Belgrade: UNDP Country Office in Serbia and Montenegro
- TABULA Project Team. 2010. Typology Approach for Building Stock Energy Assessment - Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks: Existent Experiences in European Countries and Common Approach - First TABULA Synthesis Report. Darmstadt: IWU - Institut Wohnen and Umwelt (http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_SR1.pdf)
- Томић Р. и Чанак М. 1974. "Проблематика прилагођавања постојећег стамбеног фонда савременим захтевима и потребама". Информативни билтен бр. 15. Београд: Институт за материјале СРС (ИМС), Центар за становање
- Ђуковић Игњатовић Н. 2010. Фасада – адаптације и трансформације. Београд: Задужбина Андрејевић
- Ćuković Ignjatović N. and Ignjatović D. 2013. "Some Aspects of Energy Improvements of Housing Stock Built through Directive Housing Strategy", in Radojević, M. (Ed.) Instalacije & Arhitektura, zbornik radova u elektronskoj formi, Beograd: Univerzitet U Beogradu - Arhitektonski fakultet, pp. 172-181
- Ćuković Ignjatović N. and Ignjatović D. 2014. "Reduce to Renew: Energy Optimisation as a Trigger for Major Renovations" in Ćuković Ignjatović N. and Ignjatović D. (eds.) Use-Re-Use: New Belgrade. Belgrade: University of Belgrade Faculty of Architecture pp. 25-32
- Uihlein A. and Eder P. 2010. "Policy options towards an energy efficient residential building stock in the EU-27". Energy and Buildings Vol. 42, pp. 791-798
- Herzog T, Krippner R and Lang W. 2004. Façade Construction Manual. Basel: Birkhäuser – Publishers for Architecture
- Concerted Action Energy Performance of Buildings. 2015. 2016 Implementing the Energy Performance of Buildings Directive. Lisbon: ADENE
- Cukovic-Ignjatovic N. and Ignjatovic D. 2004. "Facade Refurbishment – Improving the Energy Performance of the Existing Building Stock in Belgrade", in de Wit, M.H. (Ed.) Built Environments and Environmental Buildings, PLEA 2004 Conference Proceedings, Eindhoven, pp. II 1025-1030
- Cukovic Ignjatovic N, Ignjatovic D. 2007. "Possibilities for Upgrading Prefabricated Concrete Building Envelopes", CISBAT 2007 International Scientific Conference Proceedings, Lausanne pp. 61-66

Wang Q. and Poh K.L. 2014. "A survey of integrated decision analysis in energy and environmental modeling". Energy Vol. 700 pp. 691-702

закони, правилници, уредбе, директиве:

Закон о планирању и изградњи. Београд: Службени гласник РС, бр. 72 од 3. септембра 2009, 81 од 2. октобра 2009 - исправка, 64 од 10. септембра 2010 - УС, 24 од 4. априла 2011, 121 од 24. децембра 2012, 42 од 14. маја 2013 - УС, 50 од 7. јуна 2013 - УС, 98 од 8. новембра 2013 - УС, 132 од 9. децембра 2014, 145 од 29. децембра 2014.

Закон о одржавању стамбених зграда. Београд: Службени гласник РС бр. 44/95, 46/98, 1/2001 - одлука УСРС, 101/2005 -др. закон, 27/2011 - одлука УС и 88/2011.

Закон о становању. Београд: Службени гласник РС бр 50 од 25. јула 1992, 76 од 22. октобра 1992, 84 од 23. новембра 1992 - исправка, 33 од 4. маја 1993, 53 од 16. јула 1993 - др. закон, 67 од 30. августа 1993 -др. закон, 46 од 11. јула 1994, 47 од 14. јула 1994 - исправка, 48 од 20. јула 1994 - др. закон, 44 од 27. новембра 1995 - др. закон, 49 од 24. новембра 1995, 16 од 16. априла 1997, 46 од 29. децембра 1998, 26 од 20. априла 2001, 101 од 21. новембра 2005 - др. закон, 99 од 27. децембра 2011.

Правилник о енергетској ефикасности зграда. Београд: Службени гласник РС 61/2011 од 19.8.2011. стр. 28-40

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. Београд: Службени гласник РС 69/2012 од 20.7.2012. стр. 67-88

Правилник о класификацији објеката. Београд: Службени гласник РС 22/2015 од 27. 2. 2015. стр. 83-89

Правилник о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени гласник РС 58/2012 од 13.6.2012. стр. 57-63

Правилник о изменама и допунама Правилника о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени гласник РС 74/2015. од 26.8.2015. стр. 84-85

Правилник о изменама и допунама Правилника о условима и нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени гласник РС 82/2015. од 28.9.2015. стр. 21

Правилник о садржини и начину вршења техничког прегледа објекта, саставу комисије, садржини предлога комисије о утврђивању подобности објекта за употребу, осматрању тла и објекта у току грађења и употребе и минималним гарантним роковима за поједине врсте објеката. Београд: Службени гласник РС 27/2015. од 18.3.2015. стр. 24-29

Правилник о изменама и допунама Правилника о садржини и начину вршења техничког прегледа објекта, саставу комисије, садржини предлога комисије о утврђивању подобности објекта за употребу, осматрању

тла и објекта у току грађења и употребе и минималним гарантним роковима за поједине врсте објеката. Београд: Службени гласник РС 29/2016. од 18.3.2016. стр. 102

Услови и технички нормативи за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени лист града Београда 32/83

Правилник о техничким мерама и условима за изградњу стамбених објеката по систему модуларне координације мера. Београд: Службени лист СФРЈ 26/69, стр. 781-783

Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова. Београд: Службени лист СФРЈ 45/1967. стр. 1057-1059

Одлука о условима и техничким нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени лист града Београда бр. 32/IV/83 и 5/88

Одлука о условима и техничким нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова. Београд: Службени лист града Београда бр. 12/73 и 14/73-исправка

Уредба о одржавању стамбених зграда и станова. Београд: Службени гласник РС бр. 43/93

Наредба о привременим техничким прописима о пројектовању и грађењу у станбеној изградњи по систему модуларне координације. Београд: Службени лист ФНРЈ 4/60

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. Official Journal of the European Union 14.11.2012. EN L 315 p. 1-56

DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union 18.6.2010. EN L 153 p. 13-35

DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union 31.10.2009. EN L 285 p. 10-35

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 Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union 5.6.2009. EN L 140 p. 16-62

COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy

performance requirements for buildings and building elements (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union 21.3.2012. EN L 81 p. 18-36

GUIDELINES ACCOMPANYING COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements. Official Journal of the European Union 19.4.2012. EN C 115 p. 1-28

Методологије и стандарди - Класификација врста грађевина. Београд: Републички завод за статистику Републике Србије, 2005.

Eurostat - Classification of Types of Constructions (CC), final version 15.10.1997.

http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=CC_1998&StrLanguageCode=EN&IntPcKey=2984390&StrLayoutCode=HIERARCHIC приступљено 11.10.2015.

ПРИЛОГ 1

АЛГОРИТАМ ПРОЦЕСА ОПТИМИЗАЦИЈЕ МЕРА ОБНОВЕ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

Шематски приказ процедуре

1 Утврђивање почетног стања



Потребне редукције енергетских потреба;
Оштећења елемената термичког омотача

2 Идентификација елемената термичког омотача и прелиминарна селекција степена унапређења



За сваку позицију термичког омотача утврђено је учешће у трансмисионом губицима и степен(и) унапређења који ће размотрити (0, γ_1 , γ_2 , γ_3 , γ_C); позиције које се не могу унапредити, искључују се из даљих анализа

3 Анализа појединачног учинка мера унапређења елемената термичког омотача уз анализу различитих опција унапређења



За сваку позицију P_n утврђен је S_{Pn} и D_{Pn} и одређен је приоритет (I-III)

4 Дефинисање пакета мера



Предложени пакети мера

5 Анализа предложених пакета и селекција финалног предлога

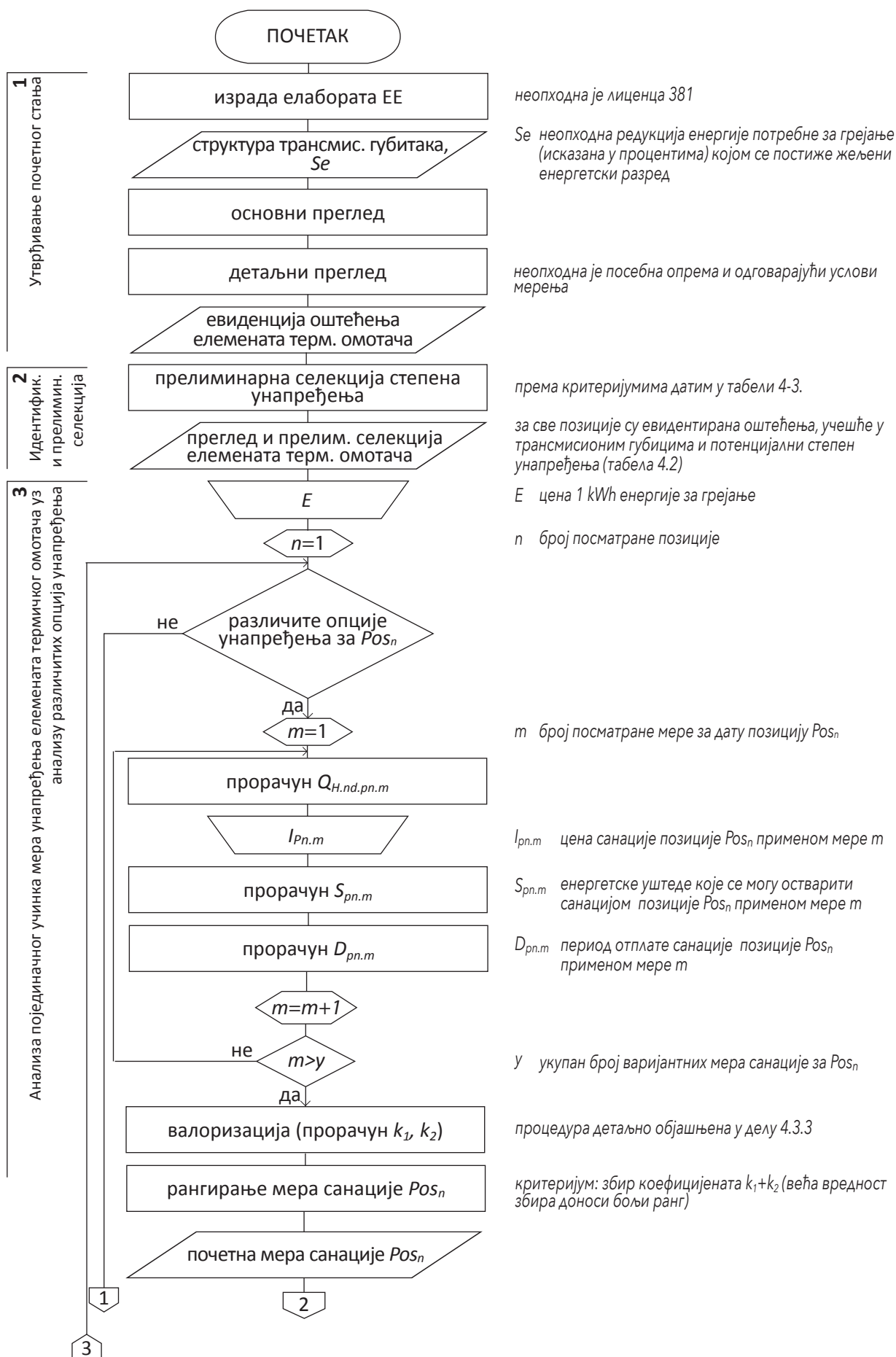


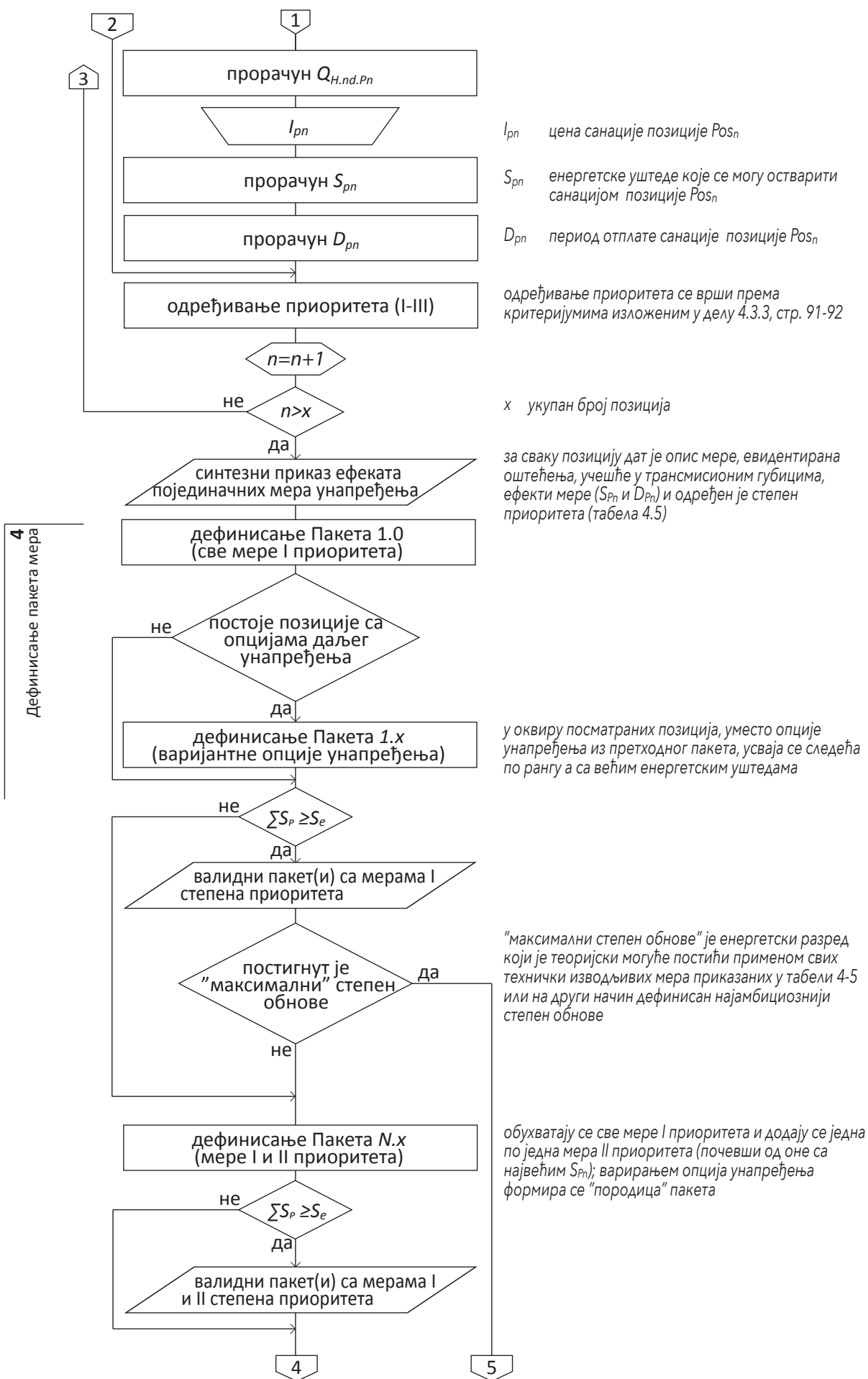
Изабран је оптималан пакет мера

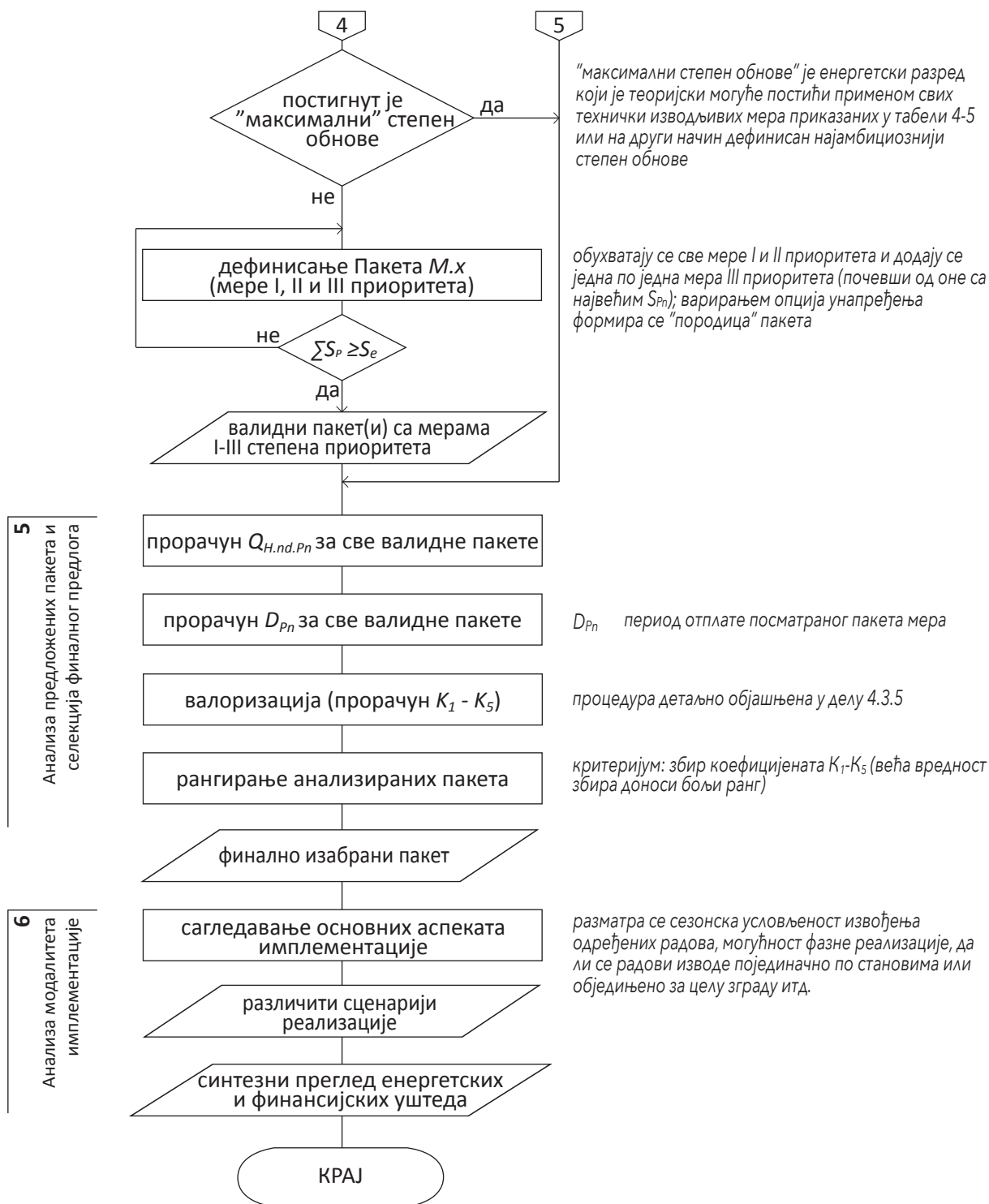
6 Анализа модалитета имплементације



Уштеде, период отплате, цена радова







ОРИЈЕНТАЦИОНЕ ЦЕНЕ ЗА ПОЈЕДИНЕ ГРУПЕ РАДОВА

Радни материјал коришћен у оквиру пројекта "Енергетска ефикасност у зградарству"

1. Београд

цене фасадне столарије од ПВЦ профила коришћене у раду су кориговане у складу са информацијама добијеним на упит, за потребе истраживања, од предузећа "ЕНЕРГОПРОЈЕКТ ВИСКОГРАДЊА" и "РЕХАУ"

цене различитих система контактних фасада са посебном декоративном коришћене у раду добијене су додавањем доплате за посебну обраду на основне цене дате у овом документу

цене за сколопове истог састава али различитих дебљина термоизолације коришћене у раду добијене су интерполацијом цена датих у овом документу

2. Централна Србија

3. Војводина

4. Југоисточна Србија

Izolacija spoljnog zida	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 200 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 200 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]
0.	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	8 cm	6.5€ izolacija +1€ tiplovi + 4€ mrežica sa lepkom + fasada materijal 3.5€ + rad za sve 6.5€ + skela 3.5€= 25€/m2	27€/m2
1.	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	10 cm	27€/m2	30€/m2
2.	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	20 cm	16€ izolacija + 4€ tiplovi + 4€ mrežica sa lepkom + fasada 3.5€ + rad 7€ +skela 3.5€= 38€/m2	41€/m2
3.	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	8 cm	18€/m2	21€/m2
4.	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	10 cm	22€/m2	25€/m2
5.	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	20 cm	28€/m2	31€/m2

Izolacija zidova sa unutrašnje strane (spoljašnji zidovi, dilatacioni zidovi, pregradni zidovi ka negrejanom, podrumski zidovi u tlu)	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće [€/m ²]	Cena za veće kuće [€/m ²]
1. Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	5 cm	5€ izolacija + 1€ tiplovi + 4€ mrezica sa lepkom i ruke + gletovanje i bojenje 4€ 14€/m²	
2. Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	10 cm	19€/m²	
3. Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	8 cm	8€ izolacija + 13€ gips sa potkonstrukcijom + gletovanje i bojenje 4€ 25€/m²	
4. Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	10 cm	27€/m²	
5. Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	15 cm	32€/m²	

Izolacija poda na tlu	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² [€/m ²]
1.	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	2 cm	4.5€ uklanjanje+12€ hidroizolacija+termoizolacija 2€ + kosuljica 7€+laminat 12€ 38€	
2.	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	5 cm	42€	
3.	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	15 cm	50€	

Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² [€/m ²]
1.	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	10 cm	8€ izolacija +1€ tiplovi + 4€ mrezica sa lepkom i ruke + gletovanje i bojenje 4€ 18€	
2.	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	15 cm	23€	
3.	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	20 cm	28€	
Izolacija ploče ka negrejanom tavanu	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m² [€/m²]	Cena za veće kuće, preko 100 m² [€/m²]
1.	prilaz tavanu moguć	10 cm	10€ izolacija +1€ parna brana + 3€ ruke 14€	
2.	prilaz tavanu moguć	15 cm	19€	
3.	prilaz tavanu moguć	20 cm	24€	
4.	prilaz tavanu moguć	25 cm	30€	
5.	prilaz tavanu moguć	30 cm	35€	
6.	prilaz tavanu nije moguć, izolacija sa donje strane	5 cm	5€ izolacija +1€ tiplovi + 4€ mrezica sa lepkom i ruke + gletovanje i bojenje 4€ 15€	

Izolacija erkera (prepusti ploča u spoljašnjem prostoru)	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 10 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 10 m ² [€/m ²]
1. Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	10 cm	10€ izolacija +1€ tiplovi + 4€ mrežica sa lepkom i ruke + fasadna obrada 4€ + skela 4€ +2€ obrade, profili 25€	
2. Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	15 cm	30€	
3. Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	20 cm	35€	
Izolacija i sanacija ravnog krova	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 50 m² [€/m²]	Cena za veće kuće, preko 50 m² [€/m²]
1. Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	10 cm	Uklanjanje 5€ + parna brana 1€+ termoizolacija 8€ + cem kos 7€ + hidroizolacija 20€ + geotekstil 3€+ sljunak 3€ + ruke 3€ +okapnice 5€ 55€	
2. Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	20 cm	65€	
3. Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	25 cm	75€	

Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Opis pozicije	Debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² [€/m ²]
1. Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	10 cm	Skidanje lamperije –gipsa i odnosenje 6€ + izolacija sa montazom 12€ + parna brana 1€+ gips sa podkonstrukcijom 13€ + gletovanje i bojenje 3€ 35€	
2. Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	20 cm	45€	

Zamena prozora		Performanse (U)	Cena za male kuće (<30 m²) [€/m²]	Cena za velike kuće (> 30 m²) [€/m²]
	Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih sa roletnama, obrada špaletni, gletovanje i bojenje, postavljanje prozorskih daski i okapnica Tip prozora:			
0.	Aluminijumski ram sa termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa vakum staklo paketom	2.1	200€	
1.	PVC – 5 komorni, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1.5	150€	
2.	PVC – 6 komorni, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1.0	160€	
3.	PVC – 6 komorni sa izolacionom ispunom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	0.8	165€	
4.	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1.5	220€	
5.	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1.0	225€	
6.	Drveni - dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1.5	220€	
7.	Drveni - troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1.0	225€	

Zamena spoljašnjih vrata		Performanse (U)	Cena za male kuće (<20 m²) [€/m²]	Cena za velike kuće (> 20 m²) [€/m²]
207	Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih, obrada špaletni, gletovanje i bojenje Tip vrata:			
1.	Aluminijumski ram sa poboljšanim termo prekidom, termoizolaciona ispuna	1.5	220€	
2.	Drvena sa termoizolacionom ispunom	1.5	220€	

3.	Vrata sertifikovana za pasivne kuće, REHAU Brilliant Design	0.8	? €	
----	---	-----	-----	--

Popis mera unapređenja EE		Region centralna Srbija	
Obrazac popunio:		Jelena Bojović	
Izvor informacija (kontaktirane kompanije)		1. Enterijer-stil, Kragujevac, Dejan Timotijević 2. Krov, Kragujevac, Goran Konstadinović 3. SG line, Kragujevac, Nenad Nestorović 4. 5.	
Izolacija zidova ometača	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 200 m² fasade (P, P+1) [€/m²] Cena za veće kuće, preko 200 m² fasade, (> P+1) [€/m²]
1 Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	8 cm	17
2 Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	10 cm	18
3 Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	20 cm	24
4 Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	8 cm	16
5 Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	10 cm	17
6 Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	20 cm	22
Izolacija zidova sa unutrašnje strane (spoljašnji zidovi, dilatacioni zidovi, pregradni zidovi ka negrejanom, podrumski zidovi u tlu)	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 200 m² fasade (P, P+1) [€/m²] Cena za veće kuće, preko 200 m² fasade, (> P+1) [€/m²]

1	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	5 cm	12	12
2	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	10 cm	14	13
3	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	8 cm	12	12
4	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	10 cm	14	13
5	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	15 cm	17	16
Izolacija poda na tlu					
1	Izolacija poda na tlu	Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	2 cm	22	21
2	Izolacija poda na tlu	Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	5 cm	24	22
3	Izolacija poda na tlu	Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	15 cm	34	32
Izolacija ploče ka negrejanom podrumu					
1	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	10 cm	16	15

2	izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	15 cm	18	16
3	izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem i toplovanjem, gletovanje i bojenje plafona	20 cm	22	20
Opis pozicije					
Izolacija ploče ka negrejanom tavanu					
1	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	10 cm	14	12
2	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	15 cm	16	15
3	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	20 cm	22	18
4	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	25 cm	27	25
5	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	30 cm	35	32
6	prilaz tavanu nije moguć, izolacija sa donje strane	Oblaganje plafona postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	5 cm	7	8
Opis pozicije					
Izolacija erkera (preпусти ploča u spoljašnjem prostoru)					
			debljina izolacije	Cena za male kuće, do 10 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 10 m ² [€/m ²]

1	Izolacija erkera	Oblaganje stirodurom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	10 cm	16	15
2	Izolacija erkera	Oblaganje stirodurom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	15 cm	18	16
3	Izolacija erkera	Oblaganje stirodurom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	20 cm	22	20
Izolacija i sanacija ravnog krova		Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 50 m² [€/m²]	Cena za veće kuće, preko 50 m² [€/m²]
1	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	10 cm	65	63
2	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	20 cm	68	65
3	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	25 cm	75	72
Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije		Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m² [€/m²]	Cena za veće kuće, preko 100 m² [€/m²]
1	Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	10 cm	20	18

2. Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	20 cm	22
		25	
Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih sa roletnama, obrada špaletni, gletovanje i bojenje, postavljanje prozorskih daski i okapnica Tip prozora:			
1	Aluminijumski ram sa termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa vakum staklo paketom	2,1	150
2	PVC – 5 komorni, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	800
3	PVC – 6 komorni, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	900
4	PVC – 6 komorni sa izolacionom ispunom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	0,8	-
5	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	220
6	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	250
7	Drveni - dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	-
8	Drveni - troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	-
Zamena spoljašnjih vrata			
Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih, obrada špaletni, gletovanje i bojenje Tip vrata:			
1	Aluminijumski ram sa poboljšanim termo prekidom, termoizolaciona ispunna	1,5	300
2	Drvena sa termoizolacionom ispunom	1,5	-
3	Vrata sertifikovana za pasivne kuće, REHAU Brilliant Design	0,8	-

Popis mera unapređenja EE		Region Vojvodine
<p>Obrazac popunio:</p> <p>DEJAN KOVAČ</p> <p>1. „Somborelektro“ d.o.o. Sombor</p> <p>2. Graditelj NS</p> <p>3.</p> <p>4.</p> <p>5.</p>		
<p>Izvor informacija (kontaktirane kompanije)</p>		
<p>Izolacija zidova omotača</p>		
	Opis pozicije	<p>debljina izolacije</p> <p>Cena za male kuće, do 200 m² fasade (P, P+1) [€/m²]</p> <p>Cena za veće kuće, preko 200 m² fasade, (> P+1) [€/m²]</p>
1	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	8 cm 21,90 20,84
2	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	10 cm 23,24 22,18
3	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	20 cm 29,91 28,85
4	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	8 cm 14,31 13,25

5	Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	10 cm	15,37	14,31
6	Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	20 cm	20,67	19,61
Izolacija zidova sa unutrašnje strane (spoljašnji zidovi, dilatacioni zidovi, pregradni zidovi ka negrejanom, podrumski zidovi u tlu)					
Opis pozicije					
1	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	5 cm	10,60	10,07
2	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	10 cm	15,42	14,89
3	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	8 cm	11,66	10,60
4	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	10 cm	15,42	14,89
5	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	15 cm	20,24	19,71

Izolacija poda na tlu	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]
1	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	2 cm	31,99	31,07
2	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	5 cm	34,69	33,77
3	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	15 cm	43,69	42,77
Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]
1	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	10 cm	15,42	14,89
2	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	15 cm	20,24	19,71

3	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem i toplovanjem, gletovanje i bojenje plafona	20 cm	25,05	24,52																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="411 199 624 875">Izolacija ploče ka negrejanom tavanu</th> <th data-bbox="411 875 624 1391">Opis pozicije</th> <th data-bbox="411 1391 624 1957">debljina izolacije</th> <th data-bbox="411 1957 624 2136">Cena za male kuće, do 100 m² fasade (P, P+1) [€/m²]</th> <th data-bbox="411 2136 624 2240">Cena za veće kuće, preko 100 m² fasade, (> P+1) [€/m²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="624 199 724 875">1</td> <td data-bbox="624 875 724 1391">prilaz tavanu moguć</td> <td data-bbox="624 1391 724 1957">Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)</td> <td data-bbox="624 1957 724 2136">10,35</td> <td data-bbox="624 2136 724 2240">9,82</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 199 825 875">2</td> <td data-bbox="724 875 825 1391">prilaz tavanu moguć</td> <td data-bbox="724 1391 825 1957">Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)</td> <td data-bbox="724 1957 825 2136">14,73</td> <td data-bbox="724 2136 825 2240">14,20</td> </tr> <tr> <td data-bbox="825 199 925 875">3</td> <td data-bbox="825 875 925 1391">prilaz tavanu moguć</td> <td data-bbox="825 1391 925 1957">Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)</td> <td data-bbox="825 1957 925 2136">19,11</td> <td data-bbox="825 2136 925 2240">18,58</td> </tr> <tr> <td data-bbox="925 199 1026 875">4</td> <td data-bbox="925 875 1026 1391">prilaz tavanu moguć</td> <td data-bbox="925 1391 1026 1957">Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)</td> <td data-bbox="925 1957 1026 2136">23,49</td> <td data-bbox="925 2136 1026 2240">22,96</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1026 199 1126 875">5</td> <td data-bbox="1026 875 1126 1391">prilaz tavanu moguć</td> <td data-bbox="1026 1391 1126 1957">Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)</td> <td data-bbox="1026 1957 1126 2136">27,87</td> <td data-bbox="1026 2136 1126 2240">27,34</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1126 199 1227 875">6</td> <td data-bbox="1126 875 1227 1391">prilaz tavanu nije moguć, izolacija sa donje strane</td> <td data-bbox="1126 1391 1227 1957">Oblaganje plafona postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona</td> <td data-bbox="1126 1957 1227 2136">10,60</td> <td data-bbox="1126 2136 1227 2240">10,07</td> </tr> </tbody> </table>						Izolacija ploče ka negrejanom tavanu	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]	1	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	10,35	9,82	2	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	14,73	14,20	3	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	19,11	18,58	4	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	23,49	22,96	5	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	27,87	27,34	6	prilaz tavanu nije moguć, izolacija sa donje strane	Oblaganje plafona postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	10,60	10,07
Izolacija ploče ka negrejanom tavanu	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]																																				
1	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	10,35	9,82																																				
2	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	14,73	14,20																																				
3	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	19,11	18,58																																				
4	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	23,49	22,96																																				
5	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	27,87	27,34																																				
6	prilaz tavanu nije moguć, izolacija sa donje strane	Oblaganje plafona postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	10,60	10,07																																				

Izolacija erkera (preпусти ploča u spoljašnjem prostoru)	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 10 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 10 m ² [€/m ²]
1 Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	10 cm	23,25	22,72
2 Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	15 cm	26,28	25,76
3 Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera	20 cm	35,52	34,99
Izolacija i sanacija ravnog krova	Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 50 m ² [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 50 m ² [€/m ²]
1 Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	10 cm	41,82	40,90
2 Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	20 cm	48,32	47,40

3	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	25 cm	51,57	50,65
Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije					
Opis pozicije					
1	Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	10 cm	14,73	14,20
2	Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	20 cm	18,34	17,81
Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih sa roletnama, obrada špaletni, gletovanje i bojenje, postavljanje prozorskih daski i okapnica					
Tip prozora:					
1	Aluminijumski ram sa termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa vakum staklo paketom		2,1	212,75	203,50
2	PVC – 5 komorni, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom		1,5	189,75	181,50
3	PVC – 6 komorni, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom		1	224,95	214,50
4	PVC – 6 komorni sa izolacionom ispunom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom		0,8	224,95	215,50

5	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	253,00	242,00
6	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	258,75	247,50
7	Drveni - dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	265,94	254,38
8	Drveni - troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	270,00	265,00
Zamena spoljašnjih vrata				
Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih, obrada špaletni, gletovanje i bojenje				
Tip vrata:				
1	Aluminijumski ram sa poboljšanim termo prekidom, termoizolaciona ispuna	1,5	212,75	203,50
2	Drvena sa termoizolacionom ispunom	1,5	265,94	254,38
3	Vrata sertifikovana za pasivne kuće, REHAU Brillant Design	0,8	450,00	450,00

NAPOMENA: PONUDA JE RAĐENA NA OSNOVU DATIH OPIISA POZICIJA. ZA KVALITETNU PONUDU POTREBNO JE: DEFINISATI TERMOIZOLACIJE (GRAMAŽE VUNE, STIROPORA I STIRODURA). POTREBNO JE DEFINISATI HIDROIZOLACIONE PREMAZE, DEBLJINE CEMENTNIH KOŠULJICA, KLASA LAMINATA I GIPS KARTONSKE PLOČE (DALI SU VATROOTPORNE ILI REDOVNE. ŠTO SE TIČE STOLARIJE POTREBNO JE DATI SHEME SA SVIM PARAMETRIMA TERMIKE.

Popis mera unapređenja EE		Region jugoistočne Srbije	
<p>Obrazac popunio:</p> <p>Izvor informacija (kontaktirane kompanije)</p>		<p>Goran Vučković</p> <p>1. BNN Ingro, Niš</p> <p>2. Winners, Niš</p> <p>3. Pro-Metan, Niš</p> <p>4. Decipol, Niš</p> <p>5. Termoefikasnost, Niš</p>	
Izolacija zidova omotača		<p>Cena za male kuće, do debljina izolacije 200 m² fasade (P, P+1) [€/m²]</p> <p>Cena za veće kuće, preko 200 m² fasade, (> P+1) [€/m²]</p>	
1	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	8 cm 16,00	15,00
2	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	10 cm 18,00	16,00
3	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade (silikatni malter)	20 cm 24,00	22,00
4	Izolacija spoljnog zida Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplovene, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	8 cm 15,00	14,00

5	Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplopane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	10 cm	17,00	15,00
6	Izolacija spoljnog zida	Fasadni sistem na bazi stiropora (EPS), sa serklažima od mineralne vune, ploče izolacije tiplopane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasade	20 cm	20,00	18,00
Izolacija zidova sa unutrašnje strane (spoljašnji zidovi, dilatacioni zidovi, pregradni zidovi ka negrejanom, podrumski zidovi u tlu)		Opis pozicije	Cena za male kuće, do debljina izolacije 200 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²] Cena za veće kuće, preko 200 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]		
1	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	5 cm	12,00	12,00
2	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Dodavanje ploča stiropora (lepljenje), gletovanje i bojenje	10 cm	14,00	13,00
3	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	8 cm	12,00	12,00
4	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	10 cm	13,00	12,00
5	Izolacija zidova sa unutrašnje strane	Oblaganje zidova gips karton pločama na potkonstrukciji (ispuna u zoni potkonstrukcije od mineralne vune) gletovanje, bojenje	15 cm	15,00	14,00

Izolacija poda na tlu	Opis pozicije	Cena za male kuće, do 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]
1	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	18,00	16,00
2	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	21,00	20,00
3	Izolacija poda na tlu Uklanjanje postojećeg poda, hidroizolacioni premaz, postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), cementna košuljica, laminatni pod	30,00	28,00
Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Opis pozicije	Cena za male kuće, do 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]
1	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	15,00	14,00
2	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	16,00	15,00

3	Izolacija ploče ka negrejanom podrumu	Oblaganje ploče ka podrumu sa donje strane postavljanjem ploča stiropora lepljenjem i toplovanjem, gletovanje i bojenje plafona	20 cm	21,00	20,00				
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="411 987 592 199">Izolacija ploče ka negrejanom tavanu</th> <th data-bbox="411 199 592 987">Opis pozicije</th> <th data-bbox="411 199 592 987">Cena za male kuće, do debljina izolacije 100 m² fasade (P, P+1) [€/m²]</th> <th data-bbox="411 199 592 987">Cena za veće kuće, preko 100 m² fasade, (> P+1) [€/m²]</th> </tr> </thead> </table>						Izolacija ploče ka negrejanom tavanu	Opis pozicije	Cena za male kuće, do debljina izolacije 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]
Izolacija ploče ka negrejanom tavanu	Opis pozicije	Cena za male kuće, do debljina izolacije 100 m ² fasade (P, P+1) [€/m ²]	Cena za veće kuće, preko 100 m ² fasade, (> P+1) [€/m ²]						
1	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	10 cm	14,00	12,00				
2	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	15 cm	15,00	14,00				
3	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	20 cm	20,00	18,00				
4	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	25 cm	25,00	22,00				
5	prilaz tavanu moguć	Postavljanje izolacionih ploča (XPS, EPS TPE)	30 cm	32,00	30,00				
6	prilaz tavanu nije moguć, izolacija sa donje strane	Oblaganje plafona postavljanjem ploča stiropora lepljenjem, gletovanje i bojenje plafona	5 cm	7,00	7,00				

Izolacija erkera (preпусти ploča u spoljašnjem prostoru)		Opis pozicije		Cena za male kuće, do 10 m ² [€/m ²]		Cena za veće kuće, preko 10 m ² [€/m ²]	
				debljina izolacije			
1	Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera		10 cm	14,00	12,00	
2	Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera		15 cm	16,00	14,00	
3	Izolacija erkera	Oblaganje stirodromom, ploče tiplovane, preko mrežica u lepku, sa završnom obradom fasadnog maltera		20 cm	18,00	16,00	
Izolacija i sanacija ravnog krova		Opis pozicije		Cena za male kuće, do 50 m ² [€/m ²]		Cena za veće kuće, preko 50 m ² [€/m ²]	
				debljina izolacije			
1	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)		10 cm	60,00	55,00	
2	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje rotije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)		20 cm	65,00	60,00	

3	Izolacija i sanacija ravnog krova	Uklanjanje postojećih slojeva, postavljanje folije (parna brana), postavljanje termoizolacije (tvrde ploče mineralne vune ili stirodura), izrada cementne košuljice (sloj za pad), izrada hidroizolacije, zaštita hidroizolacije (šljunak, geotekstil...)	25 cm	70,00	65,00
Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije		Opis pozicije	debljina izolacije	Cena za male kuće, do 100 m² [€/m²]	Cena za veće kuće, preko 100 m² [€/m²]
1	Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	10 cm	20,00	18,00
2	Dodatna izolacija kose krovne konstrukcije	Uklanjanje postojeće obloge (gips, lamperija...), postavljanje dodatne izolacije (mineralna vuna), postavljanje folije (parna brana), postavljanje gips karton ploča	20 cm	25,00	22,00
Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih sa roletnama, obrada špaletni, gletovanje i bojenje, postavljanje prozorskih daski i okapnica		Tip prozora:	Performanse (U)	Cena za male kuće (<30 m²) [€/m²]	Cena za velike kuće (> 30 m²) [€/m²]
1	Aluminijumski ram sa termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa vakum staklo paketom	Aluminijumski ram sa termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa vakum staklo	2,1	Ne zadovoljava uslove pravilnika	Ne zadovoljava uslove pravilnika
2	PVC – 5 komorni, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	PVC – 5 komorni, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	250,00	240,00
3	PVC – 6 komorni, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	PVC – 6 komorni, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	280,00	260,00
4	PVC – 6 komorni sa izolacionom ispunom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	PVC – 6 komorni sa izolacionom ispunom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	0,8	320,00	300,00

5	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	300,00	290,00
6	Aluminijumski – ram sa poboljšanim termo prekidom, troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	360,00	350,00
7	Drveni - dvoslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1,5	270,00	250,00
8	Drveni - troslojno izolaciono staklo sa ispunom od inertnog gasa (kripton, argon) i low e premazom	1	300,00	290,00
Zamena spoljašnjih vrata				
Opis pozicije: Uklanjanje postojećih, ugradnja novih, obrada špaletni, gletovanje i bojenje Tip vrata:				
1	Aluminijumski ram sa poboljšanim termo prekidom, termoizolaciona ispuna	1,5	420,00	400,00
2	Drvena sa termoizolacionom ispunom	1,5	380,00	360,00
3	Vrata sertifikovana za pasivne kuće, REHAU Brillant Design	0,8		

Cene stolarije mogu da variraju u zavisnosti od ugrađenih okova, broja zaptivnih površina i kvaliteta zaptivnih elemenata

ПРИЛОГ 3

ОБЈЕКАТ 3 - Пакети мера и вишекритеријумска анализа пакета за случај објекта са оштећењима на фасадним зидовима

ПАКЕТ 2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h\text{ an}}$ - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енер. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{ep} [%]	Период отплате D_{op} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos2_Fz1a, Pos4_Fz2 и Pos5_Fz3)	Pos(1+2+4+5)	y1 - контактна фасада са термоизолацијом 8cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	111,80	E	2196,25	32	18,74	5,20	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	135,99	E	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	135,88	E	280,45	60	1,24	18,77	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз $U_w=1W/m^2K$	86,63	D	1341,30	190	37,04	9,54	I
УКУПНО ПАКЕТ 2			57,54	C			58,18	8,49	

ПАКЕТ 2-1

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h\text{ an}}$ - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енер. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{ep} [%]	Период отплате D_{op} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos2_Fz1a, Pos4_Fz2 и Pos5_Fz3)	Pos(1+2+4+5)	y2.1 - контактна фасада са термоизолацијом 10cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	110,71	E	2196,25	35	19,54	5,45	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	135,99	E	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	135,88	E	280,45	60	1,24	18,77	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз $U_w=1W/m^2K$	86,63	D	1341,30	190	37,04	9,54	I
УКУПНО ПАКЕТ 2.1			56,44	C			58,98	8,53	

ПАКЕТ 2-2

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енер. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{пр} [%]	Период отплате D _{пр} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos2_Fz1a, Pos4_Fz2 и Pos5_Fz3)	Pos(1+2+4+5)	y2.2 - контактна фасада са термоизолацијом 12cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	109,91	E	2196,25	37	20,12	5,60	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	135,99	E	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	135,88	E	280,45	60	1,24	18,77	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1W/m ² K	86,63	D	1341,30	190	37,04	9,54	I
УКУПНО ПАКЕТ 2.2			55,65	C			59,55	8,55	

ПАКЕТ 2-3

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	Q _{h an} - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енер. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S _{пр} [%]	Период отплате D _{пр} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos2_Fz1a, Pos4_Fz2 и Pos5_Fz3)	Pos(1+2+4+5)	y2.3 - контактна фасада са термоизолацијом 15cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	109,05	E	2196,25	40	20,74	5,87	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	135,99	E	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	135,88	E	280,45	60	1,24	18,77	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	y3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз Uw=1W/m ² K	86,63	D	1341,30	190	37,04	9,54	I
УКУПНО ПАКЕТ 2.3			54,78	C			60,19	8,61	

ПАКЕТ 2-4

Опис елемента / система	Ознака позиције	Опис предложене мере	$Q_{h,an}$ - само 1 мера [kWh/m ² a]	Енер. разред	Површина [m ²]	Јед. цена [€]	Ефекти мере		Приоритет (I, II, III)
							Уштеда енергије S_{pnl} [%]	Период отплате D_{pnl} [год.]	
Фасадни зидови (обједињене позиције Pos1_Fz1, Pos2_Fz1a, Pos4_Fz2 и Pos5_Fz3)	Pos(1+2+4+5)	у3 - контактна фасада са термоизолацијом 20cm (камена вуна) и посебном декоративном обрадом	108,13	E	2196,25	45	21,41	6,40	I
Раван кров изнад грејаног простора - проходан кров	Pos6_Rk1	XPS 16cm, поплочање	135,99	E	198,95	72	1,16	17,08	I
Раван кров изнад грејаног простора - непроходан кров (обједињене позиције Pos7_Rk2 и Pos8_Rk3)	Pos(7+8)	16cm, шљунак	135,88	E	280,45	60	1,24	18,77	I
Прозори и балконска врата грејаних просторија	Pos10_Pz1	у3 - ПВЦ шестокоморни, трослојно стакло са испуном од инертног гаса, нискоемис. премаз $U_w=1W/m^2K$	86,63	D	1341,30	190	37,04	9,54	I
УКУПНО ПАКЕТ 2.4			53,87	C			60,85	8,77	

Пакет	Опис	$Q_{H,nd,Pn}$ [kWh/m ² a]	Период отплате D_{Pn} [год.]	Број позиција N_{Pn}	Могућа фазна реализација	Ен. разред	Валоризација						Ранг
							K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Σ_k	
Пакет 1	санација равног крова и замена прозора	83,33	10,05	3	0	D	0,65	0,84	1,00	0,00	1,00	3,491	6
Пакет 2	Пакет 1 + фасадни зидови (Pos 1, 2, 4, 5), опција у1	57,54	8,49	4	0	C	0,94	1,00	0,75	0,00	1,20	3,886	5
Пакет 2.1	Пакет 1 + фасадни зидови (Pos 1, 2, 4, 5), опција у2.1	56,44	8,53	4	0	C	0,95	1,00	0,75	0,00	1,20	3,900	4
Пакет 2.2	Пакет 1 + фасадни зидови (Pos 1, 2, 4, 5), опција у2.2	55,65	8,55	4	0	C	0,97	0,99	0,75	0,00	1,20	3,911	3
Пакет 2.3	Пакет 1 + фасадни зидови (Pos 1, 2, 4, 5), опција у2.3	54,78	8,61	4	0	C	0,98	0,99	0,75	0,00	1,20	3,919	1
Пакет 2.4	Пакет 1 + фасадни зидови (Pos 1, 2, 4, 5), опција у3	53,87	8,77	4	0	C	1,00	0,97	0,75	0,00	1,20	3,918	2

БИОГРАФИЈА

Наташа Ђуковић Игњатовић (1969) је дипломирала на Архитектонском факултету Универзитета у Београду 1996. где је и магистрирала 2009. године. Ради као доцент на Архитектонском факултету у Београду и гостујући је наставник на Факултету техничких наука у Косовској Митровици.

Њена професионална и научна интересовања оријентисана су питањима зелене архитектуре и обнови зграда. Новија искуства односе се на област процене зелених зграда, стратешке анализе постојећег грађевинског фонда и истраживање одрживих модалитета унапређења зграда. Тренутно је ангажована као руководилац пројекта испред Универзитета у Београду на међународном *ERASMUS+* пројекту *KLABS* (2015-2018), и као истраживач на националним научноистраживачким пројектима *Истраживање и систематизација стамбене изградње у Србији у контексту глобализације и европских интеграција у циљу унапређења квалитета и стандарда становања* (2011-2016) и *Истраживање и развој обновљивих субгеотермалних подземних водних ресурса у концепту повећања енергетске ефикасности у зградарству* (ТР 33053, 2011-2016).

Као истраживач, учествовала је од 2002. године у бројним националним и међународним научноистраживачким пројектима и студијама.

Новије публикације укључују монографије националног значаја *Фасада – адаптације и трансформације* (2010), *Атлас породичног становања у Србији* (са групом аутора, 2012.), *Атлас стамбених зграда Србије* (са групом аутора, 2013), *Национална типологија стамбених зграда Србије* (са групом аутора, 2013.) и публикацију *Use-Re-Use: New Belgrade* (са Д. Игњатовићем, 2014.) представљену оквиру 14. Бијенала у Венецији. Аутор је бројних радова објављених у међународним и домаћим научним часописима; учествовала је на великом броју међународних конференција где је презентовала радове у пленарним и специјализованим сесијама.

Пројектовала је бројне објекте различитих намена у разноврсним климатским и културолошким контекстима (Габон, Екваторијална Гвинеја, Србија, Црна Гора, Русија, Грчка). Своја остварења излагала је на више од 15 групних изложби са међународном селекцијом, као и на самосталној ауторској изложби 2012. године. Учествовала је и била награђивана на већем броју националних и међународних архитектонских конкурса.

Професионалне лиценце:

одговорни пројектант (лиценца 300, од 2002. године)

одговорни инжењер енергетске ефикасности (лиценца 381, од 2013. године)

LEED AP BD+C (од 2012.)

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Наташа Ђуковић Игњатовић

број индекса _____

Изјављујем


да је докторска дисертација под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА МЕРА ОБНОВЕ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

- 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, 27.4.2016.



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Наташа Ђуковић Игњатовић

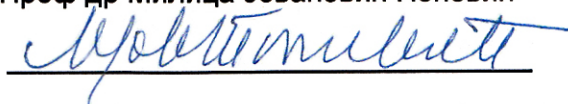
Број индекса

Студијски програм

Наслов рада ОПТИМИЗАЦИЈА МЕРА ОБНОВЕ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА
У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

Ментор Проф др Милица Јовановић Поповић

Потписани/а



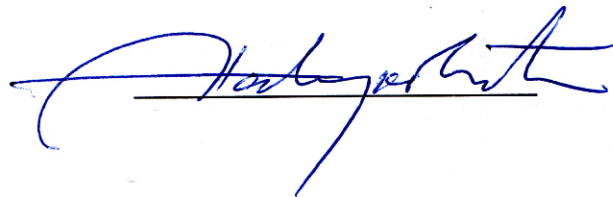
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

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, 27.4.2016.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ОПТИМИЗАЦИЈА МЕРА ОБНОВЕ СТАМБЕНИХ ЗГРАДА У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

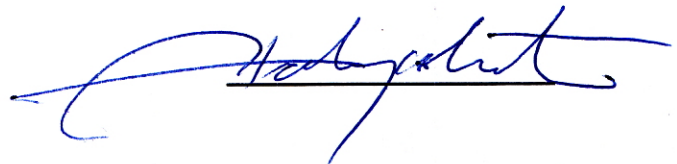
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 27.4.2016.



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.