

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

мр Оливера В. Илић Мартиновић, дипл. инж. арх.

**ТРАНСПОНОВАЊЕ
ТРАДИЦИОНАЛНИХ
АРХИТЕКТОНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА У
ОБЈЕКТЕ ИНДИВИДУАЛНОГ
СТАНОВАЊА СА АСПЕКТА
ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ**

Докторска дисертација

Београд, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Olivera Ilić Martinović, Master of Architectural Sciences

**TRANSPOSITION OF TRADITIONAL
ARCHITECTURAL ELEMENTS IN
BUILDINGS FOR INDIVIDUAL HOUSING
FROM THE ASPECT OF ENERGY
EFFICIENCY**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Београд, 2016

Ментор:

Проф. др Александра Крстић-Фурунџић, дипл. инж. арх., редовни професор
Архитектонског факултета Универзитета у Београду

Чланови комисије:

- проф. др Александра Крстић-Фурунџић, дипл. инж. арх.,
редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду,
- в. проф. др Јелена Ивановић Шекуларац, дипл. инж. арх.,
ванредни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду,
- проф. др Нађа Куртовић Фолић, дипл. инж. арх.,
редовни професор Техничког факултета Универзитета у Новом Саду,

Датум одбране:

Датум промоције:

ДЕПАРТМАН ЗА АРХИТЕКТОНСКЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

УДК: 728.6:620.9(043.3)

**ТРАНСПОНОВАЊЕ ТРАДИЦИОНАЛНИХ АРХИТЕКТОНСКИХ
ЕЛЕМЕНАТА У ОБЈЕКТЕ ИНДИВИДУАЛНОГ СТАНОВАЊА СА
АСПЕКТА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ**

кандидат:

мр Оливера Илић Мартиновић, дипл. инж. арх.

Апстракт: Стратегија докторске дисертације је израда комплетне анализе космајских насеља са аспекта унапређења изградње енергетски ефикасних објеката.

У том циљу анализирани су сви кључни аспекти неопходни за пројектовање.

Потенцијали и ограничења разматрани су кроз:

- законске регулативе са којима је неопходно ускладити изградњу и реконструкцију објеката,
- климатске услове обрађиваног подручја, који су неопходни у планирању стратегија изградње,
- снимак постојећег стамбеног фонда,
- културни идентитет кроз наслеђе традиционалних објеката.

Кроз анализу традиционалног објекта, репрезентативног модела постојећег стамбеног фонда и хипотетичког модела, новопројектованог објекта путем софтвера за анализу енергетских перформанси изведени су закључци и дате практичне смернице у реконструкцији постојећих и изградњи нових објеката.

Рад се фокусира на испитивању и примени елемената традиционалне архитектуре у циљу унапређења енергетских перформанси нових и постојећих објеката.

Кључне речи: традиционални стамбени објекти, традиционални материјали, енергетски ефикасни објекти, реконструкција у циљу формирања енергетски ефикасног објекта

DEPARTMENT OF ARCHITECTURAL TECHNOLOGY

UDK: 728.6:620.9(043.3)

TRANSPOSITION OF TRADITIONAL ARCHITECTURAL ELEMENTS IN BUILDINGS FOR INDIVIDUAL HOUSING FROM THE ASPECT OF ENERGY EFFICIENCY

candidate:

Olivera Ilić Martinović, Master of Architectural Sciences

Abstract: The strategy of the research paper is to conduct analysis of buildings for individual housing from the aspect of promotion of energetically efficient buildings construction. With that as a goal, all key aspects essential for design were analysed, such as:

- government regulative necessary to comply with when constructing and reconstructing a building,
- climate conditions of the given area necessary in planning the strategy of construction,
- the record of existing housing fund,
- cultural identity through heritage of traditional buildings.

Through analysis of a traditional building, a representative model of the existing housing fund and hypothetical model- newly designed building, via software for analysis of energetic performances, the conclusions have been made and practical guidelines were given in the reconstruction of the existing and construction of new buildings based on tested scientific proofs. The work is focused on investigation and application of the elements of traditional architecture with a goal to improve energetic performances of new and existing buildings.

Key words: traditional detached houses, traditional materials, energy efficient buildings, reconstruction in order to form an energy efficient buildings

САДРЖАЈ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

ТРАНСПОНОВАЊЕ ТРАДИЦИОНАЛНИХ АРХИТЕКТОНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА У ОБЈЕКТЕ ИНДИВИДУАЛНОГ СТАНОВАЊА СА АСПЕКТА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

Садржај.....	IV
Списак слика.....	X
Списак табела.....	XIII
Списак дијаграма.....	XVIII
Списак слика, табела и дијаграма садржаних у прилозима.....	XX
Објашњење скраћеница.....	XXIV
Физичке величине, ознаке, јединице и индекси.....	XXV

1.0 УВОД

1.1 Проблем и предмет истраживања.....	1
1.2 Научни циљ истраживања.....	3
1.3 Претходна анализа информација о предмету истраживања.....	4
1.4 Задаци истраживања.....	13
1.5 Основне полазне хипотезе.....	14
1.6 Научне методе истраживања.....	15
1.7 Резултати истраживања и њихова примена.....	16
1.8 Преглед садржаја дисертације.....	19

2.0 АНАЛИЗА УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА ИСТРАЖИВАЊА

2.1 Географске карактеристике Шумадије.....	21
2.1.1 Положај.....	21
2.1.2 Клима и пројекције климе.....	23
2.1.3 Квалитет ваздуха.....	26
2.2 Космајска област.....	28

2.2.1 Географске карактеристике космајских насеља	28
2.2.2 Врсте положаја насеља	29
2.2.3 Климатске карактеристике града Младеновца	31
2.2.4 Климатске карактеристике града Сопота	34
2.3 Законска регулатива, правилници, стандарди и стратегије у области енергетске ефикасности стамбених објеката.....	37
2.3.1 Стандарди у РС за стамбене објекте	37
2.3.2. Стандард нискоенергетске и пасивне куће.....	44
2.4 Критички осврт на регулативе у области енергетске ефикасности у Србији	47
2.5 Мере енергетски ефикасне архитектуре	49
2.5.1 Утицај микроокружења на термални комфор зграде	50
2.5.2 Оријентација.....	50
2.5.3 Прегревање	51
2.5.3.1 Пасивни системи за хлађење	55
2.5.4 Термичка маса	56
2.5.5 Вентилација	62
2.5.6 Топлотни мостови.....	66
2.6 Методолошки поступак у процесу процене енергетских перформанси анализираних објеката.....	67
2.6.1 Аналитички алат - софтвер за обављање параметарских анализа (PHPP)	67

3.0 ТРАДИЦИОНАЛНА СТАМБЕНА АРХИТЕКТУРА ШУМАДИЈСКОГ ПОДРУЧЈА СА ЕНЕРГЕТСКОГ АСПЕКТА

3.1 Историјски приказ типова традиционалних стамбених објеката шумадјског подручја.....	71
3.1.1 Основни функционални елементи куће	76
3.1.2 Основни конструктивни елементи куће	77
3.1.3 Репрезентативни објекти традиционалне архитектуре	78
3.2 Анализа традиционалних стамбених објеката космајских насеља са	

енергетског аспекта	79
3.2.1 Типолошка анализа репрезентативних традиционалних стамбених објеката космајских насеља	79
3.2.1.1 Позиција објекта на локацији, оријентација	83
3.2.1.2 Вентилација	84
3.2.2 Традиционални материјали.....	85
3.2.3 Утицај архитектонских елемената традиционалне архитектуре на природно термичко загревање, хлађење и вентилацију објекта	88
3.2.3.1 Зидови, таванице, подови.....	88
3.2.3.2 Кров и кровна конструкција	92
3.2.3.3 Трем и доклат	94
3.2.3.4 Прозори.....	98
3.2.3.5 Врата.....	101
3.2.4 Упоредна анализа енергетских перформанси традиционалних стамбених објеката	104
3.3 Критеријуми за одабир референтног модела	106
3.4 Анализа референтног модела, куће породице Жујовић са енергетског аспекта	106
3.5 Поуке архитектуре прошлости	112

4.0 АНАЛИЗА МОДЕЛА САВРЕМЕНИХ ИНДИВИДУАЛНИХ СТАМБЕНИХ ОБЈЕКТА КОСМАЈСКЕ ОБЛАСТИ СА ЕНЕРГЕТСКОГ АСПЕКТА

4.1 Стамбени фонд космајских насеља	114
4.1.1 Структура станова.....	116
4.2 Типови савремених индивидуалних стамбених објеката космајских насеља	119
4.2.1 Развој савремене куће.....	119
4.2.2 Енергетске перформансе индивидуалних стамбених објеката космајских насеља	123
4.2.2.1 Позиција објекта на локацији, оријентација и облик	127

4.2.2.2 Материјали	130
4.2.2.3 Потенцијал термичке масе	133
4.2.2.4 Вентилација, заптивеност и влага	136
4.2.2.5 Топлотни комфор у току сезоне грејања и хлађења	137
4.3. Ограничења и потенцијали унапређења енергетских перформанси стамбеног фонда космајских насеља.....	144
4.4 Критеријуми за одабир репрезентативног модела	145
4.5 Анализа репрезентативног модела постојећег индивидуалног стамбеног објекта са енергетског аспекта	145
4.6 Процена стамбеног фонда космајских насеља.....	151

5.0 АНАЛИЗА УТИЦАЈА ЕЛЕМЕНАТА ТРАДИЦИОНАЛНЕ АРХИТЕКТУРЕ НА САВРЕМЕНУ СТАМБЕНУ АРХИТЕКТУРУ СА ЕНЕРГЕТСКОГ АСПЕКТА

5.1 Креативни поступци интерпретације традиционалне архитектуре у савременом изразу	152
5.1.1 Елементи традиционалне архитектуре - потенцијал транспоновања ...	154
5.2 Енергетска реконструкција	158
5.3 Дефинисање, анализа и оцена енергетских перформанси хипотетичких референтних модела	161
5.3.1 Енергетска реконструкција постојећег индивидуалног стамбеног објекта	163
5.3.1.1 Упоредна анализа варијанти унапређења енергетских преформанси.....	172
5.3.1.2 Анализа инвестиционих и експлоатационих трошкова реконструкције	175
5.3.2 Анализа новопроектваног стамбеног објекта - хипотетичког модела	176
5.3.2.1 Утицај крова и кровне стрехе н енергетске перформансе објекта.....	179
5.3.2.2 Утицај трема на енергетске перформансе објекта.....	186
5.3.2.3 Утицај прозора и застора на енергетске перформансе објекта	187

5.3.2.4 Упоредни приказ примене конвенционалних и традиционалних материјала	190
5.3.2.5 Енергетске перформансе објекта према пројекцијама климе.....	196

6.0 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

6.1 Основни закључци и формирање препорука	197
6.2 Провера и образложење научних хипотеза	205
6.3 Ограничења у постизању енергетски ефикасних кућа	209
6.4 Даља истраживања	210

Литература	212
Коришћени сајтови	221

Прилози:

Прилог 1. Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела, куће породице Жујовић, Неменикуће	222
Прилог 2. Стамбени фонд космајских насеља	224
Прилог 3. Стамбени фонд општине Младеновац	225
Прилог 4. Стамбени фонд општине Сопот.....	227
Прилог 5. Структура станова	230
Прилог 6. Површина стана према лицу	231
Прилог 7. Развој савремене куће	232
Прилог 8. Систем грејања и врста енергената за грејање	238
Прилог 9. Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела, куће зидане 1972. године.....	238
Прилог 10. Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела, хипотетичког модела, спратности П+0.....	240
Прилог 11. Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела, хипотетичког модела, спратности П+Пк.....	242

Биографија аутора	244
Изјава о ауторству.....	248
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада.....	249
Изјава о коришћењу.....	250

Списак слика:

Сл. 1. *Карта Шумадије* - извор: bs.wikipedia.org

Сл. 2. *Фотографски приказ рељефних карактеристика Шумадије*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 3. *Карта космајске области*, извор: Дробњаковић, Б., *Космај, 2004. репринт издања Насеља и порекло становништва, 2004.*

Сл. 4. *Коефицијенти пролаза топлоте према стандарду РС и стандарду пасивне куће*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 5. *Природни начини вентилације, путем прозорских отвора*, извор: CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006.

Сл. 6. *Брвнара са бацама и капићем*, извор: Цвијић, Јован., Балканско полуострво, САНУ, Београд, 2000.

Сл. 7. *Полубрвнара, получатмара*, извор: Дероко, Александар., Народно неимарство, САНУ, Београд, 1968.

Сл. 8. *Конструкција бондручаре*, извор: Дероко, Александар., Народно неимарство, САНУ, Београд, 1968.

Сл. 9. *Приземљуша*, извор: Дероко, Александар., Народно неимарство, САНУ, Београд, 1968.

Сл. 10. *Моравска кућа*, извор: Дероко, Александар., Народно неимарство, САНУ, Београд, 1968.

Сл. 11. *Локације анализираних, традиционалних стамбених објеката*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 12. *Унутрашњи изглед димњака, кућа Жујовића*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 13. *Димњак - капић, кућа Жујовића*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 14. *Зид са испуном од опеке, кућа породице Петровић, Слатина*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 15. *Зид са испуном од чатме, кућа породице Ковачевић, Амерић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

- Сл. 16. *Таваница изнад собе, кућа породице Жујовић, Неменикуће*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 17. *Таваница изнад подрума, кућа породице Петровић, Слатина*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 18. *Сенчење зида испутом кровне стрехе* извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 19. *Основа подрума, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 20. *Основа приземља, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 21. *Изглед фасаде, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 22. *Основа подрума, кућа породице Петровић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 23. *Основа приземља, кућа породице Петровић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 24. *Изглед фасаде, кућа породице Петровић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 25. *Фотографски снимак доксата, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 26. *Фотографски снимак трема, кућа породице Петровић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 27. *Осунчање, јул месец у 8 h, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 28. *Осунчање, јул месец у 13 h, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 29. *Осунчање, јул месец у 18 h, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 30. *Осунчање, јануар месец у 8 h, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић
- Сл. 31. *Осунчање, јануар месец у 13 h, кућа породице Жујовић*, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

- Сл. 32. *Осунчање, јануар месец у 16 h, кућа породице Жујовић, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 33. *Локације анализираних, слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 34. *Осунчање, јул месец у 8 h, кућа грађена 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 35. *Осунчање, јул месец у 13 h, кућа грађена 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 36. *Осунчање, јул месец у 18 h, кућа грађена 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 37. *Осунчање, јануар месец у 8:30 h, кућа грађена 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 38. *Осунчање, јануар месец у 13 h, кућа грађена 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 39. *Осунчање, јануар месец у 16 h, кућа грађена 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 40. *Примена косог крова у традиционалном и савременом стамбеном објекту, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 41. *Трем, традиционални и савремен архитектонски елемент, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 42. *Примена камена у традиционалном и савременом стамбеном објекту, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 43. *Хипотетички модел, осунчање, јул месец у 8 h, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 44. *Хипотетички модел, осунчање, јул месец у 13 h, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 45. *Хипотетички модел, осунчање, јул месец у 18 h, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 46. *Хипотетички модел, осунчање, јануар месец у 9:15 h, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*
- Сл. 47. *Хипотетички модел, осунчање, јануар месец у 13 h, извор: мр Оливера Илић Мартиновић*

Сл. 48. *Хипотетички модел, осунчање, јануар месец у 16 h,*
извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Списак табела:

Табела 1. Табеларни приказ климатских података за поједине градове Шумадије за 2014. годину, извор: Република Србија Републички хидрометеоролошки завод годишњак 1. климатолошки подаци 2014.

Табела 2. Климатски подаци за Младеновац, софтвер Meteororm

Табела 3. Климатски подаци за Сопот, софтвер Meteororm

Табела 4. Енергетски разреди за стамбене зграде, извор: Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011 и 3/2012

Табела 5. Максималне дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, $U_{tax} [W/(m^2 \times K)]$, за елементе термичког омотача за постојеће зграде, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011

Табела 6. Максималне дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, $U_{tax} [W/(m^2 \times K)]$, за елементе термичког омотача за нове зграде, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011

Табела 7. Број степен дана за грејање и средња температура грејног периода за град Београд, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011

Табела 8. Табеларни приказ спољних пројектних температура за град Београд, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011

Табела 9. Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011

Табела 10. Специфичне емисије CO_2 за поједине врсте енергената, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011

Табела 11. Табеларни приказ прописане потрошње енергије за станове у европским државама, извор: Sand, Henrik., Hjorth Lorenzen, Kirstine., Burgos Nittegaard, Christina. COWI A/S *Survey of green legislation and standards in the construction area in the Nordic countries*, Nordic Innovation Publication, Nordic

Innovation, Stensberggata 25, NO-0170 Oslo, Norway, 2012., Правилник о енергетској ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011, http://www.frenchproperty.com/news/build_renovation_france/energy_standard_rt201, *Ilete labeling and certification guide part A - European scenario*, Provincia Autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per l'Energia June 2010.

Табела 12. Параметри термичке масе, према SAP- у, извор: SAP 2012, The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013.

Табела 13. Варијације температуре услед различитих параметара термичке масе и површине стакла, извор: CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006.

Табела 14. Ефекти вентилације у односу на температуру и начин постављања отвора, извор: CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006.

Табела 15. Ефекти вентилације у према отварању прозора, извор: CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006.

Табела 16. Број измена ваздуха према важећем српском стандарду, за појединачне породичне куће са природном вентилацијом, извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС бр. 61/2011)

Табела 17. Приказ типова репрезентативних традиционалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 18. Табеларни приказ вредности топлотне проводљивости ћерпича, извор: J.D. Revuelta-Acosta, A. Garcia-Diaz, G.M. Soto-Zarazua and E. Rico-Garcia, Adobe as a Sustainable material: A Thermal Performance, Division de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingenieria, Universidad Autonoma de Queretaro CP, Queretaro Mexico, Journal of Applied Sciences 10(19):2211-2216, 2010 ISSN 1812- 5654

Табела 19. Табеларни приказ вредности топлотне проводљивости традиционалних материјала на бази земље, извор: Радивојевић, Ана., Traditional

rural houses in Serbia – thermal performances and potential for energy retrofit, архитектонски факултет универзитета у Београд,

<http://www.biovernacular.ac.cy/images/media/file/Ana%20Radivojevic.pdf>

Табела 20. Табеларни приказ вредности топлотне проводљивости традиционалних материјала, извор: Goodhew, S., Griffiths, R., Sustainable earth walls to meet the building regulations, a School of Civil Engineering, University of Plymouth, Reynolds Building, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK, 2004.

Табела 21. Елементи термичког омотача репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 22. Карактеристике кровова репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 23. Типови прозора у репрезентативним традиционалним стамбеним објектима космајских насеља извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 24. Типови врата, крила у репрезентативним традиционалним стамбеним објектима космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 25. Потребна енергија за грејање репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 26. Ситуација, изглед и енергетске перформансе референтног модела куће породице Жујовић, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 27. Станови према врсти зграде у којој се налазе, настањености и типу насеља, за општине космајских насеља, извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 28. Хронолошки приказ развоја типова слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 29. Приказ елемената термичког омотача слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

*Табела 30. Термичке карактеристике грађевинских материјала, извор: De Saulles, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012.*

Табела 31. Потребна енергија за грејање и хлађење слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 32. Табеларни приказ ограничења и потенцијала енергетских перформанси стамбеног фонда космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 33. Енергетске перформансе куће грађене 1972. године, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 34. Утицај мера унапређења 1 на енергетске перформансе куће, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 35. Утицај мера унапређења 2 на енергетске перформансе куће, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 36. Утицај мера унапређења 3 на енергетске перформансе куће, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 37. Енергетске перформансе реконструисаног објекта према мерама унапређења и сценарију пораста температура за 2050. годину, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 38. Утицај дебљине изолације на фреквентност прегревања, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 39. Утицај положаја изолације на ефекте термалне масе, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 40. Утицај дебљине изолације зида на смањење емисије CO₂, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 41. Утицај дебљине изолације крова на смањење емисије CO₂, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 42. Утицај дебљине изолације подне плоче на смањење емисије CO₂, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 43. Утицај мера унапређења на смањење потребне примарне енергији за грејање и хлађење и на смањење емисије CO₂

Табела 44. Инвестициони трошкови мера унапређења, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 45. Временски период отплате инвестиције, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 46. Ситуација, основе и пресек хипотетичког модела, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 47. Структура стана, хипотетичког модела, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 48. Упоредна анализа енергетских перформанси објекта у случају коришћења и не коришћења поткровне етаже, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 49. Упоредна анализа енергетских перформанси објекта П+0 према оријентацији трема, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 50. Утицај елемената сенчења на потребну енергију за хлађење и фреквентност прегревања, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 51. Утицај застора на коефицијент пролаза топлоте прозора, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 52. Карактеристике материјала са аспекта утицаја на животну средину, извор: Fernandes, J., Mateus R. & Bragança, L., The potential of vernacular materials to the sustainable building design, Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development – Correia, Carlos & Rocha (Eds) 2014. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00083-4

Табела 53. Упоредна анализа елемената термичког омотача, изведених конвенционалним и традиционалним материјалима, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 54. Упоредна анализа хипотетичког модела П+0, изведеног традиционалним и конвенционалним материјалима, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Табела 55. Упоредна анализа хипотетичког модела П+0, према климатским подацима за општину Сопот, Младеновац и према прогнозама за 2050. годину, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Списак дијаграма:

- Дијаграм 1. Инсолација за општину Младеновац, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 2. Дневне максималне и минималне температуре за Младеновац, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 3. Месечне температуре за Младеновац, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 4. Количине падавина за Младеновац, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 5. Инсолација за општину Сопот, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 6. Дневне максималне и минималне температуре за Сопот, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 7. Месечне температуре за Сопот, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 8. Количине падавина за Сопот, извор: софтвер Meteororm*
- Дијаграм 9. Потребна енергија за грејање по месецима, куће породице Жујевић, извор: софтвер RHPP 2007*
- Дијаграм 10. Потребна енергија за хлађење по месецима, куће породице Жујевић, извор: софтвер RHPP 2007*
- Дијаграм 11. Удео станова према положају стана у згради, Младеновац и Сопот, извор: аутор на основу података РЗС РС, Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.*
- Дијаграм 12. Удео станова према броју соба, Младеновац и Сопот, извор: аутор на основу података РЗС РС, Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и домаћинства, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013.*
- Дијаграм 13. Удео станова према површини стана по лицу, Младеновац и Сопот, извор: аутор на основу података РЗС РС, Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и*

домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013.

Дијаграм 14. Заступљеност слободностојећих индивидуалних стамбених објеката у укупном стамбеном фонду космајских насеља према години изградње и репрезентативном типу, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 15. Удео врсте енергената у грејању станова космајских насеља, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 16. Заступљеност типова слободностојећих индивидуалних стамбених објеката према потрошњи енергије за грејање, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 17. Потребна енергија за грејање по месецима, за кућу грађену 1972. године, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 18. Потребна енергија за хлађење по месецима, за кућу грађену 1972. године, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 19. Потребна енергија за грејање, мере унапређења 1, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 20. Потребна енергија за грејање, мере унапређења 2, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 21. Потребна енергија за грејање, мере унапређења 3, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 22. Потребна енергија за хлађење, мере унапређења 1, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 23. Потребна енергија за хлађење, мере унапређења 2, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 24. Потребна енергија за хлађење, мере унапређења 3, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 25. Утицај дебљине изолације зида на смањење потребне енергији за грејање, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 26. Утицај дебљине изолације крова на смањење потребне енергији за грејање, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 27. Утицај дебљине изолације подне плоче на смањење потребне енергији за грејање, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 28. Потребна енергија за грејање по месецима, за новопројектовани објекат спратности П+0, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 29. Потребна енергија за хлађење по месецима, за новопројектовани објекат спратности П+0, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 30. Потребна енергија за грејање по месецима, за новопројектовани објекат спратности П+Пк, извор: софтвер РНРР 2007

Дијаграм 31. Потребна енергија за хлађење по месецима, за новопројектовани објекат спратности П+Пк, извор: софтвер РНРР 2007

Списак слика, табела и дијаграма садржаних у прилозима:

Прилог 2

Табела 1. Стамбене јединице према броју домаћинстава и лица за општину Младеновац, извор: Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, Београд 2013.

Табела 2. Стамбене јединице према броју домаћинстава и лица за општину Сопот извор: Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, Београд 2013.

Прилог 3

Табела 1. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за сва насеља општине Младеновац, извор: Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 2. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за градска насеља општине Младеновац, извор: Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 3. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за остала насеља општине Младеновац, извор: Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде,

Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 4. Заступљеност станова са једном стамбеном јединицом и станова према материјалу спољних зидова и години изградње, за насеља општине Младеновац, извор: аутор на основу података РЗС РС, Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Прилог 4

Табела 1. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за сва насеља општине Сопот, извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 2. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за градска насеља општине Сопот, извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 3. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за остала насеља општине Сопот, извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Табела 4. Заступљеност станова са једном стамбеном јединицом и станова према материјалу спољних зидова и години изградње, за насеља општине Сопот, извор: аутор на основу података РЗС РС, Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.

Прилог 5

Табела 1. Настањени станови према броју соба, домаћинстава и лица, за општину Младеновац, извор: Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013.

Табела 2. Настањени станови према броју соба, домаћинстава и лица, за општину Сопот, извор: Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013

Прилог 6

Табела 1. Настањени станови према површини стана по лицу, за општину Младеновац и Сопот, извор: извор: Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013.

Прилог 7

Сл. 1. Кућа у бондрук конструкцији, покривач - бибер цреп, Влашка, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 2. Куће из шездесетих година, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 3. Кућа из седамдесетих година, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 4. Кућа по узору на модерну, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 5. Куће у низу, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 6. Реконструкција по узору на народно немарство, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 7. Реконструкција дунђерске куће, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Сл. 8. Реконструкција куће из седамдесетих, Младеновац, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Прилог 8

Табела 1. Настањени станови са централним грејањем и према врсти енергената за грејање извор: Станови према врсти енергената за грејање, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-084-4, Београд 2013.

Табела 2. Настањени станови са етажним грејањем према врсти енергената за грејање, извор: Станови према врсти енергената за грејање, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-084-4, Београд 2013.

Табела 3. Настањени станови без инсталација централног и етажног грејања према врсти енергената који се користе за грејање, извор: Станови према врсти енергената за грејање, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-084-4, Београд 2013.

Дијаграм 1. Удео енергената у становима са централним грејањем, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 2. Удео енергената у становима са етажним грејањем, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Дијаграм 3. Удео енергената у становима без централног и етажног грејања, извор: мр Оливера Илић Мартиновић

Објашњење скраћеница

АПЕЕ - Други акциони план за енергетску ефикасност у Републици Србији за период 2013. до 2015. године

BRE - Building Research Establishment United Kingdom

BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology,

ГСБ - гасови са ефектом стаклене баште,

ДЕЕК - Директива 2006/32/ЕС о енергетској ефикасности код крајњих корисника и енергетским услугама

DGNB -German Sustainable Building Council Denmark

EPBD - Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council 16 December 2002 on the energy performance of buildings

ЕЕ - Енергетска ефикасност

ЕУ - Европска унија

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

iPHA - The global Passive House platform

ITC - The Institute for Construction Technologies is a scientific structure of the National Research Council (CNR), which operates mainly in the field of civil engineering, Italy

ЈК - Јавни и комерцијални сектор

к-вредност -Топлотни капацитет елемента конструкције по јединици времена

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design,

НАПЕЕ - Национални акциони план за енергетску ефикасност

NNE - Nearly zero-energy house

ОИЕ - Обновљиви извори енергије

ПЕЕ - Побољшање енергетске ефикасности

PEP- Promotion of European Passive Houses Passive

РЗС - Републички завод за статистику

ТМР - параметар термичке масе

PHI - Passive House Institute, Darmstadt, Nemačka

PHPP - Passive House Planning Package

SAP - Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings

УЕЕ - Унапређење енергетске ефикасности
CEN - European Standardisation Committee
CEPHEUS - Cost Efficient Passive Houses as European Standards,
CIBSE – Chartered Institution of Building Services Engineers
COP15 - Fifteenth session of the Conference of the Parties

Физичке величине, ознаке, јединице и индекси

SO₂ - Емисије оксида сумпора
PM - Емисије прашкастих материја
NO_x - Емисије оксида азота
G_h [kWh/m²] - Глобална хоризонтална радијација
D_h [kWh/m²] - Дифузна хоризонтална радијација
T_a [°C] - Температура
FF [m/s] - Брзина ветра
CO₂ - Угљен-диоксид
M_{тое} - Милион тона нафтног еквивалента
Q_{H,nd} [kWh/(m²a)] - Годишња потребна енергија за грејање
Q_{H,nd,max} [kWh/(m²a)] - Максимална дозвољена годишња потребна финална енергија за грејање
Q_{H,nd,rel} [%] - Релативна вредност годишње потрошње финалне енергије за грејање
U_{max} [W/(m²хK)] - Коефицијент пролаза топлоте
Ψ - Линеарни топлотни мостови
U_f - Коефицијент пролаза топлоте прозорског рама
U_g - Коефицијент пролаза топлоте стакла

УВОД

Полазна фаза истраживања јесте уочавање проблема, систематизација и формулација предмета истраживања, циљева научног рада, научних полазишта, оквира теме, основних научних хипотеза и приказ научних метода истраживања.

1.1 Проблем и предмет истраживања

Поред ангажованости државе и стручне јавности да се енергетски унапреде објекти у Србији, у пракси још нема значајних помака. У прегледу стручних, научних радова у области енергетске ефикасности, закључено је да се многа истраживања односе на цео регион, државу или на град Београд. Не постоје истраживања која би дала детаљну анализу енергетских перформанси индивидуалног стамбеног објекта у мањим градским срединама кроз контекст традиције и регионалности. Управо тај аспект је кључан за истраживање у овом раду.

Досадашња истраживања су се односила на анализу постојећег стамбеног фонда са енергетског и типолошког аспекта и послужила као основ за даља истраживања у погледу енергетске ефикасности индивидуалних стамбених објеката.

Индивидуално становање је најзаступљенији вид становања у малим градовима. У великом проценту изграђени објекти индивидуалног становања су такви да нерационално троше велику количину енергије у експлоатацији и изградњи.

Основно истраживачко питање јесте, које се мере могу предузети како би се унапредио објекат индивидуалног становања, првенствено у смислу енергетске оптимизације. Истраживањем се жели ићи даље од унапређења термичког омотача новим термоизолационим слојевима.

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је формирање референтних хипотетичких модела индивидуалног стамбеног објекта за насеља космајске области, кроз аспект аплицирања елемената традиционалне архитектуре, који својом структуром, формом и материјализацијом утичу на побољшање енергетских перформанси објеката.

Основна идеја рада је да се на моделу постојећег и новопроектваног индивидуалног стамбеног објекта - теоријског модела истражи потенцијал употребе елемената традиционалне архитектуре, у смислу изградње по принципима биоклиматске архитектуре, што подразумева интегрисање објекта у своје природно и изграђено окружење.

У раду се анализира изградња индивидуалних стамбених објеката кроз три нивоа, архитектуру прошлости, савремену архитектуру и могуће путеве развоја.

У уводном делу рада истражује се традиционална стамбена архитектура Шумадије са аспекта енергетске ефикасности. Упоредно се анализирају типологија, материјализација и морфологија, на основу чега се врши спецификација архитектонских елемената који битно утичу на осветљење, термичке карактеристике и природну вентилацију куће.

У раду се критички анализирају савремени постојећи објекти индивидуалног становања у насељима космајске области. На основу анализе досадашње градитељске праксе разматрају се могућности за професионално деловање. Предлажу се решења за унапређење постојећих објеката индивидуалног становања, где реконструкција има за циљ побољшање енергетских перформанси и побољшање квалитета становања.

У детаљним анализама модела, тестираће се мере унапређења омотача и реконструкције архитектонских елемената. Након упоредне анализе енергетске ефикасности реконструисаног објекта - модела и цене предвиђених мера, донеће се закључци о скупу најповољнијих мера за реконструкцију индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области.

У анализама новопроектваног хипотетичког модела испитиваће се утицај аплицираних, транспонованих традиционалних елемената архитектуре, на енергетске перформансе објекта. Испитивање могућих путева развоја индивидуалног стамбеног објекта, са обликовног и енергетског аспекта, спроводи се анализом усвојених модела на које се аплицирају традиционални елементи. На тај начин се истражује допринос традиционалних архитектонских елемената који својом структуром утичу на енергетску ефикасност објекта.

Примарни аспект таквог концепта је унапређење енергетских перформанси, а секундарни унапређење естетског квалитета. Под естетским квалитетом

подразумева се грађење у складу са регионалним одликама и креирање физичких структура које учествују у стварању и одржању духа места.

Рад се у ширем смислу бави односом материјала и форме, еволуцијом традиционалних елемената кроз развој технике и технологије, где се у новим начинима примене материјала, иста форма појављује као нов израз.

1.2 Научни циљ истраживања

Научни циљ истраживања је да кроз научну аргументацију сагледа и укаже на потенцијал транспоновања елемената традиционалне архитектуре у савременим концептима изградње индивидуалних стамбених објеката. Да кроз научну аргументацију успостави везу између изграђеног простора, објеката индивидуалног становања у насељима космајске области и планова за могуће побољшање енергетских и естетских квалитета.

Пут остваривања научног циља се одвија кроз три фазе истраживања.

Истраживања традиционалне стамбене архитектуре спроведена су на ширем подручју Шумадије, затим и на подручју космајских насеља. Овакав приступ има за циљ сагледавање услова и утицаја под којима се развија архитектонски израз овог подручја.

Анализа традиционалне индивидуалне куће, има за циљ да из базе проверених искустава, научно потврди позитивне принципе градње са енергетског аспекта.

Постојећи стамбени фонд се истражује у циљу испитивања ограничења и потенцијала унапређења енергетских перформанси индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, на основу којих се осмишљавају решења унапређења објеката.

Анализа утицаја аплицираних елемената традиционалне архитектуре, се спроводи у циљу дефинисања елемената који доприносе унапређењу енергетских перформанси куће и рационалном коришћењу ресурса. Указује се на енергетске, еколошке и обликовне потенцијале традиционалних елемената, материјала и конструкција.

Циљ је да се објекти индивидуалног становања који ће се градити и постојећи објекти који ће се реконструисати у фази пројектовања ускладе не само са усвојеном стратегијом Републике Србије о енергетској ефикасности која се

законском регулативом уводи у градитељску праксу, већ и да се интегришу инострана искуства. Изградњи и реконструкцији индивидуалних стамбених објеката се приступа у процесу самог пројектовања без великих инвестиција у скупе техничке системе, кроз могућности које пружа пасивна соларна кућа (пасивно грејање, хлађење и ветрење) водећи рачуна о енергетским и еколошким ефектима примењених мера.

На основу претходно изнетог, циљеви овог истраживања су:

- процена енергетских перформанси референтних модела објеката становања традиционалне архитектуре у Шумадији,
- процена енергетских перформанси изграђених објеката индивидуалног становања у насељима космајске области,
- процена енергетских перформанси референтних хипотетичких модела објеката индивидуалног становања,
- упоредан приказ понашања третираних референтних модела рачунарским програмом Passive House Planning Package (PHPP),
- оцена улоге традиционалних архитектонских елемената са енергетског аспекта,
- формирање препорука за изградњу и реконструкцију индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области.

1.3 Претходна анализа информација о предмету истраживања

Улога малих градова у унапређењу животне средине

Више од пола популације Србије живи у градовима и прилив становника у градове је стално присутан. Градско становништво централне Србије бележи изузетан раст у периоду 1948-2002. године од 20% до 56% урбаних становника, повећање је узроковано апсорпцијом рурално - урбаних миграција у централној Србији.¹

Структура интегрисања правила изградње, у смислу смањења потрошње енергије, се одвија путем међународних, националних прописа и на тај начин

¹ Spasić, N., Petrić, J., *The role and development perspectives of small towns in central Serbia*, Spatium br. 13-14, 2006., str. 8-15

постају обавезујућа. Како би допринела смањењу емисије угљен – диоксида (CO₂) грађена средина захтева усвајање савремених принципа грађења и прилагођавање постојећег грађевинског фонда новим циљевима. За ефикасније постизање тог циља, потребно је да мали градови преузму иницијативу, препознају и унапреде локалне потенцијале и на тај начин допринесу унапређењу животне средине.

Постојећи стамбени фонд Србије

У Србији се више од 50% енергије троши у зградама и скоро половина загађења долази од коришћења објеката.² Према подацима публикованим у Националном акционом плану за енергетску ефикасност (НАПЕЕ), од укупне потрошње енергије у зградама, 70% се троши у домаћинствима и стамбеним зградама, 18% у комерцијалним, а око 12% у зградама јавне намене. На домаћинства се троши 56% електричне енергије, а од тога 62% на грејање.³

Од укупног стамбеног фонда у Србији једнопородичне зграде чине 87.35 %.⁴ Начин изградње индивидуалних стамбених објеката се није значајно променио у последњих пет деценија. Граде се у масивном систему са армирано бетонским елементима који укрупљују конструкцију, носећи зидови су од опеке или блока од глине, ређе су зидани објекти са сендвич зидовима. Методе префабрикованих кућа се примењују у веома малом броју.

Разлике које постоје у изградњи индивидуалних стамбених објеката мањих градских средина и руралних у највећој мери су у односу тих објеката према изграђеном и природном окружењу, а не у физичкој структури самих објеката.

Стамбени објекти који су изграђени током седамдесетих и осамдесетих година прошлог века, у периоду најинтензивнијег раста стамбеног фонда, карактеришу се претераном потрошњом енергије и растом потрошње топлотне енергије.⁵ Велики број индивидуалних стамбених објеката, од шездесетих до осамдесетих

² Jovanović-Popović, M., Radivojević, A., Ignjatović, D., Elezović, M., Attic extension and thermal renovation of the residential buildings (Case study), *Spatium* br. 13-14, 2006., str. 41- 46

³ Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године, Београд, 2010., стр. 11-13

⁴ Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Љ., Ђуковић Игњатовић, Н., *Атлас породичних кућа Србије*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2012., стр. 21

⁵ Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године, Београд, 2010., стр. 12

година, је изграђен на основу типских пројеката, који су најчешће занемаривали основне постулате пројектовања, као што је оријентација просторија према намени. Ови објекти представљају велики потенцијал за уштеду енергије кроз процес енергетске реконструкције.

Према истраживањима групе аутора са Архитектонског факултета Универзитета у Београду, предвиђеним мерама унапређења, реконструкцијом породичног стамбеног објекта може се остварити уштеда од 61% у потрошњи енергије.⁶ Истраживања енергетског унапређења објеката, који користе електричну енергију за темперирање простора, показују да се уштеде од 40% могу остварити само унапређењем термичких перформанси омотача згаде.⁷

Високи трошкови у одржавању индивидуалних стамбених објеката, првенствено у потрошњи енергије за грејање у зимском, и хлађење у летњем периоду су разлог ниже цене на тржишту некретнина. У поређењу са стамбеним простором у вишепородичним објектима, индивидуални стамбени објекти нису конкурентни.

Заступљеност индивидуалних стамбених објеката у укупном постојећем стамбеном фонду, као и велика потрошња енергије за грејање ових објеката је повод за анализу потенцијала за енергетску реконструкцију. Уколико се не разматрају мере за реконструкцију енергетски неефикасних објеката, они неће омогућавати задовољавајући комфор, а обзиром на велику потрошњу конвенционалних енергената утицаће на загађење животне средине.

Библиографски извори о предмету истраживања

За докторску дисертацију под називом „Транспоновање традиционалних архитектонских елемената у објекте индивидуалног становања са аспекта енергетске ефикасности” је, на основу истражених релевантних примарних и секундарних библиографских извора, констатовано да се постојећа релевантна литература по предмету истраживања може разврстати на:

⁶ Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Ј., Ђуковић Игњатовић, Н., Неђић, М., *Национална типологија стамбених зграда Србије*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2013., стр. 32

⁷ Krstic-Furundzic, A., Djukic, A., (2013), “Assessment of suburban apartment buildings refurbishment from energy and environmental aspects”, Proceedings of the 3rd International Exergy, Life Cycle Assessment and Sustainability Workshop&Symposium-ELCAS 3, Koroneos K., Rovas D., Dompras A. (Eds.), COST, UNEP/SETAC, Nisyros Island, Grčka, str. 107-116

- истраживања везана за историјске облике градње стамбених објеката,
- истраживања везана за архитектуру у контексту места,
- књиге и текстове опште теорије уметности и архитектуре,
- истраживања у области енергетске оптимизације објеката,
- законске регулативе и стандарде у области енергетске ефикасности објеката,
- истраживања постојећег стамбеног фонда.

Истраживања везана за историјске облике градње стамбених објеката

У овом делу истраживања анализирана је литература везана за историјске облике градње стамбених објеката. Литература обухвата традиционалне стамбене објекте ширег подручја, балканског полуострва и Србије и ужег подручја, Шумадије и космајских насеља, на основу које се формирају критеријуми за одабир модела за анализу енергетских перформанси објеката. Информација потиче из следеће литературе:

- Арсић, В. Миладин., *Варош Младеновац*, Градска библиотека, Младеновац, 1998.
- Дероко, Александар., *Народно неимарство*, Просвета, Београд, 1968.
- Дробњаковић, М. Добривоје., *Космај, Младеновац, 2004.* репринт издања *Насеља и порекло становништва*, Српска краљевска академија, Београд, 1930.
- Илић Мартиновић, Оливера., *Прилог проучавању традиционалне профане архитектуре космајских насеља*, Изградња бр. 67, стр. 146-158, 2013.
- Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Просвета, Београд, 1949.
- Којић, Бранислав., *Сеоска архитектура и руризам*, Грађевинска књига, Београд, 1973.
- Петровић, Александар., *Праисторија Срба, Пешић и синови*, Београд, 2001.
- Финдрик, Ранко., *Народно неимарство*, Музеј Старо село, Београд, 1994.
- Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, САНУ, Београд, 2000.

- Цвијић, Јован., *Антропогеографски и етнографски списи*, САНУ, Београд, 2000.
- Ненадовић, Слободан., *Илустровани речник израза у народној архитектури*, Просвета, Београд, 2002.

Истраживања везана за архитектуру у контексту места

Истраживања у овој групи баве се питањима идентитета у архитектури. Испитује се однос места и појавних облика градње, бави се питањима регионалности.

Информација потиче из следеће литературе:

- Brolin, Brent., *Архитектура у контексту*, Грађевинска књига, Београд, 1988.
- Вентури, Роберт., *Сложености и противречности у архитектури*, Грађевинска књига, Београд, 2001.
- Илић Мартиновић, Оливера., *Веза традиционалних материјала и конструкција са савременим концептима изградње стамбених објеката на примеру космајских насеља*, магистарски рад, Архитектонски факултет, 2010.
- Крстић, Александра., *Кос кров у домаћој стамбеној архитектури-традиционалан и савремен архитектонски елемент*, Едиција-Архитектоника, коло А, свеска бр. 8 Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 1995.
- Марић, Игор., *Трансформација народне архитектуре централне Србије у процесу урбанизације у XIX и XX веку*, докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2006.
- Радовић, Дарко., *Архитектура и поднебље - улога климе у формирању регионалности урбаног и архитектонског израза*, докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1990.

Књиге и текстови опште теорије уметности и архитектуре

Трећа група истраживања бави се теоријским разматрањима архитектуре. На основу ових истраживања одређују се критеријуми естетике форме и креативни поступци транспонована елемената традиционалне архитектуре који усмеравају пројектантски приступ у делу рада који анализира хипотетичке моделе. Информација потиче из следеће литературе:

- Богдановић, Коста., *Поетика визуелног*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2005.
- Giedion, Sigfried., *Простор, време, архитектура*, Грађевинска књига, Београд, 1969.
- Kenneth, Frampton., *Moderna arhitektura, Kritička povjest* (1980), Zagreb: Globus, 1992.
- Норберг Шулц К., *Становање*, Грађевинска Књига, Београд, 1990.
- Перовић, Р. Милош., *Историја модерне архитектуре*, Антологија текстова, књига 3, Архитектонски факултет, Београд, 2005.
- Марић, Игор., *Просторно обликоване карактеристике традиционалне народне архитектуре у Поморављу и њени утицаји на савремену архитектуру*, Магистарски рад, Београд, 1999.

Текстови и истраживања у области енергетске оптимизације објеката

Четврта група истраживања баве се енергетском ефикасношћу, односе се на потрошњу енергије у објектима становања и начинима за њено смањење. У истраживањима се разматра приступ одрживом пројектовању на принципима биоклиматског пројектовања. Ова група информација потиче из следеће литературе:

- Dengel, Andy., Swainson, Michael., *Overheating in new homes*, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, 2012.
- *Guide*, Communities and Local Government Publications: London, 2010.
- Department for Communities and Local Government, *Investigation into Overheating in Homes*, Literature Review, AECOM, Department for Communities

and Local Government, 2012.

- Zhu L., Hurt R., Correia D., Boehm R., *Detailed energy saving performance analyses on thermal mass walls demonstrated in a zero energy house*, Energy and Buildings, Elsevier B.V., 2008.
- Jaggs, M., Scivyer, C. BRE., *A practical guide to building airtight dwellings*, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, Amersham, ISBN 978-1-84806-095-1, 2009.
- Janson, Ulla., *Passive houses in Sweden, Experiences from design and construction phase*, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment
- Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Ј., Ђуковић Игњатовић, Н., Недић, М., *Национална типологија стамбених зграда Србије*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2013.
- Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Ј., Ђуковић Игњатовић, Н., *Атлас породичних кућа Србије*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2012.
- Kosić, T., Krstić-Furundžić, A., Rajčić, A., Maksimović, D., *Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade*, Proceedings of the PLEA 2009. – Architecture, Energy and the Occupant's Perspective, Editors: C. Demers, A. Potvin, Les Presses de l'Université. Laval, Quebec City, Canada, 2009., pp. 603-608.
- Krstić-Furundžić, A., Djukić, A., "Assessment of suburban apartment buildings refurbishment from energy and environmental aspects", Proceedings of the 3rd International Exergy, Life Cycle Assessment and Sustainability Workshop & Symposium-ELCAS 3, Koroneos K., Rovas D., Dompras A. (Eds.), COST, UNEP/SETAC, Nisyros Island, Grčka, 2013., pp. 107-116.
- Krstić-Furundžić, A., Djukić, A., "Serbia", poglavlje u međunarodnoj monografiji "European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment", edited by Phil Jones, Paulo Pinho, Jo Patterson, Chris Tweed, European Science Foundation-COST C23 Action, The Welsh School of Architecture, Cardiff University, Wales, UK, 2009., pp. 156-170.

- Пудар, Мила., *Биоклиматска архитектура*, Институт за архитектуру и урбанизам, Београд, 2006.
- Santamouris, M., Pavlou, C., Syneffa, A., Niachou, K., *Recent Progress on Passive Cooling Techniques. Advanced Technological Developments to Improve Indoor Environmental Quality in Low Income Households*, PREA Workshop 2006
- De Saulles, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre-MPA, UK, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012.

Законске регулативе и стандарди у области енергетске ефикасности објеката

У петом делу истраживања анализиране су законске регулативе и стандарди у области енергетске ефикасности за објекте индивидуалног становања у нашој и другим земљама. Ова истраживања дају увид у улазне параметре које треба укључити у пројектни задатак у циљу смањења потрошње енергије у објектима индивидуалног становања. Ова група информација потиче из законских регулатива и других аката:

- *SAP 2012, The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings*, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013.
- DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings
- Закон о планирању и изградњи (Сл. гласник РС бр. 72/2009, 81/2009, 64/2010, 24/ 2011)
- Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС бр. 61/2011)
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (Сл. гласник РС бр. 69/12)
- Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године, Београд, 2010.
- Други акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2013. до 2015. године, Службени гласник РС", бр. 98/2013, Београд, Јун 2010.

- Закон о енергетској ефикасности (Сл. гласник РС бр. 59/2013)
- The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes, Part 1. A review of comfortable low energy homes, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007
- The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes, Part 2. A review of comfortable low energy homes, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007

Истраживања постојећег стамбеног фонда

Шеста група истраживања обухвата изворе пописа Републичког завода за статистику Републике Србије. На основу ових истраживања омогућена је анализа заступљености типова стамбених објеката, према години изградње, броју стамбених јединица, спратности, структури станова, врсти примењених материјала као и врсти енергената за грејање стамбених објеката космајских насеља. Најзначајнији пописи обухватају:

- Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Популација Србије почетком 21. века ISBN 978-86-6161-149-0, Београд, 2015.
- Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и домаћинства, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013.
- Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Број и површина стамбених јединица, Подаци по насељима Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-039-4, Београд 2013.
- Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.
- Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији,

Станови за стално становање према броју просторија у стану и површини, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-045-5, Београд, 2013.

- Станови према врсти енергената за грејање, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-084-4, Београд 2013.

1.4 Задаци истраживања

Задатак рада је да прикаже потенцијал и значај примене елемената традиционалне архитектуре у реконструкцији и изградњи индивидуалних стамбених објеката као препознатљивих и енергетски функционалних елемената.

Задаци истраживања укључују:

- преглед релевантних климатских услова истраживаног подручја,
- анализа литературе и преглед искустава у домаћој и иностраној изградњи у пољу енергетске оптимизације индивидуалних стамбених објеката,
- преглед домаћих стандарда и регулатива у области енергетске ефикасности стамбених објеката,
- преглед иностраних стандарда за оцену одрживости стамбених објеката,
- маркирање кључних проблема и ограничења у изградњи индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области са енергетског аспекта,
- успостављање критеријума за одабир репрезентативних модела индивидуалног становања,
- дефинисање референтних модела,
- дефинисање мера унапређења и транспоновања традиционалних архитектонских елемената,
- истраживање применом математичких калкулација, софтверских симулација и израдом модела, помоћу којих се израчунава капацитет складиштења топлоте у конструкцији објеката и процењује потрошња енергије,
- приказ резултата утицаја мера реконструкције на енергетске перформансе објекта,

- формирање препорука у изградњи и реконструкцији индивидуалних стамбених објеката космајских насеља.

1.5 Основне полазне хипотезе

Основна теза рада се заснива на истраживању и доказивању улоге и значаја присуства елемената архитектуре прошлости у формирању енергетски ефикасних објеката индивидуалног становања, који поседују савремен архитектонски израз, а уклапају се у природну и изграђену средину, чиме би се професионално деловало на унапређење изградње индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области.

Из наведеног произилазе следеће хипотезе:

- традиционална кућа Шумадије поседује позитивне карактеристике у смислу рационалног коришћења енергије и природних ресурса,
- већина постојећих, савремених, индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области је изграђено не разматрајући контекст локације тако да нерационално користе енергију,
- масивни систем градње, који је примењен у објектима индивидуалног становања, обезбеђује добар потенцијал термичке масе, која уколико је правилно коришћена омогућава контролу унутрашње температуре објекта,
- транспоновањем елемената традиционалне архитектуре се унапређује квалитет индивидуалних стамбених објеката са енергетског аспекта, чиме се истиче регионални карактер.

1.6 Научне методе истраживања

Методолошки поступак у формирању информационе основе истраживања се заснива на четири комплементарна нивоа.

Први је заснован на емпиријским анализама, као примарним изворима, које чини прикупљена грађа посећивањем локације и објеката, на основу којих се врши системска процена досадашње градитељске праксе.

Други је заснован на теоријским анализама грађе примарних и секундарних извора. Примарне изворе чини техничка документација завода за заштиту

споменика културе града Београда, као и пописи Републичког завода за статистику Републике Србије. У секундарне изворе спадају објављени текстови о истраживаном подручју и законске регулативе на основу којих се одређују програмски захтеви и начин на који се они уводе у архитектонски пројекат.

Трећи метод истраживачког рада је заснован на студијама случаја, комбинујући квалитативне и квантитативне анализе, на основу којих се бирају репрезентативни и референтни модели, традиционални и савремени, за анализу енергетских перформанси стамбених објеката. Одабир модела се врши на основу препознатих типова, према начину на који се односе према следећим параметрима: оријентација, диспозиција објекта, обликовање, концепт материјализације, спратност и габарит објеката.

Четврту методологију истраживачког рада чине аналитички алати - софтвери за обављање параметарских студија, којима се симулирају модели и предвиђа понашање објеката - модела у различитим условима. Применом нумеричких симулација у софтверском програму RHPP извршиће се квантитативне анализе потрошње енергије хипотетичких модела. Веза научне методологије са постављеним хипотезама остварује се студијом појединачних хипотетичких модела. На основу резултата истраживања се проверавају научне хипотезе, систематизује утицај појединих параметара, формирају закључци и дефинишу правци даљих истраживања.

Сакупљена грађа се анализира компаративном методом кроз више нивоа:

- сагледавањем стамбених објеката традиционалне архитектуре се уочавају просторне и функционалне законитости, класификују принципи изградње присутни у народном градитељству, идентификују позитивни принципи изградње са енергетског аспекта и фокусира на значају коришћења локалних материјала и техника градње,
- сагледавањем постојећих савремених индивидуалних стамбених објеката, даје се оцена стања, ограничења и потенцијала професионалног деловања,
- уочавањем сличности и разлика у материјалу, конструкцији, обликовању и детаљу архитектуре прошлости и архитектуре данас указује се на утицаје који су одредили архитектуру овог простора, испитује се однос природних

услова и правила градње,

- транспонованем елемената традиционалне архитектуре у типолошки референтне моделе, објекат индивидуалног становања - одабрани модел и новопројектовани индивидуални стамбени објекат - хипотетички модел, анализирају се потенцијални путеви побољшања квалитета становања са акцентом на топлотном и ваздушном комфору.

1.7 Резултати истраживања и њихова примена

Задатак рада је да истражи могућности примене елемената традиционалне архитектуре стамбених објекта на савремене објекте индивидуалног становања у циљу унапређења енергетских перформанси, што се анализира и проверава на референтним моделима.

Научни допринос дисертације

Научни допринос дисертације је у следећем:

- успостављање типологије традиционалних објеката индивидуалног становања базиране на параметрима енергетске ефикасности,
- систематизација постојећих индивидуалних стамбених објеката на одабраном подручју у погледу енергетских перформанси,
- формирање референтних модела енергетски ефикасних индивидуалних стамбених објеката са аплицираним традиционалним архитектонским елементима и формирање препорука за транспоноване традиционалних архитектонских елемената,
- формирање препорука за енергетску оптимизацију у реконструкцији и изградњи индивидуалних стамбених објеката за насеља космајске области,
- указивање на могућности остварења ниске енергетске потрошње у објектима становања примењујући искуства и архитектонске елементе традиционалне архитектуре.

Истраживање је конципирано као прилог проучавању стамбене архитектуре - индивидуалне куће са аспекта енергетске ефикасности. С обзиром да се енергетска ефикасност поставља као основа пројектовања, очекује се да рад манифестује архитектуру уочљивих правила градње, а из тога и елементе градње

који се могу дефинисати као архитектонски израз карактеристичан за одређену регију.

Као резултат рад ће дати смернице у пројектовању, које уважавају регионалну климу космајске области, природне ресурсе, дух и карактер места и избор еколошког грађевинског материјала, са циљем да се унапреди квалитет становања са акцентом на енергетској ефикасности.

Резултат истраживања је приказ једног од могућих пројектантских приступа у циљу унапређења енергетских перформанси индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области и њиховог уклапања у локални амбијент.

Научна оправданост дисертације

Научна оправданост дисертације се може разматрати у смислу унапређења животне средине и регионалног развоја.

Научна оправданост дисертације са аспекта унапређења животне средине је у истраживању и осмишљавању стратегија за унапређење енергетске ефикасности стамбених објеката, као и у истраженим могућностима за рационално коришћење потенцијала обрађиваног подручја.

Раст становништва, заједно са захтевима за све виши ниво удобности у становању, повећава потрошњу топлотне и електричне енергије, што све више угрожава природно окружење. Како стамбени фонд има велики утицај на укупно загађење, неопходна су решења у циљу смањења потрошње енергије у стамбеним објектима.

Рационално коришћење потенцијала се посматра са аспекта унапређења постојећих стамбених објекта, кроз енергетску реконструкцију, као и са аспекта рационалног коришћења материјала. Од индустријске револуције до данас, све је већа употреба префабрикованих материјала за које је потребна велика енергија у производњи, у односу на примену локалних материјала. Научна истраживања транспонована традиционалних материјала у изградњи савремених објеката дају подстицај за њихову поновну примену.

Са аспекта регионалног развоја, научна оправданост дисертације је у доприносу развоју регионалне архитектуре, као и доприносу развоја на локалном нивоу.

Архитектура данас у великом делу постаје унифицирана. Исти објекат се може налазити на било ком месту. Насупрот таквом приступу на другој страни се као отпор јавља потреба за идентитетом, који се у архитектури одражава преко традиционалне, регионалне архитектуре. У дисертацији је кроз анализу хипотетичког модела дат могућ пут развоја архитектуре космајских насеља са енергетског аспекта, указујући на могућности и допринос интеграције традиционалних архитектонских елемената у савремене архитектонске концепте. Истраживање унапређења енергетске ефикасности стамбених објеката космајских насеља, омогућава локалној заједници да препозна локалне потенцијале, а затим и предузме иницијативу у даљим стратегијама за одрживи развој. Научна оправданост се огледа у подстицању локалних иницијатива, помоћу којих би се укључили и узајамно деловали сви актери, локалне управе, извођачи радова, произвођачи материјала, пројектанти и корисници у остварењу циља, заштите животне средине.

Транспоновање традиционалних архитектонских елемената у поступцима реконструкције постојећих и изградње нових индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области, није до сада истраживано са аспекта доприноса постизању енергетске ефикасности објеката, а постављање методолошког приступа у том процесу показује научну оправданост овог рада.

Потребна су истраживања која доприносе разумевању народних градитељских техника, како би се уз одговарајућа унапређења транспоновале у савремено градитељство и научно потврдиле, дао кредибилитет и подстицај коришћењу традиционалних архитектонских елемената у грађевинском сектору.

Тема је савремена, актуелна и научно истраживање се може применити у пракси. Резултати овог истраживања могу наћи примену у изградњи и реконструкцији стамбених објеката у космајским насељима, кроз конкретна решења и препоруке у циљу унапређења енергетских перформанси објеката.

Примена добијених резултата се очекује како у науци - као полазиште за даља истраживања на сличну тему, тако и у привреди - код пројектаната као полазни параметар приликом пројектовања индивидуалних стамбених објеката, код произвођача грађевинских материјала и извођача радова, јер указује на извесне

могућности одговорног понашања према животној средини када је градња објеката у питању.

1.8 Преглед садржаја дисертације

Дисертација садржи три основне целине: увод, приказ и интерпретацију резултата истраживања и закључак, које су структуриране у шест поглавља.

Увод, прво поглавље представља полазну фазу истраживања која образлаже проблем, систематизацију и формулацију предмета истраживања, циљеве научног рада, научна полазишта, оквир теме, основне научне хипотезе и даје приказ научних метода истраживања.

Друга целина, *Приказ и интерпретација резултата истраживања* структурирана је кроз следећа поглавља:

- *Анализа улазних параметара истраживања*, у поглављу су анализирани климатске и географске карактеристике космајских насеља, истражени су законски акти и стандарди у сфери енергетске ефикасности и дат је приказ методолошког поступка при анализи енергетских перформанси објекта,
- *Традиционална стамбена архитектура шумадијског подручја са енергетског аспекта*, у поглављу су анализирани типови традиционалних стамбених објеката ширег подручја Шумадије, а затим и подручја космајских насеља на основу којих се врши одабир референтног модела који на најбољи начин илуструје принципе градње традиционалне архитектуре,
- *Анализа модела савремених индивидуалних стамбених објеката космајске области са енергетског аспекта*, у поглављу је истражен стамбени фонд космајских насеља кроз репрезентативне типове индивидуалних стамбених објеката, на основу истраживања врши се одабир репрезентативног модела за анализу енергетског аспекта савременог индивидуалног стамбеног објекта,
- *Анализа утицаја елемената традиционалне архитектуре на савремену стамбену архитектуру са енергетског аспекта*, у поглављу се анализирају два хипотетичка модела, први, који представља референтни модел енергетске реконструкције постојећег стамбеног објекта и други, који представља пример референтног - хипотетичког модела сачињеног на основу анализе свих кључних елемената који утичу на енергетске перформансе

објеката, а тичу се пасивног дизајна, анализом хипотетичког модела истражени су утицаји елемената традиционалне архитектуре на енергетске перформансе куће.

Закључак, шесто поглавље представља последњу фазу истраживања у којој се проверавају научне хипотезе, изводе основни закључци, и дају препоруке у погледу реконструкције и изградње индивидуалних породичних стамбених објеката космајских насеља.

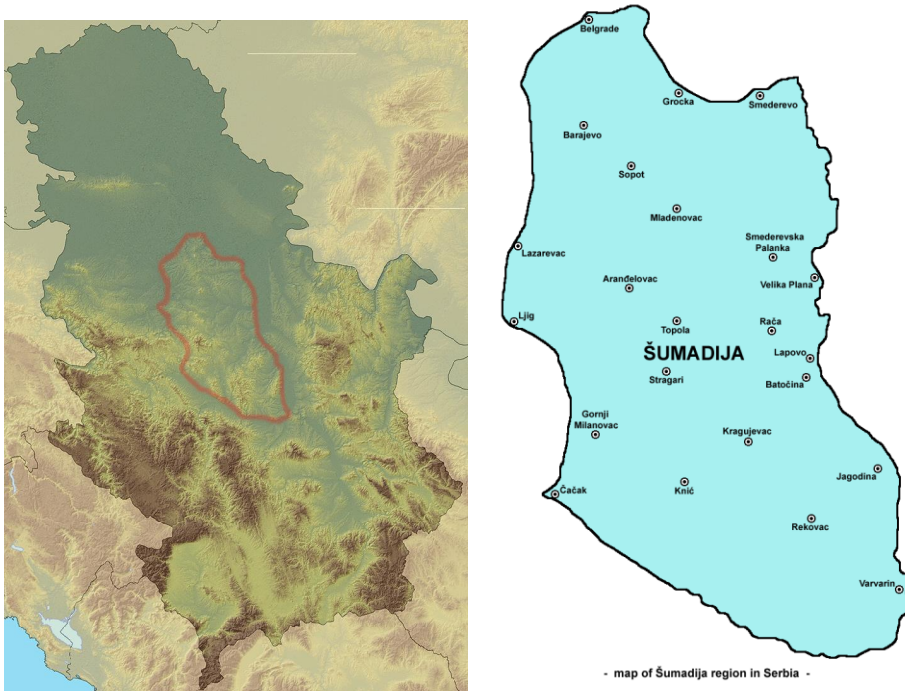
2.0. АНАЛИЗА УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА ИСТРАЖИВАЊА

Анализа улазних параметара даје приказ климатских фактора и географских карактеристика подручја у којем се гради. Истражени су сви законски акти у сфери енергетске ефикасности и мере енергетски ефикасне архитектуре. Поглавље даје приказ методолошког поступка при анализи енергетских перформанси објекта и осврт на софтвер за анализу енергетских перформанси објекта на основу којег се анализирају и проверавају научне хипотезе.

2.1. Географске карактеристике Шумадије

2.1.1 Положај

Шумадија обухвата централни део северне Србије (Сл.1). За Шумадију су карактеристичне широке долине изнад којих се издижу врхови до висине 1200 метара (Авала, Космај, Букуља, Венчац) која су некада била острвца панонског језера.⁸



Сл. 1. Карта Шумадије (извор:bs.wikipedia.org)

⁸ Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Моравска област или Шумадија, САНУ, Београд, 2000., стр. 54

Површина Шумадије је од Јастребца на југу нагнута ка северу до обала Саве и Дунава. Скоро у центру те површи усечена је долина Мораве.

Шумадија заузима простор између следећих река: Саве и Дунава, Велике и Западне Мораве, Колубаре, Љига и Дицине. Већи градови Шумадије су: Крагујевац, Смедерево, Младеновац, Смедеревска Паланка, Аранђеловац, Јагодина, Параћин, Краљево, Ћуприја, Чачак и Горњи Милановац.

Планине Космај на н.в. 624 m и Кошутница са н.в. 464 m, деле област на ниску Шумадију, то су долина Раље и северне границе области, од Космаја даље на југ област припада високој Шумадији.⁹ У погледу рељефних карактеристика може се рећи да цео предео Шумадије има карактеристике брдско планинског подручја са изузетком Моравске котлине са њеним алувијалним карактеристикама.



Сл. 2. Фотографски приказ рељефних карактеристика Шумадије

Речни токови Шумадије су бројни, али кратки, пре свега због ограничености целе регије већим рекама. Долине и широке косе са благим странама су карактеристичне за ову област (Сл. 2). Испод Космаја и Кошутнице се простиру две језерске површи: рипањска и пиносавска на којима се налази већи број космајских насеља. Како је Шумадија сачињена од брежуљака које просецају речне долине, најпогоднији положај за насеља је у горњем појасу коса брежуљака

⁹ Дробњаковић, Боривоје., *Космај*, Положаји села, 2004. репринт издања *Насеља и порекло становништва*, Српска краљевска академија, Младеновац, 2004., стр. 7

и брда.¹⁰ Постоје примери насеља која се налазе у долинама око друмова већег комуникационог значаја. Трећи пример су насеља у равницама. За положај села пресудну улогу имају природне карактеристике, а на положај варошица утичу и многи други фактори: друштвени, историјски, социолошки и економски.¹¹

Потребно нагласити разлику између термина *регион Шумадије*, како је она дефинисана у овом поглављу и термина *Шумадијска област*. Шумадијска област припада централном делу региона Шумадије. Градови шумадијске области су: Аранђеловац, Баточина, Кнић, Крагујевац, Лапово, Рача и Топола. Док градови Младеновац и Сопот припадају Београдској области.

Подела према областима представља административну поделу, док је за рад од већег значаја географска припадност насеља због карактеристика природног и изграђеног амбијента.

2.1.2 Клима и пројекције климе

Шумадију карактерише умерено континентална клима, која је микроклиматски неједначена, пре свега због висинске разлике међу појединим деловима региона. Шумадијска клима се разликује од климе суседних области, за њу су карактеристичне:¹²

- за северни део Шумадије, сувља и топлија лета,
- високе летње температуре као и летњи пљускови,
- хладан и сув ветар,
- најјачи зимски ветар - кошава, израженија у северном делу области,
- изражена дуга јесен.

На основу података Републичког хидрометеоролошког завода у наставку су изнети климатски подаци везани за подручје:¹³

- просечна годишња температура ваздуха за период 1961-1990. за подручја са надморском висином до 300 m износи 10.9 °C, подручја са надморском

¹⁰ Цвијић, Јован., *Антропогеографски и етнографски списи*, Положај насеља, САНУ, Београд, 2000., стр. 55

¹¹ Илић Мартиновић, Оливера., *Веза традиционалних материјала и конструкција са савременим концептима изградње стамбених објеката на примеру космајских насеља*, магистарски рад, Архитектонски факултет, 2010., стр. 25

¹² Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Моравска област или Шумадија, САНУ, Београд, 2000., стр. 55

¹³ http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_srbije.php, коришћено 8.05.2015. године

висином од 300 до 500 m имају просечну годишњу температуру око 10.0 °C, а преко 1000 m надморске висине око 6.0 °C,

- апсолутни максимум температуре у периоду 1961-1990. године измерени су у јулу, и крећу се од 37.1 до 42.3 °C у нижим пределима, а у планинским подручјима од 27.6 до 34.0°C. У августу је веома топло, са измереним максималним температурама од 37.4 до 40.3 °C,

- апсолутне минималне температуре забележене су у јануару, у интервалу од -30.7 до -21.0 °C у нижим пределима, а у планинским подручјима крећу се од -35.6 до -20.6 °C,

- годишње суме падавина у просеку расту са надморском висином, веће количине падавина су забележене у топлијој половини године,

- у нижим пределима годишња висина падавина се креће од 540 до 820 mm, подручја са надморском висином преко 1000 m просечно имају 700 до 1000 mm падавина,

- најкишовитији је јуни, када у просеку падне 12 до 13 % од укупне годишње суме падавина, најмање падавина има у фебруару и октобру,

- појава снежног покривача карактеристична је за хладнији део године од новембра до марта, а највећи број дана са снежним покривачем је у јануару,

- годишње суме трајања сијања Сунца крећу се у интервалу од 1500 до 2200 сати годишње,

- у топлијем делу године преовлађују ветрови са северозапада и запада, током хладнијег дела године доминира источни и југоисточни ветар -кошава.

У табели 1. приказани су климатски подаци хидрометеоролошког завода Републике Србије за поједине градове Шумадије.¹⁴

Табела 1. Табеларни приказ климатских података за поједине градове Шумадије за 2014. годину (извор: годишњак 1. климатолошки подаци 2014.)

Град	Надморска висина	Инсолација h	Јаки ветрови >8Б,	Слаби ветрови >6Б,	Максимална температура С	Минимална температура С
Београд	132	2123,9	19	111	34,8	-11,1
Смедеревска паланка	121	2095,2	9	103	34,8	-14,7
Крагујевац	185	1800,8	2	36	35,2	- 12,2

Према извештају *Међународног панела за климатске промене* (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) загревање климатског система је чињеница, атмосфера и океан су се загрејали, велике количине снега и леда су нестале, ниво мора је порастао, концентрација гасова са ефектом стаклене баште у атмосфери се повећала. Свака од три последње декаде је била сукцесивно топлија од било које претходне од 1850. године.¹⁵

Према *петом извештају* IPCC емисија стаклене баште је највећа у историји. Климатске промене имају широко распрострањен утицај на људе и природне системе. Наставак емисије гасова стаклене баште ће изазвати даље загревање и дуготрајне промене у свим компонентама климатског система. Током наредних неколико деценија потребна су значајна смањења емисије и скоро нулта емисија CO₂ и других гасова стаклене баште до краја века.¹⁶

¹⁴ Република Србија, Републички хидрометеоролошки завод, метеоролошки годишњак 1. климатолошки подаци 2014., стр. 18

¹⁵ Задатак IPCC је да на основу резултата мониторинга и истраживања у оквиру Глобалног климатског осматрачког система и Светског климатског програма којима координира Светска метеоролошка организација, на транспарентан начин спроводи усаглашену оцену свих релевантних информација везаних за разумевање научних основа ризика антропогених промена климе, потенцијалних утицаја тих промена и опција ублажавања климатских промена и адаптације на измењене климатске услове.

¹⁶ Пети извештај је преглед тренутног стања и научних сазнања везаних за климатске промене. Састоји се од извештаја три радне групе, које можете видети у Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers

Према истраживањима објављеним у публикацији *Процена рањивости на климатске промене*, Србију очекују значајне промене климе у скоријој будућности. Предвиђа се да ће пораст просечне температуре на годишњем нивоу до краја овог века износити 2,4 °C до 2,8 °C према оптимистичном сценарију, односно 3,4 °C до 3,8 °C према песимистичном сценарију. Према поменутом истраживању, средње годишње температуре последњих 50 година показују позитиван тренд на подручју целе Србије, пораст од 0,04 °C годишње.¹⁷

Према истраживањима аутора Ђукић А. и Ступар А., у Србији је дошло до повећања температуре у прошлом веку, тако да је у последње две деценије забележено чак 14 година са температурама вишим од нормалних, а 2000. година је била најтоплија у претходном веку. Регион Лесковца, Димитровграда и Врања једини је имао негативни тренд годишње температуре, а највећи пораст је забележен на северу Војводине, у Београду и околини, као и у Неготину и Лозници. За Србију се предвиђа већи пораст температуре него на глобалном нивоу. Тај пораст ће се кретати од 2,2 до 5,1°C до краја 21. века, посебно током летњих месеци. Влажност ваздуха ће се смањити на годишњем нивоу, што ће довести до пораста ризика од летњих суша. Такође нас очекује смањење водних резерви, повећање ризика од поплава, ерозије и нестанак мочвара, бара и површинских вода.¹⁸

2.1.3 Квалитет ваздуха

Квалитет амбијенталног ваздуха у градским срединама условљен је емисијама штетних гасова: SO₂, NO_x, CO₂, чађи и прашкастих, органских и неорганских материја које потичу из термоенергетских постројења, индустрије, саобраћаја и сагоревања у индивидуалним котларницама.¹⁹ Угљен-диоксид је одговоран за преко половину појачања ефекта стаклене баште у нашој земљи.²⁰

¹⁷ *Процена рањивости на климатске промене*, Србија, WWF (Светски фонд за природу), Центар за унапређење животне средине, Београд, 2012., стр. 11-20

¹⁸ Ђукић, Александра., Ступар, Александра., *Суочавање са климатским променама: од европских стратегија до локалне реалности*, Архитектура и урбанизам, 2011., стр. 36

¹⁹ *Национална стратегија одрживог развоја*, (Службени гласник РС бр. 55/05, 71/05-исправка и 101/07), стр. 74

²⁰ *Процена рањивости на климатске промене*, Србија, WWF (Светски фонд за природу), Центар за унапређење животне средине, Београд, 2012., стр. 13

Најновији извештај глобалног терета болести показује да је загађење ваздуха један од главних фактора ризика по здравље. Мерења квалитета ваздуха у Србији показују да грађани удишу ваздух који се сматра штетним по здравље, а концентрације од PM_{2,5} и PM₁₀, су веће од лимита које је поставила светска здравствена организација.²¹

Општине Младеновац и Сопот имају ваздух доброг квалитета. Емисије оксида сумпора - SO₂, емисије прашкастих материја - PM и емисије оксида азота - NO_x су у све три категорије у распону од 0-1 у t/годишње, према извештају за 2013. годину.²²

За Србију не постоје валидни подаци о ГСБ емисији, информације које се користе и које се налазе у базама података (IEE, IPCC, UNEP, World Bank) су процене.

Према истраживањима публикованим у *European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment*, укупна емисија CO₂ за 2004. годину у Србији је 56.7 милиона тона, што је еквивалентно са 5,39 милиона тона по становнику. Стамбена емисија CO₂ по глави становника је 242.5 kg. Упоредјујући податке за укупне емисије CO₂ по глави становника, у периоду од 2000. до 2004. године, приметно је повећање емисије CO₂ од 1,41 милиона тона.²³

У *Националној стратегији одрживог развоја Републике Србије*, наведено је да се наша земља не сматра значајним емитером угљен-диоксида.²⁴

У погледу емисије CO₂ аутори Ђукић А. и Ступар А.,²⁵ констатују да: „Наша земља заузима 80. место на глобалном нивоу (са учешћем у емисији ГСБ од 0,17%) и 58. место у емисији CO₂, а ако се у обзир узме емисија ГСБ према бруто националном дохотку, Србија је на вишем месту у Европи будући да 6,2 t

²¹ Health and Environment Alliance, (HEAL), *Загађење ваздуха и здравље у Србији*, Чињенице, бројке и препоруке, Belgium, 2014., стр. 1

²² Република Србија Министарство пољопривреде и заштите животне средине, *Годишњи извештај квалитета ваздуха у Републици Србији 2013. године*, Агенција за заштиту животне средине, Београд, 2014., стр. 13-15

²³ Krstic-Furundzic, A., Djukic, A., "Serbia", poglavlje u међународној монографији "European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment", edited by Phil Jones, Paulo Pinho, Jo Patterson, Chris Tweed, European Science Foundation-COST C23 Action, The Welsh School of Architecture, Cardiff University, Wales, UK, 2009., стр. 157

²⁴ *Национална стратегија одрживог развоја*, (Службени гласник РС бр. 55/05, 71/05-исправка и 101/07), стр. 91

²⁵ Ђукић, Александра., Ступар, Александра., *Суочавање са климатским променама: од европских стратегија до локалне реалности*, Архитектура и урбанизам, 2011., стр. 38

CO₂/становнику представља двоструко већу емисију од просечне у нашој доходовној групи.“

Исти аутори коментаришу да је емисија CO₂, која потиче од коришћења енергије у домаћинствима, остала стабилна у периоду од 1999. до 2006. године. Овај тип загађења највише зависи од спољашње температуре, броја и величине стамбених јединица, правила грађења која се примењују, старости постојећег грађевинског фонда. Све краткорочне промене условљене су климатским променама које утичу на број дана у којима се користи грејање.

Према наведеном истраживању, CO₂ емисија из домаћинства је све мање везана за број домаћинства. Овај тренд се објашњава низом примењених мера, као што су побољшање енергетске ефикасности зграда услед примене термичке изолације, прелазак на електрично или даљинско грејање, прелазак са чврстих и течних горива на гас, као и пораст коришћења соларне енергије и биомасе за даљинско грејање.

2.2. Космајска област

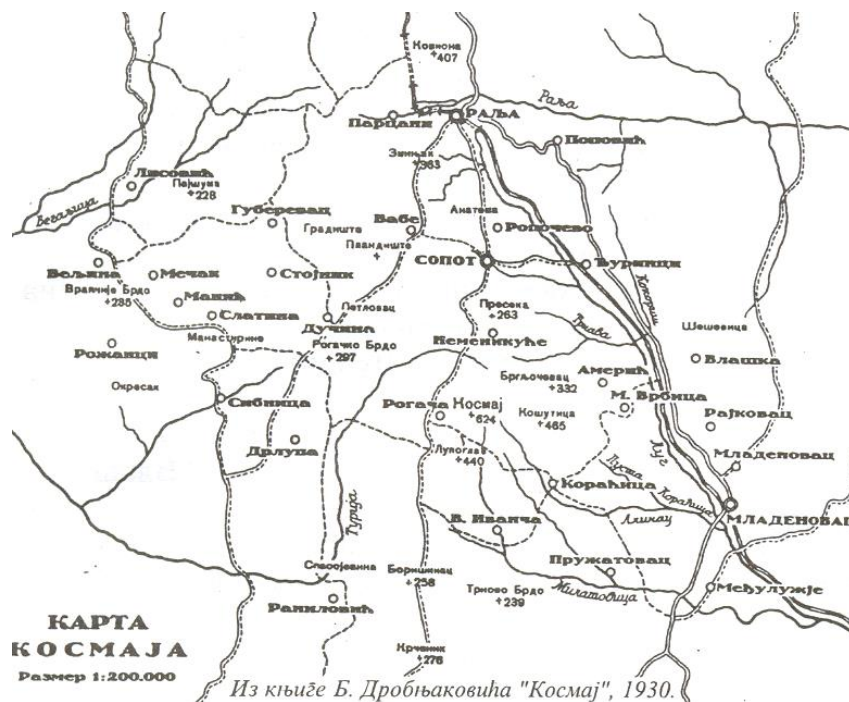
2.2.1 Географске карактеристике космајских насеља

Космај обухвата насеља у шумадијској области у граници која подразумева Горњи и Доњи Космај (по народним именима).

На северној страни, према Београду, граница је од Мале Иванче према Ковиону до Гуковца. На западу, граница је од Гуковца према Барајевској реци, долином ове реке до Кундека. Јужна граница је од Кундека преко Трновог брда, реке Милатовица до ушћа у Велики Луг. Источна граница је од ушћа Милатовице и Великог Луга преко Маковице, Варовница, до Мале Иванче (Сл. 3).²⁶

Космајска насеља су варошице: Младеновац, Сопот и Раља; и села: Амерић, Бабе, Бељина, Влашка, Мала Врбица, Губеревац, Дрлупа, Дучина, Ђуринци, Велика Иванча, Кораћица, Лисовић, Манић, Међулужје, село Младеновац, Неменикуће, Парцане, Поповић, Пружатовач, Рајковац, Раниловић, Рогача, Рожанци, Ропчево, Сибница, Слатина и Стојник.

²⁶ Дробњаковић, Б., *Космај*, Област, 2004. репринт издања *Насеља и порекло становништва*, Српска краљевска академија, Младеновац, 2004., стр. 5



Сл. 3. Карта космајске области (извор: Дробњаковић Б., 2004.)

2.2.2 Врсте положаја насеља

На подручју Космаја постоје три врсте положаја насеља: 1. насеља на брдима - разбијени тип, 2. насеља уз друмове - збијени тип и 3. насеља у равницама - мешовити тип.

Осим што је одређен положајем насеља, на тип утичу и многи други услови,²⁷ које можемо поделити у две групе: природни и друштвени.

Основни природни фактор је конфигурација терена космајске области, где је економичност коришћења земљишта условила постављање насеља на висоравнима и тиме проузроковала расути тип села. Највећи број насеља космајске области, припада типу шумадијских разбијених насеља која захватају благе косе пиносавске и рипањске површи.²⁸

Насеља у равницама су: Младеновац, Пружатовац и Међулуужје.

²⁷ Цвијић, Ј., *Антропогеографски и етнографски списи*, О узроцима типова, САНУ, Београд, 2000., стр. 62

²⁸ Дробњаковић, Б., *Космај*, Типови села, 2004. репринт издања *Насеља и порекло становништва*, Српска краљевска академија, Младеновац, 2004., стр. 10

У мешовити тип села убрајамо села разбијеног и збијеног типа, код којих је изградњом дошло до промене структуре читавог села или једног његовог дела. То су села код којих је извршен процес урастања, односно где је изградњом нових кућа дошло до повећавања густине изграђености,²⁹ као и села код којих су формирани друмски крајеви, где се куће групишу око друма.

Положај села одређују природне карактеристике, док на формирање градова и варошица утиче друштвени фактор, као што је изградња путева и железнице.

Сопот настаје на значајној раскрсници путева, пут Београд - Крагујевац, пут за Буковичку бању и пут за крајеве југозападне Србије. Иако се помиње као седиште Космајског среза, тек шездесетих година XIX века Сопот је одвојен од Ропчева као ново насеље, чији су први досељеници из суседних села Ропчева и Неменикућа.³⁰

Према обавези коју је Србија добила на Берлинском конгресу, 1881. године почињу први радови на изградњи железничке пруге која се пушта у саобраћај 1884. године. Железница доводи до стварања нових, као и до брзог развоја постојећих насеља. Иако је село Младеновац постојало и пре изградње пруге, варош Младеновац настаје тек након изградње железнице, не развојем постојећег села, већ као потпуно ново насеље смештено уз саму пругу.³¹

Сличан је развој Раље, на путу Београд - Крагујевац у Доњој Раљи постојало је насеље Парцани. У време грађења железничке пруге 1882. године уз железничку станицу почела је изградња радничких станова - барака. Становништво се насељавало уз пругу и формирало насеље у Горњој Раљи. Увођење железнице битно утиче на развој градова поред пруге као и на њихову урбанистичку структуру.³²

²⁹ Цвијић, Ј., *Балканско полуострво*, Села разбијеног типа, САНУ, Београд, 2000., стр. 245
Ј. Цвијић готово сва села Шумадије сврстава у старовлашки тип - разбијена села. Растом села, који настаје на два начина: 1. градњом нових кућа између старих у једном селу и 2. изградњом нових кућа између два села, у Шумадији се развија један нови, разређени тип насеља.

³⁰ Вујовић, Б., *Београд у прошлости и садашњости*, Сопот, Драганић, Београд, 2003., стр. 97

³¹ Арсић, М., *Варош Младеновац*, Трасирање железничке пруге, Градска библиотека, Младеновац, 1999., стр. 19

³² Максимовић, Б., *Идејни развој српског урбанизма*, САНУ, Београд, 1978., стр. 10

Од 2002. до 2011. године општину Младеновац прати увећање становништва до 10%, док је за општину Сопот забележено смањење испод 10%.³³ Удео градског становништва у укупном броју за обе општине је испод 50%.³⁴ Насеља општине Младеновац су веће густине насељености у односу на насеља општине Сопот.

2.2.3 Климатске карактеристике града Младеновца

Младеновац је град на географској ширини од 44° 4' и географској дужини од 20° 7' и на надморској висини од 150 m. Град је са годишњим глобалним зрачењем од 1329 kWh/m² (Табела 2).

Брзина ветра се креће од 2.1 m/s до 3 m/s у просеку. Најјачи ветрови су забележени у марту (Табела 2).

Табела 2. Климатски подаци за Младеновац (извор: софтвер Meteororm)

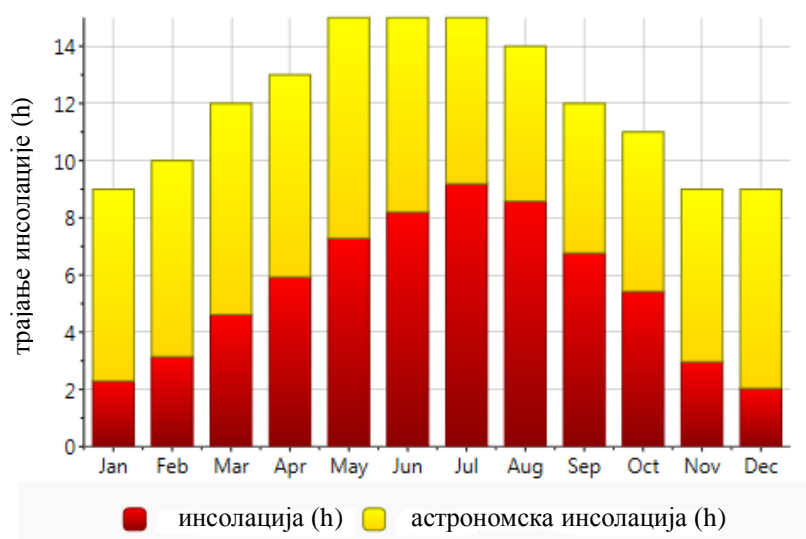
месец	Gh глобална хоризонтална радијација kWh/m ² месечно	Dh дифузна хоризонтална радијација kWh/m ² месечно	Ta температура °C	Ta предвиђене температуре за 2050. год. °C	FF брзина ветра m/s
јануар	39	23	1,1	3,3	2,6
фебруар	58	32	3,2	5,2	2,7
март	101	55	8	9,6	3
април	137	71	13,1	14,7	2,8
мај	176	78	18,3	19,5	2,4
јун	180	86	21,3	22,8	2,2
јул	197	80	23,2	25,0	2,2
август	160	70	22,9	24,9	2,1
септембар	118	56	17,4	20,9	2,2
октобар	80	39	13,2	15,2	2,5
новембар	53	26	7,9	9,5	2,8
децембар	33	21	2,4	5,0	2,6
годишње	1329	638	12,7	14,6	2,5

³³ Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Популација Србије почетком 21. века, ISSN 978-86-6161-149-0, стр. 21

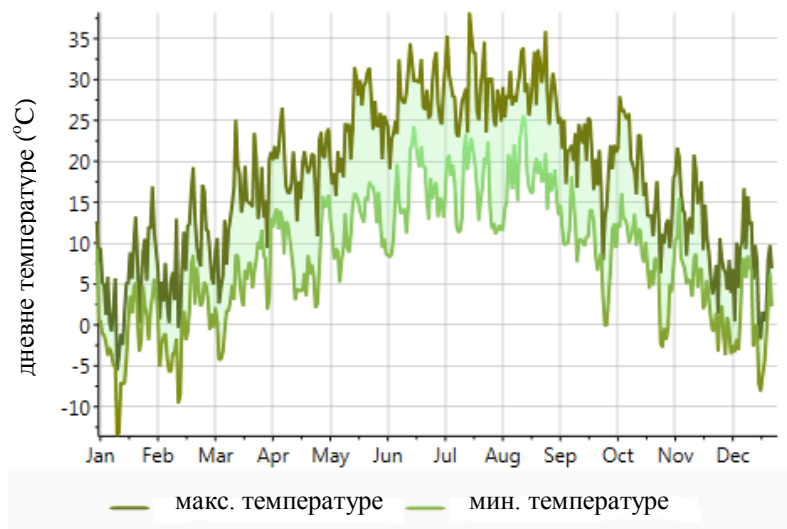
³⁴ Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Популација Србије почетком 21. века, ISSN 978-86-6161-149-0, str. 69

Најкраћа инсолација је у децембру са осунчањем од 2 h и у јануару са осунчањем око 2.2 h дневно. Најдужа инсолација је у јуну, јулу и августу са осунчањем од 8 - 9 h дневно (Дијаграм 1).

Највише дневне температуре ваздуха су забележене у јулу месецу од 37.6 °C, а најниже температуре ваздуха у јануару месецу -17.9 °C (Дијаграм 2).



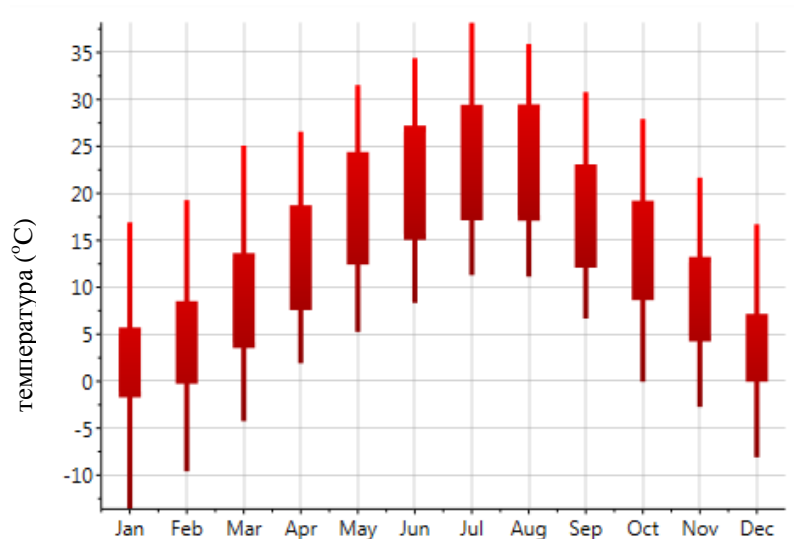
Дијаграм 1. Инсолација за Младеновац (извор:софтвер: Meteonorm)



Дијаграм 2. Дневне максималне и минималне температуре за Младеновац (извор:софтвер: Meteonorm)

Средња дневна максимална температура за јул месец је 32.1 °С, а средња дневна минимална је 17.2 °С. Средња дневна максимална температура за јануар месец је 6.8 °С, а средња дневна минимална је -1 °С (Дијаграм 3).

Највише падавина је забележено почетком јуна 75 mm и почетком септембра око 69 mm (Дијаграм 4).



Дијаграм 3. Месечне температуре за Младеновац (извор:софтвер: Метеонорм)



Дијаграм 4. Количине падавина за Младеновац (извор:софтвер: Метеонорм)

2.2.4 Климатске карактеристике града Сопота

Сопот је град на географској ширини од 44° 5' и географској дужини од 20° 6', на надморској висини од 170 m. Глобално зрачење је 1326 kWh/m² (Табела 3).

Табела 3. Климатски подаци за Сопот (извор:софтвер: *Meteonorm*)

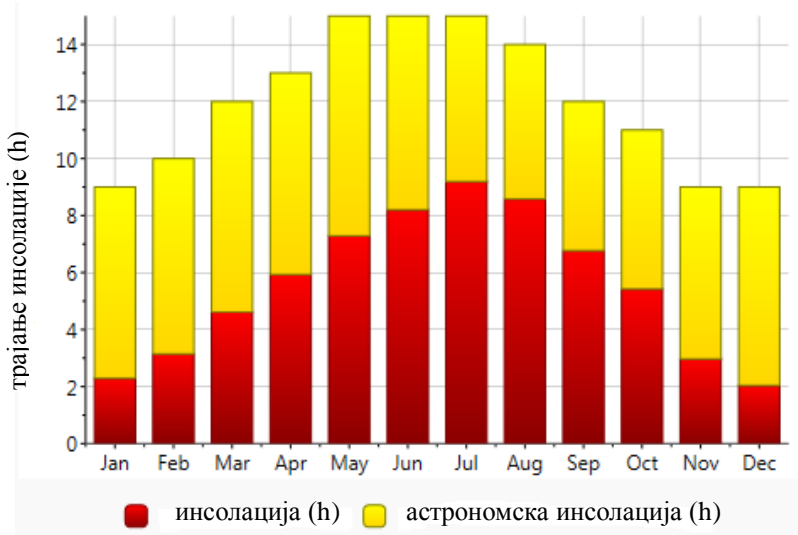
месец	Gh глобална хоризонтална радијација kWh/m ² месечно	Dh дифузна хоризонтална радијација kWh/m ² месечно	Ta температура °C	FF брзина ветра m/s
јануар	39	23	1,0	2,4
фебруар	57	30	3,1	2,5
март	100	48	7,8	2,8
април	136	65	12,9	2,7
мај	177	84	18,1	2,3
јун	181	80	21,1	2,1
јул	198	80	23,0	2,1
август	160	74	22,7	2,0
септембар	117	54	17,2	2,0
октобар	81	35	13,0	2,2
новембар	52	27	7,7	2,65
децембар	31	21	2,4	2,4
годишње	1326	622	12,5	2,3

Најјачи ветрови су забележени у марту, априлу и новембру од 2.65 до 2,8 m/s у просеку (Табела 3).

Према метеоролошком годишњаку из 2014., у Сопоту су најчешћи и најјачи североисточни ветрови, у јануару средња брзина ветра достиже и 7 m/s, најинтензивнији су у јесен и зиму. Североисточни ветрови су присутни и у летњем и пролећном периоду са смањеном брзином на око 1,3 m/s до 2,1 m/s. По честини присутни су и југоисточни ветрови али мањег интензитета током године од 0,8 до 2,4 m/s.³⁵

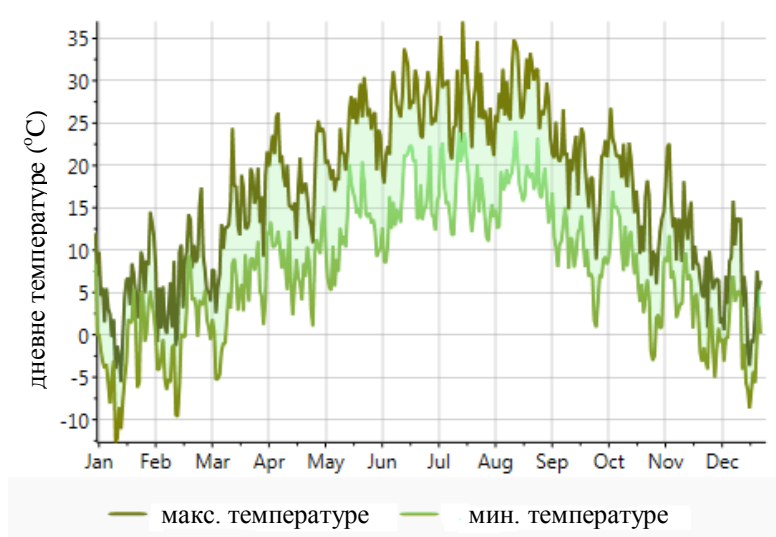
³⁵ Република Србија, Републички хидрометеоролошки завод, метеоролошки годишњак 1. климатолошки подаци 2014., стр. 196

Најкраћа инсолација је у децембру 2 h, затим у јануару од 2,2 h осунчања дневно. Најдужа инсолација је у јулу око 9 h , затим у августу, јуну, мају од 7 h до 8,5 h дневно (Дијаграм 5).



Дијаграм 5. Инсолација за Conot (извор:софтвер: Meteonorm)

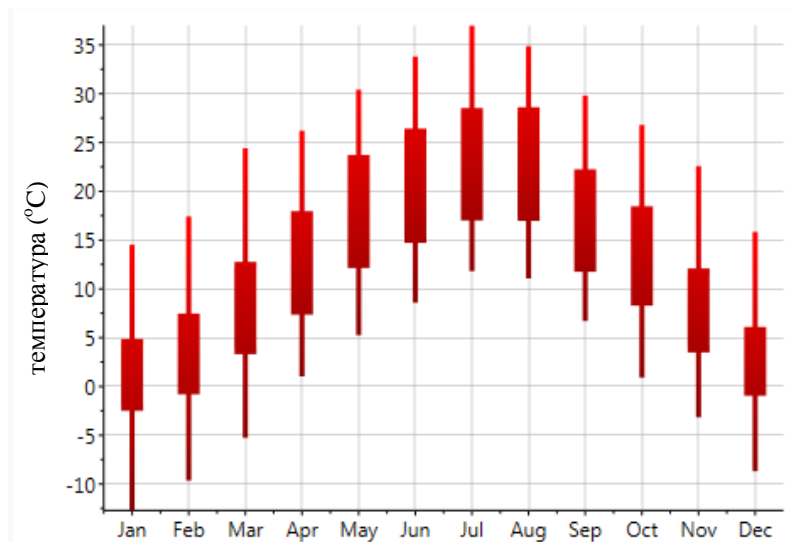
Највише дневне температуре ваздуха су забележене у јулу и августу месецу од 35.9 °C до 36 °C, а најниже температуре ваздуха у јануару месецу -11.9 °C (Дијаграм 6).



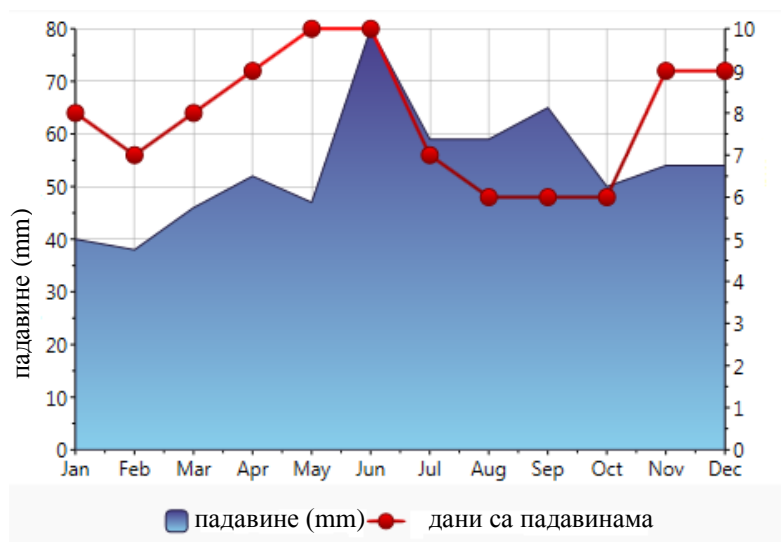
Дијаграм 6. Дневне максималне и минималне температуре за Conot (извор:софтвер: Meteonorm)

Средња дневна максимална температура за јул месец је 29.2 °С, а средња дневна минимална је 16.4 °С. Средња дневна максимална температура за јануар месец је 2.5 °С а средња дневна минимална -3.6 °С (Дијаграм 7).

Највише падавина забележено је почетком јуна 80 mm и почетком септембра 64 mm (Дијаграм 8).



Дијаграм 7. Месечне температуре за Сопот (извор:софтвер: Метеонорм)



Дијаграм 8. Количине падавина за Сопот (извор:софтвер: Метеонорм)

2.3 Законска регулатива, правилници, стандарди и стратегије у области енергетске ефикасности стамбених објеката

Директиве дефинишу механизме и принципе енергетске ефикасности које спроводе све државе чланице Европске уније (ЕУ) и пружају оквир за израду националних прописа и стандарда. На тај начин се међународни трендови у области енергетске ефикасности хармонизују. У том смислу и наша земља је унапредила стандарде у области енергетске ефикасности зграда.

2.3.1. Стандарди у РС за стамбене објекте

Спречавање климатских промена и глобалног загревања су један од главних изазова 21. века. Зграде користе скоро 40% укупне енергије у већини земаља, у сличном проценту су одговорне и за емисију CO₂.³⁶ Тако велика потрошња је одговорна за глобалну емисију CO₂, што за последицу има ефекат стаклене баште.

У циљу смањења емисије гасова неопходно је донети грађевинске прописе, стандарде, сертификате, обавезе и подстицаје у области енергетске ефикасности зграда.

Међународне институције постављају стандарде енергетске ефикасности у смислу минималних захтева за зграде који се уводе у националне грађевинске прописе. Осим прописа који се базирају на минималним захтевима, унапређење објеката у области енергетске ефикасности иде много даље кроз многе европске и друге стандарде.³⁷

Пре нафтне кризе 1973. године, регулативе за енергетску ефикасност постојале су углавном у грађевинским прописима северноевропских земаља и бавиле су се нивоима изолације.

Током 1990-их постепено је прихваћена потреба да се смањи емисија штетних гасова како би се избегло глобално загревање, што је довело до ратификације Кјото протокола од 1997. до 2005. године од стране 183 земаља. У складу са одредбама овог плана земље потписнице се обавезују на смањење укупних

³⁶ Obara, Henry. Energy Efficiency Drivers in Europe Regulations and other instruments open new horizons for Energy Management in buildings, Schneider Electric SA, France, 2009., str. 5

³⁷ Buildingsstandards: *HQE - France, BREEAM - UK, LEED - USA, CASBEE - Japan, DGNB - Germany*;

емисија гасова за најмање 5% у односу на ниво из 1990. године у обавезујућем периоду 2008-2012. године.³⁸

Наследник Кјото протокола је Копенхагеншки протокол за 2009. годину³⁹ (Fifteenth session of the Conference of the Parties COP15) у организацији Уједињених нација, који представља прекретницу у борби против климатских промена. У складу са Споразумом из Копенхагена 75 земаља које су одговорне за 80% емисије гасова са ефектом стаклене баште обавезале су се на националном нивоу да ће смањити или ограничити емисију штетних гасова до 2020. године.

Са циљем да се испуне захтеви регулатива о заштити животне средине смањујући трошкове енергије Европска Унија је овластила Европско удружење за стандардизацију „European Standardisation Committee“ (CEN) да осмисли стандарде у оквиру директиве Европског парламента и савета (Directive of the European parliament and of the council, EPBD) са циљем да се стандардизују методе за прорачун и уштеду енергије.

Директива ЕУ за енергетску ефикасност у зградама је директива EPBD 2002/91/ЕС која поставља три врсте услова које морају спроводити државе чланице: минималне захтеве енергетских перформанси за зграде, енергетске сертификате и инспекцијски надзор система грејања и климатизације.⁴⁰

На основу европских директива донети су национални планови, закони и правилници у области енергетске ефикасности зграда за Републику Србију.

Према НАПЕЕ у Републици Србији у 2008. години стамбени и терцијални сектор обухвата око 38% укупне финалне потрошње енергије, од тога стамбени сектор користи 70%, а комерцијални, јавно-услужни сектор и пољопривреда 30%. Домаћинства обухватају 56% укупне потрошње електричне енергије у Републици Србији, а 65% од тога користи се за грејање простора у стамбеном фонду.⁴¹ Стога је очигледно да постоји велики потенцијал за уштеду енергије и широк опсег одрживих мера енергетске ефикасности у стамбеном фонду.

³⁸ Закон о потврђивању Кјото протокола, Службени Гласник Републике Србије, Међународни уговори, бр. 88/2007, стр.4

³⁹ Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009, United Nations, March 2010., стр. 5

⁴⁰ Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council 16 December 2002 on the energy performance of buildings, стр. 4 - 5

⁴¹ Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године, Београд, Јун 2010., стр.11

Према НАПЕЕ за период од 2010. до 2012. године, план утврђује средњи индикативни циљ за овај период на нивоу од 1.5% финалне домаће потрошње енергије у 2008. години (0.1254 мтое), односно укупни циљ од најмање 9% финалне потрошње енергије у деветој години примене. Циљ уштеде финалне енергије од 1.5% оствариће се реализацијом мера побољшања енергетске ефикасности (ПЕЕ) у секторима: домаћинства и јавне и комерцијалне делатности 19% (0.0235 Мтое), индустрије 45% (0.0566 Мтое) и саобраћаја 36% (0.0453 Мтое).⁴²

Другим акционим планом за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2013. до 2015. године⁴³ се дефинише средњи индикативни циљ уштеде у потрошњи финалне енергије за овај период, тако да се у периоду од 2010. до 2015. године остваре укупне уштеде од 0,3975 Мтое (4,7%), односно укупан циљ од најмање 9% потрошње финалне енергије у деветој години примене од 0,7524 Мтое. Циљ уштеде финалне енергије у периоду од 2013. до 2015. године од 3,5% (0,2952 Мтое) оствариће се реализацијом мера унапређења енергетске ефикасности (УЕЕ) у секторима: домаћинства 0,0693 Мтое (око 23,4%), ЈК сектор 0,0499 Мтое (око 16,8%), индустрије 0,081 Мтое (око 27,7%) и саобраћаја 0,095 Мтое (око 32,1%).

У Републици Србији, први закон који уводи термин енергетске ефикасности објеката је Закон о планирању и изградњи Сл. Гласник РС 72/2009, 81/2009 и 24/2015. Овим законом је прописано да се енергетска својства објеката високоградње утврђују издавањем сертификата о енергетским својствима објекта, који чини саставни део техничке документације која се прилаже уз захтев за издавање употребне дозволе.⁴⁴

Након наведеног, ступа на снагу нови Закон о планирању и изградњи⁴⁵ који не доноси измене у области енергетске ефикасности, већ је фокусиран на процедуру издавања грађевинске дозволе. У наведеном Закону и Правилнику о енергетској

⁴² Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године, Београд, Јун 2010., стр.4

⁴³ Други акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2013. до 2015. године, Службени гласник РС", бр. 98/2013, Београд, Јун 2010., стр.4

⁴⁴ Закон о планирању и изградњи Сл. Гласник Р Србије 72/2009, 81/2009 и 24/20115, стр. 7

⁴⁵ Закон о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014)

ефикасности зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011 дата је методологија прорачуна енергетског разреда зграда и списак стандарда који се односе на енергетску ефикасност у пројектовању нових и реконструкцији постојећих објеката, чиме се испуњава услов из упутства 2002/91/ЕС ЕПБД. У области енергетске ефикасности значајан је Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011 и 3/2012, као и Правилник о техничком прегледу објеката.

Енергетски разред за стамбене зграде одређује се на основу максималне дозвољене годишње потребне финалне енергије за грејање, која је дефинисана посебно за нове и постојеће зграде. Енергетски разред зграде је показатељ енергетских својстава зграде. Изражен је преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање [%], и представља процентуални однос специфичне годишње потребне топлоте за грејање $Q_{H,nd}$ [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$] и максимално дозвољене $Q_{H,nd,max}$ [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$] за одређену категорију зграда:
 $Q_{H,nd,rel} = (Q_{H,nd} / Q_{H,nd,max}) \times 100\%$.⁴⁶

Енергетски разред за стамбене зграде дат је кроз нивое од G до A+. Максимална дозвољена годишња потребна финална енергија за грејање $Q_{H,nd,max}$ [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$] одговара енергетском разреду „C”. Сви нови објекти морају бити у минимално „C” разреду, а сви објекти који се реконструишу морају бити унапређени за један разред (Табела 4).

⁴⁶ Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда Сл. Гласник РС бр. 61/2011 и 3/2012, стр. 8

Табела 4. Енергетски разреди за стамбене зграде (извор: Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда)

Зграде са једним станом		нове	постојеће
Енергетски разред	QH,nd,rel [%]	QH,nd [kWh/(m ² a)]	QH,nd [kWh/m ² a]
A+	≤ 15	≤ 10	≤ 12
A	≤ 25	≤ 17	≤ 20
B	≤ 50	≤ 33	≤ 38
C	≤ 100	≤ 65	≤ 75
D	≤ 150	≤ 98	≤ 113
E	≤ 200	≤ 130	≤ 150
F	≤ 250	≤ 163	≤ 188
G	> 250	> 163	> 188

Кључни стандарди методологије прорачуна топлотних својстава објеката високоградње и енергетских захтева зграде су:⁴⁷

- SRPS EN ISO 7345 Топлотна изолација - Физичке величине и дефиниције
- SRPS EN ISO 9288 Топлотна изолација - Пренос топлоте зрачењем – Физичке величине и дефиниције
- SRPS EN ISO 9251 Топлотна изолација -Услови преноса топлоте и својства материјала - Речник
- SRPS EN 12792 Вентилација зграда - Симболи, терминологија и графички Симболи

Кључни стандарди:

- SRPS EN ISO 13790 Укупна потребна енергија за грејање и хлађење (узимајући у обзир губитке и добитке топлоте).
 - SRPS EN 15315 Примарна енергија и емисија CO₂.
 - SRPS EN 15217 Смернице за исказивање енергетске перформансе (за енергетски сертификат) и смернице за исказивање захтева (за регулативу).
- Садржај и облик Сертификата о енергетској перформанси.

⁴⁷ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник Републике Србије бр. 61/2011, стр. 16

- SRPS EN 15378 Прегледи (контроле) уређаја за обезбеђење топле воде.
- SRPS EN 15240 Прегледи (контроле) уређаја за припрему ваздуха за климатизацију.
- SRPS EN 15239 Прегледи (контроле) уређаја за вентилацију.
- SRPS EN 15193 Енергетске перформансе зграда – Енергетски захтеви за Осветљење

У даљем тексту дате су прописане вредности које ће се примењивати у прорачуну потребне енергије за грејање и хлађење објекта, који су предмет анализе у дисертацији.

Правилником о енергетској ефикасности зграда су дефинисане минималне вредности коефицијента пролаза топлоте за елементе термичког омотача зграде за постојеће објекте који ће се реконструисати (Табела 5) и за нове објекте који се граде (Табела 6).⁴⁸

Табела 5. Максималне дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, $U_{max} [W/(m^2 \cdot K)]$, за елементе термичког омотача за постојеће зграде
(извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Међуспратна конструкција изнад спољног простора	Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Зид према негрејаном простору	Спољни зид	Коси кров изнад негрејаног простора	Коси кров изнад грејаног простора	Зимске баште	Под на тлу
0,30	0,40	0,40	0,55	0,40	0,40	0,20	1,50	0,40

Табела 6. Максималне дозвољене вредности коефицијената пролаза топлоте, $U_{max} [W/(m^2 \cdot K)]$, за елементе термичког омотача за нове зграде
(извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Међуспратна конструкција изнад спољног простора	Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	Зид према негрејаном простору	Спољни зид	Коси кров изнад негрејаног простора	Коси кров изнад грејаног простора	Зимске баште	Под на тлу
0,20	0,30	0,30	0,40	0,30	0,30	0,15	1,50	0,30

⁴⁸ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник Републике Србије бр. 61/2011, стр. 27

Прорачун потребне енергије за објекте космајских насеља се врши на основу података датих за град Београд, како ова насеља припадају београдском региону. У правилнику о енергетској ефикасности дате су средње суме сунчевог зрачења и средња месечна температура спољног ваздуха на основу којих се прорачунава потребна енергија за грејање објеката на територији целе Србије.⁴⁹ Број степен дана за грејање, средња температура грејног периода као и спољна пројектна температура дате су у табелама 7 и 8.

Табела 7. Број степен дана за грејање и средња температура грејног периода за град Београд (извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Град	<i>HDD</i>	<i>HD</i>	$\theta H, mn$
Београд	2520	175	5,6

Табела 8. Табеларни приказ спољних пројектних температура за град Београд (извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Град	$\theta H, e$
Београд	-12,1

Годишња примарна енергија за функционисање зграде представља производ годишње доведене енергије за рад система у згради и фактора претварања одређених правилником (Табела 9).

Табела 9. Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте (извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Енергент	Фактор претварања
Уље за ложење	1,2
Гас	1,1
Угаљ	1,3
Дрвена биомаса	0,1
Електрична енергија	2,5
Даљинско грејање на фосилна горива	1,8
Даљинско грајање когенерацијом	1,0

⁴⁹ Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС бр. 61/2011), стр. 53

Прорачун емисије CO₂ се у правилнику о енергетској ефикасности дефинише на следећи начин:⁵⁰ „ Емисије CO₂ које настану током функционисања објекта, одређују се на основу података специфичне емисије CO₂ за поједине изворе енергије, тако што се годишња потребна примарна енергија помножи припадајућим податком специфичне емисије CO₂ који је дат у табели 10. и вредности се саберу. “

Табела 10. Специфичне емисије CO₂ за поједине врсте енергената

(извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Енергент	По јединици горива	По јединици енергије
земни гас	1,9 kg/m ³	0,20 kg/kWh
течни нафтни гас	2,9 kg/kg	0,215 kg/kWh
екстра лако уље за ложење	2,6 kg/l	0,265 kg/kWh
лако уље за ложење	3,2 kg/kg	0,28 kg/kWh
даљинска топлана	0,33 kg/kWh	0,33 kg/kWh
електрична енергија	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh
смеђи угаљ (домаћи)	1,5 kg/kg	0,32 kg/kWh
смеђи угаљ (страни)	1,88 kg/kg	0,40 kg/kWh
лигнит (домаћи)	1,0 kg/kg	0,33 kg/kWh

2.3.2. Стандард нискоенергетске и пасивне куће

Не постоји глобално прихваћена дефиниција нискоенергетске куће. Због великих варијација у националним стандардима, нискоенергетска кућа изграђена по стандардима једне државе не мора бити нискоенергетска по стандардима друге државе. Иако тумачења варирају међу европским земљама, ниско енергетске зграде обично имају боље енергетске перформансе од стандардне нове зграде, односно више него што је прописано националним грађевинским прописима.

Пасивна кућа је зграда у којој удобна унутрашња клима може да се одржи без активног система грејања и хлађења. Потражња за топлотом је смањена помоћу пасивних мера до тачке у којој више нема потребе за конвенционални системом грејања. Кућа генерално није без система грејања, али је његова величина

⁵⁰ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник Републике Србије бр. 61/2011, стр. 56

значајно смањена.⁵¹ За пасивне куће, услов за грејање је потрошња <15 kWh/m² годишње, а потрошња примарне енергије <120 kWh/m² годишње за грејање, топлу воду и потребе домаћинства за електричном енергијом.⁵²

Прихватање пасивне куће у Европи је у великој мери засновано на њеној једноставној структури и на значајном смањењу потрошње енергије. Основни елементи пројектовања укључују добру изолацију термичког омотача зграде, смањење топлотних мостова и примену термоизолационог стакла.

Пасивне куће нуде топлотни комфор са само 15 до 20% од потребне енергије за грејање простора у конвенционалним новим објектима. Процењује се да су додатни трошкови изградње по стандардима пасивне куће око 10% од укупних трошкова изградње конвенционалне куће.⁵³ Међутим, ти трошкови се надокнађују у рачунима за струју који имају тенденцију да се умање на четврти део од рачуна конвенционалних кућа.

Истраживања доказују да је концепт пасивне куће показао исплативост за власнике породичних кућа, како за изградњу тако и за реновирање, тако што уводи иновације у традиционално веома конзервативни грађевински сектор. Архитекте су имале значајан утицај на усвајање принципа пасивне куће, док су предузећа уложила значајан напор у уверавању клијената да усвоје иновације.⁵⁴

На основу изведених пројеката, удружења које промовише исплативост пасивне куће као европског стандарда (Cost Efficient Passive Houses as European Standards CEPHEUS), тестирана је и доказана одрживост концепта на европском нивоу.⁵⁵

На основу анализа и мерења која су вршена у оквиру промоције европске пасивне куће (Promotion of European Passive Houses Passive, PEP), доказано је да су

⁵¹ Murphy, Mark., *Ön Development Project: Integrating Low-Energy and Passive House Technology together with District Heating*, Umeå University, Institution for Applied Physics and Electronics Civil Engineering Program in Energy Technology, Master's Thesis, Autumn 2008., str. 8

⁵² Tope, Alyssa., Howe, Jeff., Frank, Matt., Bowyer, Jim., Stai, Sarah., Zoet, Adam., Bratkovich, Steve., Fernholz, Kathryn., *Pushing passive house forward: moving beyond energy-efficiency*, Dovetail, Partners, Minneapolis, 2012., str. 3

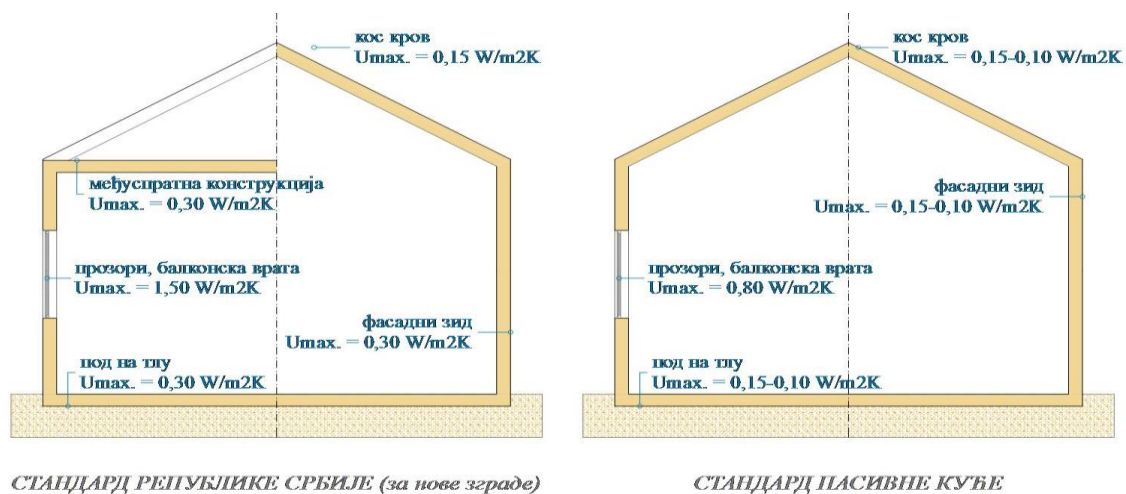
⁵³ CEPHEUS – measurement results from more than 100 dwelling units in passive houses, Passive House Institute, Rheinstr. 44/46 D-64283 Darmstadt, 2003., стр. 341

⁵⁴ Mlecnik, Erwin., *Innovation development for highly energy-efficient housing*, Opportunities and challenges related to the adoption of passive houses, The series Sustainable Urban Areas is published by IOS Press under the imprint Delft University Press, ISSN 1879-8330; 45 (online) ISBN 978-1-61499-236-3 (online), 2013., str. 66-77

⁵⁵ CEPHEUS - *Projectinformation No. 36*, Final Technical Report, Passive House Institute, Hanover, 2001., str. 100

разноврсna решења у складу са стандардом пасивне куће могућа, у оквиру локалних ограничења, као што су традиционалне зграде, доступности компонента и законских регулатива.⁵⁶

Резултати СЕРНЕУС пројеката показују да је у свим пројектима постигнут изузетно низак ниво потрошње примарне енергије. У поређењу са конвенционалним новим зградама, постигнута је уштеда финалне и примарне енергије за више од 50%, а посебно је ниво потрошње примарне енергије био изузетно низак.⁵⁷



Сл. 4. Коefицијенти пролаза топлоте према стандарду РС и стандарду пасивне куће

Према стандарду пасивне куће, максималне дозвољене вредности коefицијената пролаза топлоте за елементе термичког омотача, у односу на стандард Републике Србије, су дупло мање (Сл. 4).

Циљ овог истраживања није да се при дефинисању стратешког приступа у креирању модела реконструкције постојећег индивидуалног стамбеног објекта и пројектовања новог постигне стандард пасивне куће, али ће се свакако мере пасивног дизајна узети у обзир.

⁵⁶ Promotion of European Passive Houses Passive House Solutions The PEP-project is partially supported by the European Commission under the Intelligent Energy Europe Programme, EIE/04/030/S07.39990, 2006., str. 23

⁵⁷ Janson, Ulla., *Passive houses in Sweden*, Experiences from design and construction phase, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment, Lund University, Faculty of Engineering LTH, Report EBD-T--08/9, 2008., str. 22

Стандард пасивне куће је осмишљен за земље централне Европе, који се последњих година адаптира на земље јужне Европе преко PassiveOn пројекта.⁵⁸ На основу сценарија који су развијени у оквиру PassiveOn пројекта, важан закључак је да само успоравање раста емисија CO₂ од стамбених објеката захтева годишњи развој десетине хиљада нових и обновљених кућа у складу са стандардом пасивне куће.

2.4 Критички осврт на регулативе у области енергетске ефикасности у Србији

Прописи који детаљније регулишу изградњу у области енергетске ефикасности дефинисани су 2011. године, а почињу се примењивати од септембра 2012. године. Поједине европске земље су већ далеко одмакле и континуирано од седамдесетих година уводе све строже стандарде за изградњу објеката. Њихов изграђени фонд није у тако великом контрасту са новим објектима који се граде, у смислу енергетских перформанси објеката, као што је то случај у Србији.

Изграђени фонд у Србији представља велики потенцијал за енергетску реконструкцију. Објекти изграђени пре 2012. године нису били подвргнути енергетској сертификацији. Већина зграда које ће још дуго опстати је енергетски неефикасна, тако да је потребна иницијатива од стране власти и других актера како би подстакла власнике објеката на енергетску реконструкцију.

Држава, регулативама, субвенцијама и другим политичким инструментима треба да омогући и мотивише инвеститоре и грађевинске компаније да се укључе у разматрања изводљивости свих фаза изградње зграде у циљу смањења емисије гасова стаклене баште.

Упоредном анализом, у циљу анализе стандарда Србије у контексту стандарда других држава дат је приказ максималних вредности годишње потребне енергије за грејање, хлађење, вентилацију и расвету (Табела 11).

⁵⁸ The PassiveOn project, Passive House or Passivhaus? Italy: eERG Politecnico di Milano, Provincia di Venezia, Rockwool Italia, France: International Conseil Énergie (ICE), Germany: Passivhaus Institut, Portugal: Natural Works e Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), Spain: Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA), United Kingdom: School of the Built Environment, Nottingham University

Из табеле можемо видети да су стандарди других држава знатно виши у односу на стандард Републике Србије, у којој се вредности потрошње енергије односе само на грејање.

Табела 11. Табеларни приказ прописане потрошње енергије за станове у европским државама

Земља	Максимална потрошња енергије kWh/(m ² a)	kWh
Србија	за нове зграде С разред, за грејање	<65
	за постојеће зграде С разред, за грејање	<75
Данска	садашњи оквир	52,5 грејање, хлађење, вентилација, расвета
	класа 2015	41
	класа 2020	20
Финска	20 – 30 у зависности од зоне за грејање и хлађење 130-140 укупна потрошња примарне енергије	
Норвешка	постојеће зграде	201 укупна потрошња
	нове зграде	120
	нискоенергетске зграде	70
	пасивне зграде	55
Шведска	90 – 130 за нове станове, укупна потрошња	
Француска	РТ2005	150-230
	РТ2012	65-45
Енглеска	40-60 за грејање и топлу воду	
Немачка	EnEV	40
	пасивне зграде	15 за грејање 120 грејање, хлађење, топлу воду, вентилација, расвета, ел. апарати

Велика пажња, наравно оправдана, у Правилнику о енергетској ефикасности зграда је посвећена уштеди енергије неопходној за грејање у хладном периоду године. Међутим, реалност климатских промена све више нас упућује на неопходност анализе енергије потребне за хлађење у летњем периоду. Све развијене земље су својим стандардима већ укључиле ову проблематику.

Према законима у Србији елаборат енергетске ефикасности, који је неопходан за издавање грађевинске дозволе, обухвата прорачун потребне енергије за грејање.

Треба напоменути, да се у фази пројектовања што пре треба укључити и прорачун потрошње енергије за хлађење. На основу прогнозе, повећање

потражње енергије за хлађење и прегревање постају актуелни проблеми који ће се све више изражавати.

У циљу постизања енергетски ефикасне куће, пројекат би требало да одговара специфичностима климе локације на којој се гради. У правилнику о енергетској ефикасности зграда, у Табели 6.9. суме сунчевог зрачења и средње месечне температуре спољног ваздуха, дате су вредности које се користе за прорачун топлотних добитака од Сунчевог зрачења за све локације на територији Републике Србије.⁵⁹ Јасно је да различите локације у Србији могу бити врло различитих климатских карактеристика, у том смислу потребно је омогућити пројектантима климатске податке за све локације.

Један од проблема у регулативи Србије је и не постојање Националног програмског пакета, софтвера за анализу термичких перформанси зграда, који је правилником најављен још 2011. и до данас још није усвојен.⁶⁰ Софтвер би омогућио прорачуне на основу проверених и национално признатих софтвера који би са једне стране гарантовали прецизност прорачуна, а са друге поређење објеката према истим критеријумима.

2.5 Мере енергетски ефикасне архитектуре

Према правилнику о енергетској ефикасности зграда топлотни комфор се обезбеђује током целе године пројектовањем зграде у складу са мерама енергетске ефикасне архитектуре и другим неопходним архитектонско-грађевинским решењима.⁶¹

- правилним димензионисањем елемената омотача,
- заштитом од сунчевог зрачења,
- коришћењем термичке масе,
- пасивним/природним ноћним хлађењем,
- топлотним зонирањем зграде,
- обликовањем зграде и сенилима у периоду прегревања.

⁵⁹ Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС бр. 61/2011), стр. 53

⁶⁰ Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС бр. 61/2011), стр. 13, стр. 54-56

⁶¹ Правилник о енергетској ефикасности зграда (Сл. гласник РС бр. 61/2011), стр. 43

2.5.1 Утицај микроокружења на топлотни комфор зграде

Добро осмишљено постављање објекта на локацији може да смањи губитак топлоте и до 15%.⁶² У циљу унапређења микроклиме локације, могу се користити различите методе заштите, путем садње биљака и коришћењем карактеристика изграђеног простора.

У циљу заштите од сунца или ветра као ефикасна решења могу се поставити различите баријере, садњом дрвећа и елементима сенчења. Где постоје, пратећи објекти могу да пруже заклон главне куће. Иако се правац ветра стално мења, потребно је процену направити на основу доминантног ветра како би се постигла оптимална оријентација. Наведени приступи могу изменити микроклиму око зграде, што ће се одразити и на унутрашњи комфор.

У пасивном дизајну микро-окружење често се узима као простор неколико десетина метара од зграде, где се тежи да се створи локална модификација климатских услова кроз садњу дрвећа или додавањем других елемената.

Међутим, термин микро-окружење се односи и на изграђено окружење, где близина суседног објекта високе термичке масе може утицати на спољну температуру ваздуха, а тиме и на термички омотач суседне зграде. Материјали са високом термичком масом, који се користе у поплочавању партера, могу задржати топлоту која се апсорбује током сунчаних периода и остати топлији од околног ваздуха тако да ослобађају топлоту током ноћи, што може утицати на услове комфора суседног објекта.⁶³

2.5.2 Оријентација

Оријентација објекта је важан фактор за разматрање, јер корисни топлотни добитци од сунчевог зрачења током зиме могу довести до нежељених добитака у летњим месецима који доприносе прегревању. Велике застакљене површине на јужној фасади, које су типичне за многе нискоенергетске куће, смањују потражњу за енергијом зими, али доводе до прегревања у летњем периоду. Зрачење сунца, које варира у зависности од географске ширине и дужине

⁶² Paul Arnold Architects, *Energy efficiency in traditional buildings*, published by the Stationery office, Dublin, 2010., str. 11

⁶³ Dengel, A., Swainson, M., *Overheating in new homes*, Publisher bb IHS BRE Pres on behalf of the NHBC Foundation, Guide, ISBN 978-1-84806-306-8, London, 2012., str. 17

локације и оријентације објекта, првенствено утиче на топлотне добитке који се остварују кроз застакљене делове зграде. Предност јужне оријентације, за разлику од источне и западне, је да има нижи ниво соларног зрачења у летњем периоду - када је то непожељно.

Правилно димензионисани прозори могу да обезбеде довољно дневне светлости и да минимизирају потражњу за топлотном енергијом за приближно једну трећину.⁶⁴

Прозори оријентисани према југу омогућавају највеће топлотне добитке, док источни и западни прозори у мањој мери доприносе корисном соларном добитку. Када је сунце ниско на небу, током хладнијег доба године и почетком и крајем дана, сунчева светлост продире дубље у унутрашњост зграде и пружа извор топлотне енергије.

На северној страни је препоручљиво да се користи минимална површина застакљивања, само да се испуне захтеви природног осветљења, како би се смањили топлотни губици током грејне сезоне.

Смер и величина енергетских токова ће варирати у току дана, током целе године од места до места, у зависности од спољашњих и унутрашњих климатских услова, оријентације, доба године, од директне сунчеве светлости или облачности, врсте стакла на прозорима и природе материјала зграде, од присуства корисника (метаболички добици) и од типа и количине опреме.

2.5.3 Прегревање

Изложеност корисника високим температурама може резултирати низом здравствених проблема.

Према српском стандарду, за стамбене јединице потребно је обезбедити минималну унутрашњу температуру од 20 °C у зимском периоду, а максимално 26 °C у летњем периоду.⁶⁵

CIBSE водич А сугерише да би максимална унутрашња температура у летњем периоду за не - климатизоване станове требала бити 25 °C за стамбену зону и 23

⁶⁴ CEPHEUS - Project information No. 36, Final Technical Report, Passive House Institute, Hanover, 2001., str. 11

⁶⁵ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, стр. 49

°C за спаваће собе, напомиње се да спавање може бити ометано на температури изнад 24 °C.⁶⁶

Максималне температуре и критеријуми прегревања дати у овом водичу за станове су за дневне просторије максимално 1% годишње преко температуре од 28 °C и 1% годишње за спаваће собе преко температуре од 26 °C.⁶⁷

Прихватљивим унутрашњим летњим температурама се сматрају: изнад 25 °C до 5% током године и изнад 28 °C, 1% током године.⁶⁸

Фактори који доводе до прегревања су:

- соларни добици,
- метаболички добици,
- добици од апарата и расвете,
- одсуство изолације,
- недовољна вентилација.

Истраживања спроведена последњих година су развила техничка решења која доприносе ефикасном смањењу потребне енергије за хлађење зграда и побољшавају квалитет унутрашњег ваздуха.

Пасивне мере вентилације су проверено добра решења за вентилацију простора, нарочито се показао ефикасним систем ноћног хлађења. Одржавање удобне температуре зграде, у летњем периоду, се ослања на контролу или смањење топлотних добитака (соларних и унутрашњих) и смањење и елиминацију вишка топлоте из зграде. Спречити топлотне добитке и уклонити топлоту након што је ушла је основни принцип хлађења у концептима пасивног дизајна.

Теоријска истраживања су показала да се применом пасивних техника хлађења објекта може смањити потребна енергија за хлађење од 50% до 70%.⁶⁹

Спречавање топлотних добитака могуће је вршити помоћу покретних и фиксних елемената заштите од сунчевог зрачења, биљкама, сенком од препуста, тенде, стрехе крова, применом застора и сенком рељефа зидне површине.

⁶⁶ CIBSE Guide A, *Environmental design*, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006., str. 19

⁶⁷ CIBSE Guide A, *Environmental design*, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006., str. 20

⁶⁸ *Low energy cooling Good Practice Guide 5*, Islington, London, str. 2

⁶⁹ Arif K. M., *An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions*, Department of Architecture, Aligarh-202002, India, Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 55, No. 1, 2012., str. 95

Препоруке за смањење ризика од прегревања, на основу истражене литературе, су:⁷⁰

- избегавање великих западно оријентисаних отвора,
- користити природне потенцијале локације,
- користити екстерна сенчења на јужно оријентисаним прозорима,
- користити велике површине објекта високе термичке масе,
- изложити термичку масу сунчевом зрачењу,
- добро вентилirati простор.

Према истраживањима објављеним у публикацији *An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings* (Arif K. M, 2012), сенка дрвета у близини спољашњег зида смањује температуру од 2 °C до 2,5 °C. Сенчење и испаравање са дрвећа може смањити температуру околног ваздуха за више од 5 °C. Забележено је смањење унутрашње температуре од око 2,5 °C до 4,5 °C коришћењем елемената заштите од сунчевог зрачења.⁷¹

На основу истраживања, *Investigation into Overheating in Homes*, која се баве темом прегревања станова, закључено је да ће не само старији, већ и недавно изграђени станови доживети повећано оптерећење за хлађење од 2080. године.⁷² Соларни добитак је најзначајнији узрок прегревања. Спољне ролетне се рангирају као најефикаснија мера која треба да буде примењена у објектима у будућности. Према овом истраживању спољна изолација превазилази унутрашњу изолацију у свим грађевинским конструкцијама и треба је подстицати.⁷³

Резултати истраживања аутора М. Ормеа, Ј. Палмера и С. Ирвинга су показала да комбинацијом мера пасивног пројектовања, применом екстерних сенчења и природне вентилације, број часова изнад 27 °C може бити смањен за скоро 80%.⁷⁴

⁷⁰ *Energy Efficiency Best Practice in Housing Reducing overheating - a designer's guide*, Energy Saving Trust. E&OE. CE129, London, 2005., str. 9 и Orme, M., Palmer, J., Irving, S. *Control of Overheating in Well-Insulated Housing*, str. 14

⁷¹ Arif K. M., *An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions*, Department of Architecture, Aligarh-202002, India, Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 55, No. 1, 2012., str. 86

⁷² *Investigation into Overheating in Homes*, Literature Review, Department for Communities and Local Government, London, 2012., str. 5

⁷³ *Investigation into Overheating in Homes*, Literature Review, Department for Communities and Local Government, London, 2012., str. 85

⁷⁴ Orme, M., Palmer, J., Irving, S. *Control of Overheating in Well-Insulated Housing*, str. 1

Такође је доказано да ће повећање термичке масе код лаких конструкција смањити прегревање. Повећање масе може имати ефекте, неке позитивне и неке негативне. Термичку масу не треба повећавати без увођења ноћне вентилације, како би се уклонила топлота која се апсорбује током дана. Недовољна вентилација може довести до веће опасности од прегревања током дугих периода високих спољних температура.

Дебели слојеви изолације у савременим, енергетски ефикасним објектима су смањили дужину грејне сезоне, тако да се унутрашње температуре могу одржавати од топлотних добитака, али то такође значи да су унутрашње температуре осетљивије на промене од унутрашњих добитака. Иста количина топлоте у врло изолованим становима ће изазвати много већу промену температуре него у неизолованим. Ако су топлотни добици значајно већи од губитака може доћи до прегревања.⁷⁵

Са ниским вредностима коефицијената пролаза топлоте за елементе термичког омотача, у савременим високо ефикасним објектима, као и релативно малом температурном разликом између унутрашњег и спољашњег ваздуха, брзина преноса топлоте је веома ниска. На брзину преноса топлоте такође утиче и термичка маса која одлаже пренос топлоте. То може значити да је током ноћи унутрашња површина зида топлија од ваздуха у просторији, ово је резултат претходног дана и дневних топлотних добитака на спољашњој површини који се преносе полако кроз термички омотач зграде.

Истраживања аутора А. Dengela и М. Swainsona, су показала да је повећање нивоа изолације резултирало смањењем прегревања од 70 до 80% у сатима изнад 27°C, комбиновањем следећих мера:⁷⁶

- укључивање високе термичке масе,
- ноћно хлађење са природном вентилацијом,
- соларно сенчење и смањење унутрашњих добитака.

⁷⁵ *Energy Efficiency Best Practice in Housing Reducing overheating - a designer's guide*, Energy Saving Trust. E&OE. CE129, London, 2005., стр. 9 и Orme, M., Palmer, J., Irving, S. *Control of Overheating in Well-Insulated Housing*, стр. 3

⁷⁶ Dengel, A., Swainson, M., *Overheating in new homes*, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, Guide, ISBN 978-1-84806-306-8, London, 2012., стр. 21

На основу наведеног, јасно је да се мере хлађења морају укључити у процесу пројектовања, тако да чине саставни део укупног пројекта изградње како би се осигурала ефикасност објекта.

Перформансе пројектованог објекта треба посматрати у погледу сценарија пораста температуре, користећи прогнозе будућих временских података који укључују актуелне моделе климатских промена. На тај начин би пројектована нова зграда осигурала и ублажила ризик од прегревања.

Пасивни дизајн обухвата спречавање нежељених летњих топлотних добитака ($40\text{W}/\text{m}^2$ се генерално сматра претераним топлотним добитком) што се постиже контролом.⁷⁷

- директних сунчевих добитака,
- преноса топлоте и инфилтрације,
- интерне топлотне енергије.

2.5.3.1 Пасивни системи за хлађење

Сваки систем вентилације треба да омогући локалну контролу, очува квалитет ваздуха и задовољи потребе хлађења. Према британском стандарду сугерише се минимум од 8 l/s свежег ваздуха по особи.⁷⁸

Пасивни системи за хлађење се обично повезују са пројектовањем нових зграда, али постоје и случајеви где су постојеће зграде прилагођене коришћењу истих принципа. Зграде које су пасивно вентилиране користе мање енергије од зграда са механичком вентилацијом и климатизацијом. Кључне врсте пасивног хлађења укључују попречну вентилацију, пасивну вентилацију базирану на ефекту димњака и ноћно пасивно хлађење.

Једноставно пасивно хлађење може се постићи отварањем прозора када су простори за вентилацију мале површине. Позитиван притисак на ветровитој или вакум на супротној страни зграде изазива кретање ваздуха кроз собу, зграду. Идеално је када су прозори на ветровитој страни зграде отворени мање од прозора на наспрамној страни како би обезбедили оптималан проток ваздуха. Мана овог облика хлађења је да зависи од присуства ветра.

⁷⁷ *Low energy cooling Good Practice Guide 5*, Islington, London, str. 4

⁷⁸ BS 5925:1991, *Code of practice for ventilation principles and designing for natural ventilation*

Системи пасивне вентилације по принципу ефекта димњака уводе свеж ваздух у зграду кроз отворе на нижим нивоима зграде на ветровитој страни и извлаче топао ваздух у канале на вишим нивоима, кроз димњаке или атријуме, користећи чињеницу да се топао ваздух природно подиже. Разлика температура је покретачка снага овог ефекта. Овај тип вентилације захтева да ваздух напољу буде хладнији од унутрашњег ваздуха - већом разликом у температури и већом висинском разликом, повећава се и циркулација ваздуха. У канале за извлачење ваздуха могуће је инсталирати вентилаторе, који се могу користити по потреби, нпр. у још увек топлом делу дана. Када хлађење није потребно, отвори у пасивним системима вентилације могу бити затворени (потпуно или делимично). Ноћно хлађење у зградама високе термичке масе има важну улогу у балансирању унутрашње температуре. Пасивна вентилација базирана на ефекту димњака је нарочито ефикасна за ноћно пасивно хлађење јер тада постоји највећа разлика између унутрашње и спољне температуре.

2.5.4 Термичка маса

Према дефиницији у Правилнику о енергетској ефикасности зграда, термичка маса представља делове термичког омотача и структуре зграде од материјала и у дебљини који омогућавају акумулацију топлоте.⁷⁹

Брзина којом се топлота преноси преко омотача зграде је изражена као U-коэффициент преноса топлоте. Ниске U-вредности материјала значе да преносе топлоту полако и зато су добри изолатори. Топлота се губи преко кровних равни 30%, димњака 20%, зидова 25%, прозора 13%, подова 7%, топлотних мостова 5%.⁸⁰

Зидови високе термичке масе и зидови са изолованом лаком конструкцијом са истим U-вредностима различито утичу на енергетску ефикасност објекта. Понекад може бити корисно да зграда брзо реагује на промену температура, али генерално, зграде високе термичке масе и релативно дугог времена отпуштања топлоте у енергетском смислу су ефикасније.

⁷⁹ *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, стр. 1

⁸⁰ Paul Arnold Architects, *Energy efficiency in traditional buildings*, published by the Stationery office, Dublin, 2010., str. 16

На основу истраживања које је спровео Универзитет у Финској (Тампере University of Technology) који је испитао 28 међународних публикација на тему термичке масе изведено је низ закључака, међу којима су:⁸¹

- када се пореде стамбени објекти лаке и масивне конструкције, могућа је уштеда од 15% у топлотној енергији у зградама масивне конструкције због термичке масе, уштеда у северно- европским климатским условима је 10%,
- када се хлађење не користи лети, температуре ваздуха у затвореном простору у згради масивне конструкције су 3 - 6° С ниже у односу на исти објекат лагане конструкције, тако да висока термичка маса може да смањи потребну енергију за хлађење,
- комбинација високе термичке масе и побољшање заптивености у породичним кућама масивне конструкције могу да доведу до смањења од 20% у потрошњи топлотне енергије у поређењу са истом зградом у лаганој конструкцији.

Једна норвешка студија процењује перформансе породичне куће са ноћном вентилацијом, резултати су показали да је стамбеној згради масивне конструкције потребно око 7% мање енергије за грејање од зграде лагане конструкције и да је термичка маса, извршила велики утицај на топлотни комфор.⁸²

Исти резултати су добијени и на основу истраживања спроведеним у Америци на поређењу две куће нула енергије, куће лаке конструкције, систем дрвеног рама и куће са изолованим бетонским зидом.⁸³ Резултати су показали да се температура масивних система мења спорије од температуре конвенционалних зидова што доводи до стабилније унутрашње температуре. Такође је закључак да зид високе термичке масе има могућност за складиштење топлоте током дана и да отпушта топлоту ноћу, али у условима са високим 24-h температурама, више топлоте ће се сачувати него што се може отпустити ноћу, што доводи до повећања потребне енергије за хлађење.

⁸¹ *Concrete for energy-efficient buildings: The benefits of thermal mass*, Published by British Cement Association, British Ready-mixed Concrete Association, British Precast Concrete Federation and the Cement Admixtures Association, April 2007., str. 10

⁸² *Concrete for energy-efficient buildings: The benefits of thermal mass*, Published by British Cement Association, British Ready-mixed Concrete Association, British Precast Concrete Federation and the Cement Admixtures Association, April 2007., str. 10

⁸³ Zhu, L., Hurt, R., Correia, D., Boehm, R. *Detailed energy saving performance analyses on thermal mass walls demonstrated in a zero energy house*, Energy and Buildings 41, 2009., 303-310, str. 8

У стандарду Републике Србије није дефинисан параметар термичке масе (TMP) за прорачун потребне енергије за грејање и хлађење.⁸⁴

У циљу сагледавања значаја и односа параметара термичке масе, анализираће се стандарди који су дефинисали ове вредности као обавезујуће у прорачуну потребне енергије за грејање и хлађење објеката.

Према стандард поступку *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings* (SAP), за прорачун енергетске ефикасности станова, параметар термичке масе је укључен у прорачун, такође је дат термички капацитет за типичне конструкције (Табела 12). Референтна вредност TMP за станове у Енглеској је средња, 250 kJ/m²K.⁸⁵

Табела 12. Параметри термичке масе, према SAP- у (извор: SAP 2012.)

Термичка маса	TMP (kJ/m ² K)
ниска	100
средња	250
висока	450

Према SAP- у укупна термичка маса стана прорачунава се множењем површине, за сваки грађевински елемент, са његовом **к** - вредношћу са обе стране свих унутрашњих површина, сума се затим дели са површином стана (TMP= $\sum kxA/TFA$), што даје параметар термичке масе (TMP) изражен у kJ/m²K.⁸⁶

Вредност **к** је дефинисана као топлотни капацитет по јединици времена изражен у kJ/m²K и прорачунава се за сваки грађевински елемент следећом формулом **к** =

⁸⁴ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, правилником је дефинисано да се топлотни комфор обезбеђује коришћењем термичке масе, стр. 42

У поглављу 3.5 Топлотна акумулативност у табели 3.2.2 дате су најмање дозвољене вредности кашњења осцилације температуре η_{\min} [h] за грађевинске елементе, даље у поглављу је наведено да је детаљан прорачун топлотне акумулативности грађевинских елемената садржан у стандарду SRPS EN ISO 13786 иако није наведен у стандардима методологије прорачуна потребне енергије у зградама у Прилогу 2

⁸⁵ SAP 2012, *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings*, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013., str.106-134

⁸⁶ SAP 2012, *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings*, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013., str.6, str. 134

$10^6 \times \sum(d_j r_j c_j)$, (d_j – дебелина материјала, r_j – густина материјала, c_j – специфична топлота материјала).⁸⁷

Термичка маса није замена за изолацију, потребна је комбинација оба слоја како би се оптимизовала енергетска ефикасност. Термичка маса треба да буде изолована од утицаја спољашњих температура ваздуха. Положај изолације у односу на термичку масу је од посебног значаја. Једноставно правило је да термичка маса треба да се налази унутар изолованог омотача зграде. У практичном смислу, зид зидан шупљим елементима већ задовољава основно правило, јер ваздух у шупљини има термоизолациона својства, дозвољавајући унутрашњим слојевима да буду изложени. За зидове зидане пуним елементима, изолација треба да буде лоцирана на спољашњој површини термичког омотача, што је уобичајена пракса. За изолацију плоче на земљи пожељно је да се налази испод плоче.

Са енергетског аспекта више термичке масе је боље, али као и са свим аспектима пројектовања потребно је доћи до изводљиве равнотеже, узимајући и остале околности у обзир.

Није неопходно да сунчеви зраци директно обасјавају све унутрашње површине да би се топлота апсорбовала, конвекцијом и радијацијом ће се дистрибуирати топлота у целом простору. Један од кључних проблема са многим зградама је да оне могу имати значајно присуство термичке масе, али да немају позитиван ефекат на топлотни комфор. Разлог је у томе што термичка маса није изложена, не може да прикупи топлоту, због уградње тепиха, лаганих гипсаних плоча унутрашњих зидова и других облога. Изложеност зидова се најбоље постиже малтерисањем унутрашњих површина, јер ће то омогућити спровођење топлоте. Где год је изводљиво, подови треба да буду обложени керамиком или каменом, а употребу тепиха избегавати.

Без адекватне вентилације, термичка маса може у неким околностима да негативно утиче на топлотни комфор. Уколико се не може обезбедити добра вентилација и ноћно хлађење, нижа термичка маса је прикладније решење.⁸⁸

⁸⁷ SAP 2012, *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings*, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013., str.6, str. 133

Да би материјали успешно функционисали као термичка маса морају бити у стању да сачувају велике количине топлоте, као и да ефикасно емитују топлоту током дневног циклуса. Густина, топлотни капацитет и топлотна проводљивост зида могу да успоре пролаз топлоте са једне на другу страну зида (кашњење осцилације температуре), као и да ублаже те добитке, јер пролазе кроз њу (фактор опадања). Зидови средње и високе термичке масе изоловани важећим стандардима ће успорити пролаз топлоте за око 9 до 12 сати, што обезбеђује оптимално кашњење осцилације температуре.⁸⁹

Аутор Saulles, T. у публикацији *Thermal mass explained*, дефинише фактор опадања као однос између температуре унутрашње површине у поређењу са температуром спољашње површине грађевинског елемента.⁹⁰ Према истом извору, зид са фактором опадања 0,5 који изложен температури од 20 °C на спољашњој површини, доживеће варијацију од 10 °C на унутрашњој површини. Дакле, низак фактор опадања ће обезбедити већу стабилност температуре унутрашње површине.

Осим наведених, битан фактор за погодан рад термичке масе је и дебљина материјала. Према истраживању аутора Walsh, R., Kenny P., Brophy, V., ефективне дебљине за материјале велике густине од 2,000–2,500 kg/m³ су око 10 cm.⁹¹ Веће дебљине неће унапредити енергетске перформансе објекта, стога се препоручују мање дебљине слојева и простирање материјала на већу површину.

Препоруке које утичу на ефикасно коришћење термичке масе су:⁹²

- интегрисати велике прозоре у објекте, оријентисане према југу, вертикална стакла су најбоља јер омогућавају да низак угао зимског сунца продре у зграду, а ограничавају висок угао летњег сунца,
- високи прозори ће омогућити да сунчево зрачење продре дубље у зграду,

⁸⁸ *CIBSE Guide F, Energy efficiency in buildings*, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN 1 903287 34 0, London, 2004., str. 37

⁸⁹ De Saulles, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre-MPA, UK, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012., str. 13

⁹⁰ De Saulles, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre-MPA, UK, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012., str. 13

⁹¹ Walsh, R., Kenny P., Brophy, V., *Thermal Mass & Sustainable Buildings*, Improving Energy Performance and Occupant Comfort, Irish Concrete Federation, 2006., str. 4

⁹² Walsh, R., Kenny P., Brophy, V., *Thermal Mass & Sustainable Buildings*, Improving Energy Performance and Occupant Comfort, Irish Concrete Federation, 2006., str. 7

- балансирати величину прозора са топлотним капацитетом собе, када се повећавају површине застакљивања, изложена термичка маса такође треба да је у порасту, препоручује се однос термичке масе и стакла 6 : 1.
- термичка маса која је изложена директној сунчевој светлости је 30% ефикаснија, грађевински материјали велике густине обезбеђују највећу количину термичке масе, пун бетонски блок са густином од 1.850 kg/m^3 пружа дупло већу термичку масу од шупљег бетонског блока са густином од 500 kg/m^3
- првих 100 mm зида велике густине ($2000\text{-}2.500 \text{ kg/m}^3$) најбоље функционише као термичка маса,
- споља изоловани зид ће се понашати као термичка маса ако је унутрашња површина слободна, избегавати унутрашњу изолацију,
- плоча у приземљу је најпогодније, најефикасније место за термичку масу, јер добија директно сунчево зрачење,
- плафони не примају директно сунчево зрачење, али до њих допире зрачење приземне плоче, зато што су површине оријентисане једна према другој.

Колико је важно ускладити величину отвора са термичком масом и какви су ефекти те везе на добар начин је демонстрирано у CIBSE пројектантском водичу, на моделу следећих карактеристика (Табела 13):⁹³

- зидови од пуног блока са 10 cm изолације,
- густина од 30 kg/m^3 ,
- специфичног топлотног капацитета 850 J/kgK ,
- проводљивост $0,04 \text{ W/mK}$,
- коефицијент пролаза топлоте за фасадни зид, под и плафон је $0.75 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- мали прозори су површине $3,5 \text{ m}^2$,
- велики прозори су површине од $7,0 \text{ m}^2$.

⁹³ *CIBSE Guide A, Environmental design*, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006., str. 193

Табела 13. Варијације температуре услед различитих параметара термичке масе и површине стакла (извор: CIBSE Guide A)

Тип собе	Основна оперативна температура - θ_c / °C	Осцилације у оперативној температури θ_c / K	Врхови Оперативне температуре - θ_c / °C
Велики прозори, висока термичка маса	31,5	4,7	36,2
Велики прозори, ниска термичка маса	31,5	8,5	40
Мали прозори, висока термичка маса	27,9	3	30,9
Мали прозори, ниска термичка маса	27,9	5	32,9

2.5.5 Вентилација

Прорачун губитака топлотне енергије подразумева губитке настале услед вентилације и инфилтрације. Инфилтрација је неконтролисана размена спољашњег ваздуха и ваздуха из унутрашњости зграде, а вентилација је наменски обезбеђена, контролисана размена ваздуха спољног и унутрашњег простора помоћу низа природних мера и механичких уређаја.

Вентилација игра важну улогу у контролисању нивоа влаге и загађивача ваздуха. Она омогућава да се влажан ваздух који настаје услед кувања, купања и прања, изведе из објекта пре него што проузрокује штету на објекту. Вентилација има важну улогу у очувању квалитета ваздуха у објекту, тако што одстрањује загађени ваздух из затвореног простора. Свеж ваздух замењује ваздух који садржи вишак влаге и који је загађен услед испарења из грађевинског материјала, тепиха, намештаја и других кућних предмета као последица старења, распадања.

Потребан интензитет вентилације ваздуха зависи од броја станара, њихове активности и емисије загађујућих материја у простору.

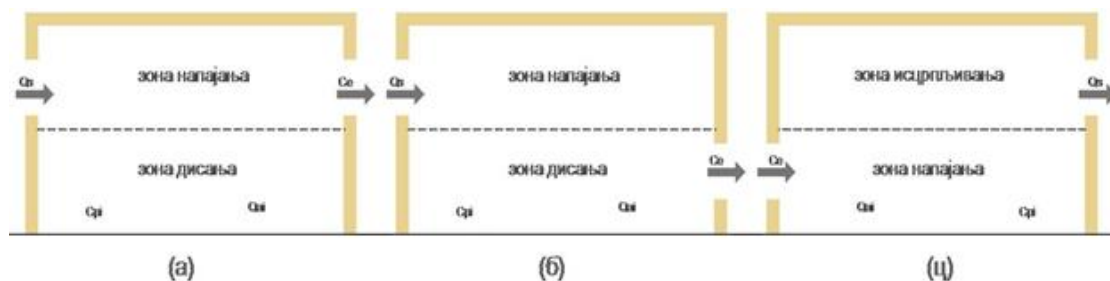
Природна вентилација се покреће струјањем ваздуха и разликом у притисцима. Из тог разлога, природна вентилација је веома променљива, јер ће начин протока ваздуха и интензитет вентилације зависити од преовлађујућих временских услова.

Ако је годишњи распон температуре између -10 °C до +30 °C, у комбинацији са брзинама ветра од 0-10 m/s, систем би могао бити условљен са преко 3000

различитих услова у току једне године. Упркос могућности да се овај опсег смањи на меру доминантног ветра, заклоњености, микроклиме као и према врсти вентилације, мора се обезбедити прилагодљивост решења, због чињенице да су могуће промене услова.⁹⁴

На основу смерница о ефикасности вентилације датих у CIBSE водичу за пројектанте, простор у соби је подељен на две зоне (Сл. 5):⁹⁵

- зона у којој се ваздух уводи и/или одстрањује из просторије,
- остатак простора, зона дисања/ напајања.



Сл. 5. Природни начини вентилације, путем прозорских отвора
(извор: CIBSE Guide A, 2006.)

У начинима вентилације, као што је приказано на Слици 5., случајеви (а) и (б), претпоставља да је зона напајања обично изнад зоне дисања. Најбољи услови се постижу када је мешање ваздуха довољно ефикасно да се две зоне споје у једну. У начину вентилације, случај (ц), зона снабдевања је обично на nižем нивоу, а издувна зона је на вишем нивоу. Најбољи услови се постижу када су минимална мешања ваздуха између две зоне (Табела 14).

⁹⁴ CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006., str. 153

⁹⁵ CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006., str. 28

Табела 14. Ефекти вентилације у односу на температуру и начин постављања отвора (извор: CIBSE Guide A, 2006.)

Начин вентилације	Температурна разлика између спољашњег ваздуха и ваздуха собе $\theta_{\text{споља}} - \theta_{\text{собе}}$	Ефективност вентилације E_v
Висок ниво уласка/изласка ваздуха (а)	<0	0,9-1
	0-2	0,9
	2-5	0,8
	>5	0,4-0,7
Висок ниво уласка/низак ниво изласка ваздуха (б)	<-5	0,9
	(-5)-0	0,9-1
	>0	1
Низак ниво уласка/висок ниво изласка ваздуха (ц)	<0	1,2-1,4
	0-2	0,7-0,9
	>2	0,2-0,7

Највећи ефекат вентилације је када су прозори постављени на више фасада објекта и када могу бити отворени током целог дана (Табела 15).

Табела 15. Ефекти вентилације према положају и отварању прозора (извор: CIBSE Guide A, 2006.)

Локација прозора	Коришћење прозора		Ефективност вентилације	
	дан	ноћ	Измена ваздуха/h	Вентилациони губици W/m^2K
На једној страни зграде	затворен	затворен	1	0,3
	отворен	затворен	3	1,0
	отворен	отворен	10	3,3
Више од једне стране	затворен	затворен	2	0,6
	отворен	затворен	10	3,3
	отворен	отворен	30	10,0

Услед екстремних заптивања високо енергетских кућа, потребно је обратити више пажње на стопу вентилације коју је потребно постићи у објекту.

Иако је једна од главних карактеристика пасивне куће добра заптивеност и механички систем за вентилацију са рекуперацијом топлоте (коришћење топлоте

од рада система вентилације), у Великој Британији, међу грађевинарима постоји неслагање о неопходности механичке вентилације.⁹⁶

Према студији *The passivhaus standard in European warm climates* (Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, 2007.), вентилација је најефикаснија ако је отварање прозора аутоматски контролисано. Мануелно контролисана вентилација има предност у избегавању трошкова одржавања и уградње механичког система и омогућава корисницима да имају степен контроле над отварањем прозора.⁹⁷

Према правилнику о енергетској ефикасности у Србији број измена ваздуха је часовни број измена унутрашњег ваздуха спољним ваздухом, обрачунат за запремину зграде унутар термичког омотача.⁹⁸ Број измена ваздуха на час у зависности од заклоњености и класе заптивености зграде дате су према стандарду SRPS EN ISO 13789. За породичне појединачне куће са природном вентилацијом дате су вредности које су неопходне у обрачуну потребне енергије за грејање и хлађење (Табела 16).

Табела 16. Број измена ваздуха према важећем српском стандарду, за појединачне породичне куће са природном вентилацијом (извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда)

Заптивеност	Број измена ваздуха n [h^{-1}]		
	лоша	средња	добра
Отворени положај зграде	1,5	0,8	0,5
Умерено заклоњени положај зграде	1,1	0,6	0,5
Веома заклоњен положај зграде	0,76	0,5	0,5

⁹⁶ *The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes, Part 1. A review of comfortable low energy homes*, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007., str. 9

⁹⁷ *The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes, Part 1. A review of comfortable low energy homes*, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007., str. 9

⁹⁸ *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, стр. 1

Предности побољшаних нивоа изолације и енергетски ефикасних система грејања су умањени ако се топао ваздух инфилтрира из зграде, зато је заптивеност обавезан услов многих европских стандарда.

Ниво заптивености се мери као пропустљивост ваздуха: m^3/hm^2 при разлици притиска од 50 Pa. Другим речима, ниво заптивености је количина ваздуха (y m^3) која улази или излази ван објекта по сату, подељена са површином унутрашњег простора (y m^2) при разлици притиска од 50 Pa.⁹⁹ Што је нижа вредност пропустљивости ваздуха стан је заптивенији.

У водичу *A practical guide to building airtight dwellings*, дате су смернице како постићи добру природну вентилацију ако је ниво заптивености од 3 до 4 m^3/hm^2 на 50 Pa.¹⁰⁰ За станове који имају заптивеност мању од 3 m^3/hm^2 на 50 Pa, природна вентилација неће обезбедити квалитетан ваздух и биће неопходна уградња механичке вентилације.

2.5.6 Топлотни мостови

Топлотни мостови се јављају на местима где део спољног зида или крова објекта одаје топлоту директно у атмосферу бржим темпом него у осталом делу конструкције. Услед топлотних мостова јавља се кондензација, што често доводи до појаве буђи.

Према CERNEUS техничком извештају, у циљу избегавања топлотних мостова и смањења губитака топлоте потребно је следити следећа правила:¹⁰¹

- правило превенције: када је то могуће не прекидати термички омотач,
- правило продора: где је топлотно изолациони слој неизбежно прекинути, топлотна отпорност изолације требало би да буде што је могуће виша,
- правило чвора: уколико се елементи конструкције укрштају, изолациони слојеви треба да обложе елементе не прекидајући изолацију,
- правило геометрије: пожељно је да пројектоване ивице објекта буду под правим углом.

⁹⁹ Jaggs M., Scivyer, C., *A practical guide to building airtight dwellings*, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, Amersham, 2009., ISBN 978-1-84806-095-1, str. 1

¹⁰⁰ Jaggs M., Scivyer, C., *A practical guide to building airtight dwellings*, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, Amersham, 2009., ISBN 978-1-84806-095-1, str. 1

¹⁰¹ CERNEUS – *Project information No. 36*, Final Technical Report, Passive House Institute, Hanover, 2001., str. 17

2.6 Методолошки поступак у процесу процене енергетских перформанси анализираних објеката

Методолошки поступак обухвата анализу референтних и репрезентативних модела: традиционалног и савременог индивидуалног стамбеног објекта и анализу хипотетичког модела са аспекта транспоновања елемената традиционалне архитектуре у објекте индивидуалног становања.

Методолошки приступ у анализи наведених објеката, модела обухвата следеће активности:

- дефинисање типологије индивидуалних стамбених објеката на подручју космајских насеља,
- дефинисање карактеристика термичког омотача и процена потрошње енергије за грејање и хлађење репрезентативних модела традиционалних и савремених индивидуалних стамбених објеката,
- дефинисање хипотетичких-референтних модела,
- симулација енергетских перформанси хипотетичких модела помоћу аналитичког софтвера PHPP,
- упоредна анализа резултата.

2.6.1 Аналитички алат - софтвер за обављање параметарских анализа (PHPP)

Потреба за тачним техникама моделирања и симулације објеката има за циљ да помогне у одлучивању у процесу пројектовања.

Passive House Planning Package - PHPP софтвер на основу Ексел програма је уведен први пут 1998. године. Пасивхаус институт у Немачкој је развио и усавршио PHPP софтвер у протеклих 18 година, као неопходан алат за пројектовање пасивне куће. Софтвер се континуирано проверава и допуњава на основу нових анализа истраживања. PHPP је прецизан софтвер за пројектовање објеката ниске потрошње енергије који користе инжењери широм света у циљу пројектовања одрживих зграда у различитим климатским условима.¹⁰²

¹⁰² Passive House, Institut Dr. Wolfgang Feist, Passive House Planning Package 2007, PHPP 2007, Requirements for Quality Approved Passive Houses, Technical Information PHI-2007/1(E), 2007., str. 179

Концепти енергетски ефикасних зграда постају све разноврснији, што доводи до повећане потребе поређења различитих пројеката или имплементација варијантних пројеката - не само у односу на исходе ефикасности, већ и у погледу економичности. PHPP софтвер омогућава унос параметара ефикасности за различите варијанте. То омогућава приказивање побољшања ефикасности услед сваког појединачног корака реновирања, што омогућава поређење економске оправданости међу изабраним планираним варијантама.

Табеле за прорачун потребне енергије за загревање и хлађење просторија, биланса (годишње и месечне методе), дистрибуцију и снабдевање топлотном и електричном енергијом и прорачун потрошње примарне енергије, представљају главне карактеристике овог алата. Основни модули су допуњавани за пројектовање енергетски ефикасних објеката, укључујући и обрачун карактеристичних вредности прозора, сенчење и вентилацију, узимајући у обзир обновљиве изворе енергије.

Научна истраживања у неколико објеката показала су високу корелацију између потражње израчунате помоћу PHPP алата и потрошње утврђене кроз научне пројекте мониторинга.

Према добијеним резултатима објављеним у публикацији *Comparison of measurements and simulations of a "PASSIVE HOUSE"*, у истраживањима која се баве поређењем симулиране пасивне куће и резултата добијених мерењем, могуће је у пракси остварити пројектоване U-вредности (W/m^2K) за елементе термичког омотача. Моделован објекат је имао U вредности $0,158 W/m^2K$, док су измерене вредности на локацији, након изградње једне пасивне куће у Белгији, биле $0,12 W / m^2K$ са толеранцијом од $0,031 W/m^2K$.

Анализом је закључено: да би гарантовао добре резултате, модел мора бити што тачнији, поједностављења у моделу често доводе до непрецизности.¹⁰³ Смернице

¹⁰³ De Meulenaer, Veerle., Van der Veken, Jeroen., Verbeeck, Griet., Hens, Hugo., *Comparison of measurements and simulations of a "PASSIVE HOUSE"*, Laboratory of Building Physics, Department of Civil Engineering, KU Leuven, Belgium, 2005., str. 772

за симулирање пасивне куће, формулисане на основу поменутог истраживања су следеће:¹⁰⁴

- све спољне површине треба извести из унутрашњих димензија и пренос топлоте у угловима и везе са темељима и подовима треба симулирати посебно са детаљном контролом, (у упутству коришћења софтвера PHPP је препоручено уношење спољних димензија објекта у прорачун),
- све особине отвора треба знати: површину прозора, површину рама, оптичке параметре стакла, коефицијенте пролаза топлоте рама и стакла, рефлексију и апсорпцију,
- потребна је тачна стопа вентилације и инфилтрације, у пасивним кућама стопу инфилтрације углавном треба занемарити због добре заптивености објекта,
- такође је потребна добра процена термичке масе, пошто сви присутни материјали имају свој допринос.

Користећи ове смернице, може се рећи да се довољно прецизни модели пасивне куће могу развити кроз софтвере који анализирају унутрашњи топлотни комфор.

Подручје примене је:

- 1) одређивање максималне потребне топлотне енергије, у циљу креирања система грејања за хладне периоде,
- 2) спречавање прегревања у летњем периоду, применом мера попут препуста или екстерних сенила.

На овај начин модел може бити корисна алатка у процесу пројектовања у циљу постизања перформанси нискоенергетске куће током зимских и летњих услова.

¹⁰⁴ De Meulenaer, Veerle., Van der Veken, Jeroen., Verbeeck, Griet., Hens, Hugo., *Comparison of measurements and simulations of a "PASSIVE HOUSE"*, Laboratory of Building Physics, Department of Civil Engineering, KU Leuven, Belgium, 2005., str. 775

У истраживању је у целости примењена процедура прорачуна дефинисана софтвером и правилником о енергетској ефикасности зграда:

- одређивање енергетског разреда према правилнику о ЕЕ (Табела 4),
- димензије спољних површина елемената термичког омотача и површине поткровне етаже које су висине изнад 1,5 m, према препоруци из софтвера,
- климатски подаци на основу табеле суме сунчевих зрачење према правилнику о ЕЕ, у хипотетичком моделу поређење модела према климатским подацима за Младеновац и Сопот према софтверу Meteororm (Табеле 2 и 3) и према пројекцијама температура за Младеновац за 2050. годину према софтверу Meteororm (Табела 2),
- пројектна унутрашња температура 20 °C у зимском периоду према правилнику о ЕЕ,
- фреквентност прегревања преко 25°C у летњем периоду, према препоруци софтвера,
- број измена ваздуха према правилнику о ЕЕ (Табела 16),
- карактеристике примењених материјала, на основу правилника о ЕЕ (Табела 3.4.1.2 Хигротермичке особине грађевинских материјала и производа) и на основу извора из литературе (Табеле 18, 19 и 20),
- прорачун примарне енергије и емисије CO₂, на основу правилника о ЕЕ, (Табеле 9 и 10).

3.0 ТРАДИЦИОНАЛНА СТАМБЕНА АРХИТЕКТУРА ШУМАДИЈСКОГ ПОДРУЧЈА СА ЕНЕРГЕТСКОГ АСПЕКТА

Истраживања традиционалне стамбене архитектуре спроведена су на ширем подручју Шумадије, затим и на подручју космајских насеља. На основу анализираних типова врши се одабир референтног модела који богатством својих елемената на најбољи начин описује принципе градње традиционалне архитектуре и однос кућа према условима локације у којој настају.

3.1 Историјски приказ типова традиционалних стамбених објеката шумадијског подручја

Анализом градитељског наслеђа на територији Србије бавили су се до сада многи аутори. Најбројнија истраживање се заснивају на типологији и анализи димензија и диспозицији просторија. Преглед такве типологије је дат у овом поглављу.

На тип куће утичу многи фактори као што су: миграционе струје, географске карактеристике области, занимање и етничке склоности становништва.¹⁰⁵

У испитивању утицаја који су одредили архитектуру овог простора, значајну улогу имају мајстори градитељи који су преносили архитектуру свога краја.

У свом истраживању Ј. Цвијић излаже да су брвнаре у подрињским и ваљевским крајевима најчешће градили Осаћани, док су у осталим крајевима радили сами сељаци.¹⁰⁶ Градитељи из Нишких крајева и Пирота, са почетка XIX века, почињу уводити нови кровни покривач - ћерамиду у северне крајеве Србије.¹⁰⁷

Б. Којић говори о групи градитеља, који су преко лета долазили у разне делове Србије, међу којима су најпознатији "Мајстори Осаћани", име настало према области Осат у Босни, који су били познати по грађењу брвнара. Другу групу градитеља, који долазе у Шумадију, чине мајстори из Пирота и околине. Пиротски мајстори су били познати и по томе што су дрвени оцак мењали

¹⁰⁵ Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Типови кућа, САНУ, Београд, 2000., стр. 257

¹⁰⁶ Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Брвнаре шумовите динарске области, САНУ Београд, 2000., стр. 269

¹⁰⁷ Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Брвнаре шумовите динарске области, САНУ Београд, 2000., стр. 270

зиданим, затим су уводили већи број прозорских отвора,¹⁰⁸ такође су били специјализовани у грађењу бондручара.¹⁰⁹

Према истраживањима Б. Којића, куће у шумадијском крају су биле веома примитивне, као разлог аутор наводи сталне селидбе услед бежања. Као најстарије куће помињу се лубаре, које су грађене од брвна или чатме, а лубом (кора од дрвета) покривене, без темеља и димњака.¹¹⁰ Куће које су прве подигле оцаке су примитивне зграде, покриване сламом и кровином (слама и лишће). Касније се развио тип једноделне зграде - брвнаре која је покривана шиндром - танким дашчицама.¹¹¹

Шиндралије су у почетку биле једноделне а касније се *кући* додала и соба. У време када Дробњаковић обилази села Космаја 1925-1927. године, шиндралије су већ потпуно нестале. У то време се граде чатмаре, нарочито кованице, куће бондручне конструкције за коју се прикивају тесане летве. Код кованица темељ је од камена, а зидови од летава и греда које се испуњавају блатом. Оне су се сматрале топлијим за изградњу. Затим се зидају куће са испунама од ћерпича - непечене опеке, опеке и камена.¹¹²

Према објектима који су до данас сачувани, можемо пратити поделу сеоских кућа у шумадијским насељима коју даје Б. Којић. У области Шумадије се могу препознати и бондручаре са четири одељења, из којих се, према Б. Којићу, касније развио тип старијег и новијег моравског стила.

Према наведеним поделама, можемо закључити да је један од битних утицаја који одређују архитектуру једног простора кретање становништва, било да се ради о великим миграцијама или групи градитеља. Тако да на простору Шумадије запажамо утицаје из разних делова Балкана: Осата,¹¹³ Пирота,¹¹⁴ Косова.¹¹⁵ Поред

¹⁰⁸ Цвијић, Јован., *Антропогеографски и етнографски списи*, Кућа, САНУ, Београд, 2000., стр. 77

¹⁰⁹ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Мајстори градитељи, Просвета, Београд, 1949., стр. 11

¹¹⁰ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Мајстори градитељи, Просвета, Београд, 1949., стр. 132

¹¹¹ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Мајстори градитељи, Просвета, Београд, 1949., стр. 137

¹¹² Дробњаковић, Боривоје., *Космај*, репринт издања Насеља и порекло становништва, Српска краљевска академија, Младеновац, 2004., стр. 12

¹¹³ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Брвнара Осањанка, Просвета, Београд, 1949., стр. 141

наведених утицаја, на архитектуру градова¹¹⁶ утицала је и архитектура оријента,¹¹⁷ Македоније. Такође нису занемарљиви ни утицаји који се одвијају на релацији село - град.

Брвнару - осаћанку карактерише концепт њеног крова, однос висине крова и запремине приземног дела зграде, као и ритмично вертикално низање шиндре.¹¹⁸

Цео објекат својом пропорцијом и акцентованим димљачним капићем стреми у висину (Сл. 6). За изградњу брвнаре је карактеристично да су све везе грађевинских елемената прављене ручно и од дрвета.¹¹⁹

Према опису Јована Цвијића *брвнаре шумовите динарске области* су биле карактеристичне за све шумовите области Балкана и јављала се као полубрвнара, получатмара. За тај тип је карактеристично да нема таваницу над просторијом *куће*, кров је по правилу стрм покривен шиндром, у побрђу Шумадије ти кровови су мањег нагиба. Кровни покривач је шиндра и у слемени са обе стране крова постављене су баце кроз које излази дим, касније су зидани оцаци са капићем.¹²⁰



Сл. 6. Брвнара са бацама и капићем

(извор: Крунић, Ј., 1996.)

¹¹⁴ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Развој куће у Шумадији и Поморављу, Просвета, Београд, 1949., стр. 11

¹¹⁵ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Косовска приземљуша у Србији, стр. 166

¹¹⁶ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Архитектура градске куће, стр. 48

¹¹⁷ Крунић, Јован., *Баштина градова средњег Балкана*, Утицај оријента, Републички завод за заштиту споменика културе, Београд, 1996., стр. 18

¹¹⁸ Којић, Бранислав., *Сеоска архитектура и руризам*, Грађевинска књига, Београд, 1973., стр. 59

¹¹⁹ Дероко, Александар., *Народно неимарство*, САНУ, Београд, 1968., стр. 19

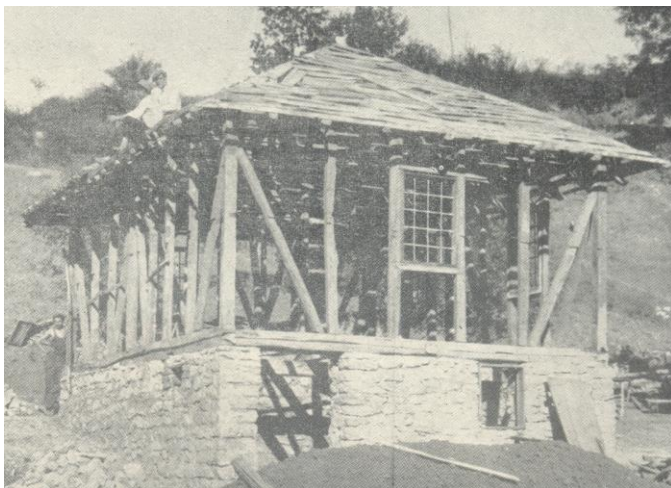
¹²⁰ Цвијић Јован., *Балканско полуострво*, Брвнаре шумовите динарске области, САНУ, Београд, 2000., стр. 262

Полубрвнаре или получатмаре представљају развијени тип брвнара које су у почетку имале једну просторију, а касније се делила на две просторије, од којих се једна почела зидати у бондрук конструкцији (Сл. 7). Постепено су се облице за зидове, због уштеде, замењивале притесаним гредама, а потом су и те греде стругане у талпе чија се дебљина постепено смањивала.¹²¹



Сл. 7. Полубрвнара, получатмара
(извор: Дероко, А., 1968.)

Куће бондручне конструкције се граде од вертикално и хоризонтално постављених греда и стубаца укрућених косницима (Сл. 8). Оваква конструкција је испуњавана у почетку преплетеним пружењем и блатом, а касније непеченом опеком.



Сл. 8. Конструкција бондручаре
(извор: Дероко, А., 1968.)

¹²¹ Дероко, Александар., *Народно неимарство*, САНУ, Београд, 1968., стр. 22

Прве бондручне куће су биле приземне, садржале су кућу, собу и трем дуж целе фасаде. Један део трема се претвара у собу са вратима према трему (Сл. 9). У почетку је та просторија била остава, а касније се претварала у собу. На тај начин настаје тип старије моравске куће.¹²²



Сл. 9. Приземљуша
(извор: Дероко, А., 1968.)

Новија моравска кућа се развила од бондручних кућа којима се придодавао трем чији су стубови стилизовани у аркаде (Сл. 10).



Сл. 10. Моравска кућа
(извор: Дероко, А., 1968.)

¹²² Марић, Игор., *Трансформација народне архитектуре централне Србије у процесу урбанизације у XIX и XX веку*, докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2006., стр. 71

3.1.1 Основни функционални елементи куће

• *Кућа*¹²³ - основна просторија куће у којој је смештено огњиште.¹²⁴ *Кућа* је простор за припрему хране у којој се проводи већи део дана. Улаз у *кућу* је директан, преко степеништа или трема.

Постоје два начина положаја *куће* у односу на улаз и комуникацију са осталим просторијама:

- *кућа* може имати улогу хола, тако да се из ње комуницира са осталим просторијама,
- *Кућа* је повезана са делом просторија док се у поједине просторе улази из соба.

Трем и доклат - код неких аутора се назива и ајат.¹²⁵ Код већине аутора се *трем* везује за приземље објекта, док је *доклат* *трем* на спрату.

Према положају и функцији разликујемо:

- *подужни* *трем*, који има функцију летње просторије, није у директној вези са собама, већ му се прилази спољним степеништем,
- *трем*, *подужни* или на углу, који је заправо претпростор за улазак у собе (Сл. 8, Сл. 9).

Собе - у почетку нису имале своје пећи, то су заправо спаваће собе,¹²⁶ док се и даље већи део дана проводио у *кући*.

Гостинске собе - називају их још и оцаклијама¹²⁷ због оцака који је у њима зидан. У већим објектима гостинска соба је имала посебан улаз, који је обично био преко доклата. У мањим објектима у гостинску собу се улазило из *куће*, као и у објектима где *кућа* није у вези са свим просторима.

¹²³ Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Брвнаре шумовите динарске области, САНУ, Београд, 2000., стр. 262

¹²⁴ Цвијић, Јован., *Антропогеографски и етнографски списи*, Кућа, САНУ, Београд, 2000., стр. 72

¹²⁵ Петровић, Александар., *Праисторија Срба*, Култ огњишта, Пешић и синови, Београд, 2001., стр. 149

Начин окупљања и седења око круга-огњишта има далеке корене у нашој традицији. Огњиште је симбол заједништва. Сама организација у породичне задруге, која се у овим крајевима дуго задржала, говори о присном породичном животу.

¹²⁶ Цвијић, Јован., *Антропогеографски и етнографски списи*, Кућа, САНУ, Београд, 2000., стр. 72

¹²⁷ Цвијић, Јован., *Балканско полуострво*, Кућа од ћерпича и плетари, САНУ, Београд, 2000., стр. 276

Подруми - јављају се код кућа где је терен у паду (Сл. 7). Улаз у подрумске просторије је на суседној страни у односу на улаз у кућу. Према величини и позицији јављају се два типа подрума:

- подрум испод једног дела објекта,
- подрум испод целог објекта.

Куће су најчешће квадратне и правоугаоне основе, компактне и једноставне форме. Један мањи број традиционалних кућа је разуђене Г основе, када се трем увлачи у основни габарит куће. Куће су позициониране обично у средини дворишта, а око њих споредне зграде. Најчешће кућа има кујну - *кућу* и једну собу. Има и кућа са више соба од којих је једна гостинска.

Просторије подрума су се користиле као оставе, а таван није коришћен делимично и због лагане међуспратне конструкције.

3.1.2 Основни конструктивни елементи куће

Објекти шумадијске области су претежно грађени од дрвета, у бондручној конструкцији.

Основни елементи конструктивног склопа су:

- *темељ* - зидан од камена, на који се поставља хоризонтална дрвена греда – темељача.

Разликујемо два начина постављања темеља, у зависности од спратности објекта:

- *темељ приземних објеката* до висине пода, који је увек изнад равни терена,
- *темељ као продужетак подрумског зида.*
- *зидови* - подрума су од камена, а зидови приземља су дрвеног конструктивног склопа са вертикалним ступцима - дирецима на растојању од 1,0-1,5 m, који су укрупњени косим гредама.

У односу на материјале испуне зидова одређујемо конструктивни склоп, који може бити:

- *дрвени конструктивни склоп* који се јавља код приземних објеката, где су зидови испуњени преплетом, чатмом или ћерпичем.
- *мешовити конструктивни склоп*, у оквиру кога разликујемо:
- тип где су зидови подрума од камена, док су зидови приземља испуњени

преплетом грања, дрвеним летвицама и блатом.

- тип са подрумским каменим зидовима, док је приземна бондручна конструкција испуњена ћерпичем или опеком.
- *таваница* - приземља је дрвене конструкције са оплатом од дасака. Даске су постављене попречно, дијагонално или као рибља кост. Начин постављања таванице има и декоративну улогу. Код таваница подрума које су већих распона, конструкција је ојачана дрвеним стубовима и гредама у попречном правцу.

3.1.3 Репрезентативни објекти традиционалне архитектуре

У анализи традиционалних стамбених објеката космајских насеља су препознате типологије Шумадијске традиционалне куће. У даљој анализи биће разматрана четири репрезентативна објекта традиционалне стамбене архитектуре космајских насеља:

- тип дводелне шеме, кућа Сирковића у Дрлупи, која представља последњу фазу развоја получатмара,
- тип четвороделне шеме, кућа Ковачевића у Америћу, представља тип бондручара- приземљуша,
- тип четвороделне шеме са тремом, кућа Жујовића у Неменикућама, представља тип балканског стила, који се препознаје у утицајима разних подручја,
- тип вишеделне шеме, кућа Петровића у Слатини, која представља развијени тип моравске куће.

Типологија традиционалних, репрезентативних модела је дата на основу функционалних шема, које су биле предмет анализе током истраживања која су се бавила улогом традиционалних материјала¹²⁸

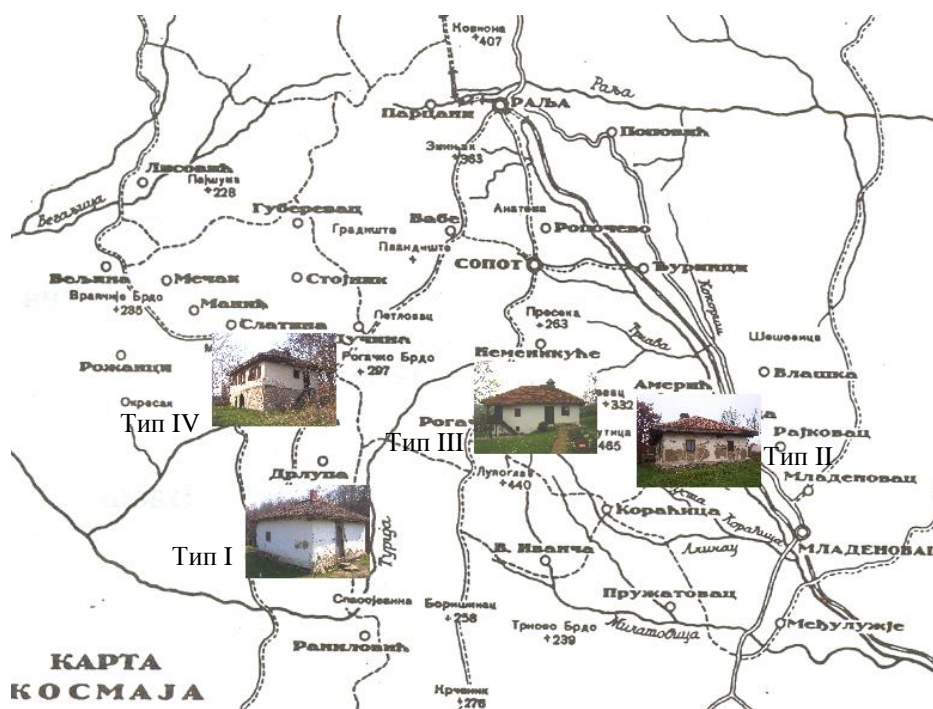
¹²⁸ Илић Мартиновић, Оливера., *Веза традиционалних материјала и конструкција са савременим концептима изградње стамбених објеката на примеру космајских насеља*, магистарски рад, Архитектонски факултет, 2010., стр. 30

3.2 Анализа традиционалних стамбених објеката космајских насеља са енергетског аспекта

Традиционални стамбени објекти космајских насеља обрађени у овом поглављу су истражени током 2005-2010. године упознавањем специфичности конструкције куће и локације.¹²⁹ Анализом су обухваћени објекти традиционалне архитектуре, означени као културно добро града Београда који су под заштитом државе. Анализа њихових карактеристика дата је са енергетског аспекта, од једноставних дводелних до вишеделних шема.

3.2.1 Типолошка анализа репрезентативних традиционалних стамбених објеката космајских насеља

На слици 11. обележене су локације традиционалних стамбених објеката, који су предмет анализе у истраживању.



Сл. 11. Локације анализираних, традиционалних стамбених објеката

¹²⁹ Илић Мартиновић, Оливера., Прилог проучавању традиционалне профане архитектуре космајских насеља, Изградња бр. 67, 2013., стр. 146-158

Кућа дводелне шеме, породице Сирковић у селу Дрлупа (Тип I, Табела 17) представља најједноставнији облик. Претпоставља се да је објекат изграђен у XVIII веку. Кућа је правоугаоне основе, димензија 7.20 m x 6.0 m. Првобитно је сачињен од једне просторије са огњиштем у средини - *кућом*, која је касније преграђена на две просторије: *кућу* и собу. Дрвеног је конструктивног склопа са испуном зидова од чатме. Над правоугаоном основом куће, кров је четвороводан са кратким слемомом, раније је у слемени постојао купасти димњак са капићем. Стрехе су препуштене преко зидова, рогови грубо обрађени нису опшивени, кровни покривач је ћерамида. Кућа има двоја наспрамних врата.

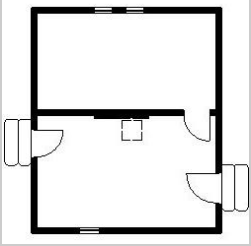

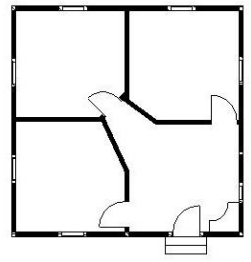

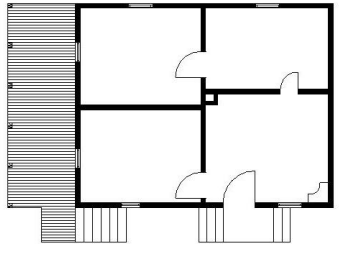

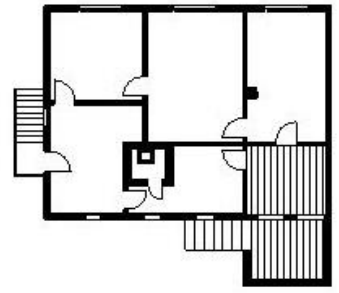

Кућа Ковачевића у селу Амерић (Тип II, Табела 17) припада типу приземљуша, бондручара са четири одељења. Објекат је изграђен средином XIX века. Кућа је квадратне основе, димензија 8.7 m x 8.7 m. Простор *куће* има функцију хола, простора из којег се улази у остале просторије. Дрвеног је конструктивног склопа са испуном зидова од чатме. Над квадратном основом куће, конструисан је четвороводни кров покривен ћерамидом. Стрехе су препуштене преко зидова, рогови су опшивени летвицама. Таваница је сачињена од попречно постављених дасака између дрвених греда. Димњак је зидан опеком у слемени крова, изидан изнад таванице, вероватно је да је замењен аутентичан дрвени димњак. Огњиште куће није сачувано.

Кућа породице Жујовић у селу Неменикуће, припада типу четвороделне шеме са доксом (Тип III, Табела 17). Кућа је изграђена је 1837. године. Правоугаоне је основе, димензија 8.9 m x 7.0 m, са доксом ширине 2.3 m. Основа је готово симетрично подељена на четири просторије. Мешовитог је конструктивног склопа. Подрумски зидови су од камена, а испуна зидова приземља је од чатме. Зидови подрума су укрупњени са два дрвена прстена од хоризонталних дрвених греда - атулама.¹³⁰ Кров куће породице Жујовић је четвороводан, кровни покривач је ћерамида. Стреха је препуштена преко зидова, у делу доксата препуст стрехе је нешто већи. Доксат је постављен на југозападној страни, док је северна фасада без прозорских отвора. Кућа је рестаурирана 2009. године, када је димњак са капићем враћен у првобитно стање.

¹³⁰ Ненадовић, С., *Илустровани речник израза у народној архитектури*, Просвета, Београд, 2002., стр. 13 Атула-темељача, дрвене греде које се водоравно узидају у зид.

Кућа Алексе Петровића у селу Слатина представља тип вишеделне шеме са тремом (Тип IV, Табела 17). Припада типу новије Моравске куће. Објекат је изграђен 1855. године. Правоугаоне је основе, димензија 11.0 m x 8.2 m, са доксомом 5.4 m x 3.4 m. Мешовитог је конструктивног склопа са подрумским зидовима од камена и испуном зидова приземља од опеке. Кров је четвороводан, кровни покривач је ћерамида. На бочној страни се налази мала баца која служи за вентилацију и осветљење таванског простора. Стрехе су препуштене преко зидова, а рогови су опшивени летвицама. Таваницу подрумског простора носе зидови и две попречне дрвене греде, које се ослањају на зидове и дрвене стубове са јастуцима.

Табела 17. Приказ репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља

Тип куће, организационе шеме	Фотографски снимак	Опис објекта
<p>Тип I дводелна шема, кућа Сирковић, Дрлуца</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • XVIII век • 7,20 m x 6,0 m • Пнето=38,19 m² • П+0 • тавански простор се не користи • површина прозора Пп=1,2 m² • удео транспарентних површина 3,39%
<p>Тип II четвороделна шема, кућа Ковачевића, Амерић</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • XIX век • 8,7 m x 8,7 m • Пнето=66,4 m² • П+0 • тавански простор се не користи • површина прозора Пп=4,8 m² • удео транспарентних површина 4,05%
<p>Тип III Четвороделна шема са доксоматом кућа Жујовића, Неменикуће</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 1837. • 8,9 m x 7,0 m • Пнето=55,9 m² • Под+П+0 • подрум се користи као остава • тавански простор се не користи • површина прозора Пп=3,3 m² • удео транспарентних површина 3,8 %
<p>Тип IV Вишedelна шема са тремом, кућа Петровића, Слатина</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 1855. • 11,0 m x 8,2 m • Пнето=63,73 m² • Под+П+0 • подрум се користи као остава • тавански простор се не користи • површина прозора Пп=7,3 m² • удео транспарентних површина 3,45%

3.2.1.1 Позиција објекта на локацији, оријентација

Многи градитељи наслеђа су били упознати са потенцијалима локације које треба искористити. Утицај изложености објекта ветру и сунцу су добро процењивани како би се самим положајем зграде искористиле повољности микроклиме локације.

Путања сунчевог кретања је предвидљива за сваки дан у години, што омогућава пуно разумевање утицаја сунца на зграду или локацију. Искоришћавање енергије сунца нуди огроман потенцијал и може се користити ефикасно за пасивно грејање и дневну светлост.

Очигледно је да су прошле генерације градитеља знале да количина топлоте коју зграда добија зависи од оријентације, доба године, од директне сунчеве светлости или облачности и природе материјала зграде.

Традиционалне зграде често приказују многе принципе модерног пасивног пројектовања који се препознају у њиховој локацији, оријентацији и целокупном обликовању објеката.

Уколико је локација објеката у брежуљастим областима, какве су карактеристичне за Шумадију, куће су се постављале у горњем појасу косина, тако да је доњи појас косина коришћен за земљорадњу и друге делатности.¹³¹

На подручју Космаја, куће грађене на брдовитим пределима су постављане у горњем појасу косина и оријентисане су према југу и југозападу (Тип III, Тип IV, Табела 17). У енергетском смислу овакво позиционирање је данас проверена мера у пројектовању пасивне куће. Прозори оријентисани према југу пружају највећу могућност соларних добитака, док источни и западни прозори такође доприносе корисном соларном добитку. Када је сунце ниско на небу, током хладнијег доба и почетком и крајем тог дана, сунчева светлост продире дубље у унутрашњост зграде, пружа драгоцен извор топлотне енергије.

Услови ветра се разликују од места до места са изразитим разликама под утицајем локалне топографије. Дрвеће, вегетација, брда, долине и воде утичу на брзину ветра. Ветар такође може да утиче на топлотне добитке или губитке, инфилтрације, због повећаног притиска на термички омотач зграде.

¹³¹ Цвијић Јован., *Балканско полуострво*, Положаји села, САНУ, Београд, 2000., стр. 234

У погледу оријентације, традиционални одговор је био да се куће оријентишу тако да се зид суочава управно са правцем доминантног ветра.

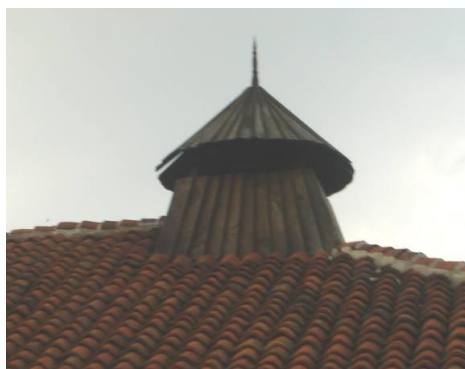
У неким примерима мањи прозори су постављани на северним, а већи на јужним фасадама, тако да се оптимизују топлотни добици и губици. Мањи прозори у многим традиционалним кућама су у складу са величином просторија куће, дају довољно дневног светла, а не проузрокују велике топлотне губитке.

Традиционалне зграде најчешће имају задовољавајућу термичку масу, али је њен ефекат минималан због значајних топлотних губитака. Потенцијали термичке масе су неискоришћени и услед малог процента транспарентних површина, приближно 4% од укупне површине фасаде, тако да није довољно изложена сунчевом зрачењу (Табела 17).

3.2.1.2 Вентилација

Вентилација у традиционалним објектима има важну улогу. Зидови су углавном изграђени коришћењем меких, порозних материјала који дишу, који апсорбују и ослобађају влагу циклично, постају влажни по влажном времену и исушују се када то временски услови омогућавају.

Влага која се налазила у зиду, исушивала се високим нивоом вентилације, настале употребом отворене ватре - огњишта, која је извлачила ваздух из објекта кроз димњак (Сл. 12 и Сл. 13). У летњем периоду, објекат се хладио тако што се топао ваздух подиже и излази кроз отвор димњака, док хладнији улази током ноћи кроз прозорске отворе. Традиционални објекти се вентилирају преко прозора, врата и преко димњака отворених огњишта.



Сл. 12. Унутрашњи изглед димњака, Сл. 13. Димњак - Капић, кућа Жујовића
кућа Жујовића

3.2.2 Традиционални материјали

Употреба локалних материјала и техника градње је једна од најважнијих особина народног градитељства, важан чинилац регионалне диференцијације.¹³²

Традиционални материјали су били врло мало обрађивани и при томе је трошена релативно мала количина енергије. Често традиционални материјали у народном градитељству имају потенцијал за поновну употребу, а стога и дужи животни век. Подручје као што је Шумадија обилује алувијалним земљиштем и глином, а некада је много више обиловала и шумама. Крајеви у којима се граде бондручаре имају мање шуме тврдог дрвета али више земље погодне за ћерпич, опеку и ћерамиду. Зато су објекти традиционалне архитектуре углавном грађени од ћерпича, земље и дрвета, подруми зидани каменом, а кровови покривани сламом, шиндром и ћерамидом.

Камен представља један од еколошких грађевинских материјала. Његова примена је кроз векове била врло значајна, а и данас је један од најцењенијих традиционалних материјала. У традиционалној архитектури камен је примењиван за израду темељних зидова и зидова подрума (Тип III, Тип IV, Табела 21).

Опека се у традиционалној архитектури користила за испуну зидова, бондрук конструкције (Тип IV, Табела 21), као и у поплочавању подова (Тип III, Табела 21). Елементи опеке су формиран од измешане глинене масе која се утискивала у калупе и сушила тако да изгуби до 20% влаге. Осушени елементи су печени у пећима на температури од 900-1000 °C.¹³³ Старе димензије пуне опеке су 30/14/6.5 cm.

Ћерпич је сачињен од земље богате глином, сецкане сламе и воде, као везиво употребљавала се иловача, глина. Ћерпич има релативно ниску топлотну проводљивост, предност је и његова звучна изолативност. Обогаћен влакнима, ћерпич се може бити унапређен у односу на стандардну опеку у смањењу великих осцилација температуре током лета и зиме. Изолациони капацитет

¹³² Илић Мартиновић, О., Милетић, М. (2014) *Sustainability, identity and role of traditional materials*, Међународна научна конференција *Places and technologies* 2014. Београд, 3-4. април 2014., стр. 441

¹³³ Goodhew, S., Griffiths, R., *Sustainable earth walls to meet the building regulations*, a School of Civil Engineering, University of Plymouth, Reynolds Building, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK, 2004., стр. 3

ћерпича се повећава са повећањем порозности тела глине.¹³⁴ Зграде грађене ћерпичем могу имати велику издржљивост, постоје бројни примери стари стотинама година, а неких и преко 1000 година које су опстале у XXI веку.¹³⁵ Вредности топлотне проводљивости ћерпича дате су у табели 18.

Табела 18. Табеларни приказ вредности топлотне проводљивости ћерпича (извор: J.D. Revuelta-Acosta, A. Garcia-Diaz, G.M. Soto-Zarazua and E. Rico-Garcia, 2010.)

Тип традиционалног материјала	печени ћерпич	ћерпич са сламом	ћерпич
λ [W/mK]	0,244	0,180	0,240

Земља је пример традиционалног материјала који је коришћен за испуну зидова. Смеса се правила мешањем земље и додатака, пиљевине или сламе. Код куће чатмаре или кованице, са обе стране дрвене конструкције се прикуцавају хоризонталне летве, простор између њих се попуни иловачом, а лица се облепе блатом мешаним са сламом (Тип I, Тип II, Тип III, Табела 21). Земљана архитектура, због њених вишеструких предности, има способност да утиче на квалитет ваздуха у затвореном простору, задржавајући влагу у одговарајућим пропорцијама за здравље (од 40 до 60%), доприносећи стабилности унутрашње микроклиме.¹³⁶ Вредности топлотне проводљивости традиционалних материјала на бази земље дате су у табели 19.

¹³⁴ Revuelta-Acosta, J.D., Garcia-Diaz, A., Soto-Zarazua, G.M., Rico-Garcia, E., *Adobe as a Sustainable material: A Thermal Performance*, Division de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingenieria, Universidad Autonoma de Queretaro CP, Queretaro Mexico, *Journal of Applied Sciences* 10(19):2211-2216, 2010 ISSN 1812- 5654, str. 2213

¹³⁵ Pacheco-Torgal, F. & Jalali, S., Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, Elsevier, 2012., ISSN 0950-0618, str. 513

¹³⁶ Fernandes, J., Mateus, R., Bragança, L., *The potential of vernacular materials to the sustainable building design*, Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development – Correia, Carlos & Rocha (Eds) 2014. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00083-4, str. 626

Табела 19. Табеларни приказ вредности топлотне проводљивости традиционалних материјала на бази земље (извор: Радивојевић, Ана., *Traditional rural houses in Serbia*)

Тип традиционалног материјала	природно влажна земљишта	масна иловача и нус-производи	иловача са сламом	иловача	пруће облепљено глином са сламом
λ [W/mK]	1.535	0.688	0.518	0.344	0.344

Земљане конструкције омогућавају да се адекватно одговори на високе летње температуре, путем високе термичке масе, тако што задржавају топлоту у конструкцији и на тај начин спречавају прегревање објекта.

Када је Шумадија обиловала шумама градиле су се брвнаре, смањењем резерви шума и дрвета почињу да се граде бондручаре са дрвеном конструкцијом, као економичније конструктивно решење.

Дрво као грађевински материјал поседује бројне предности, неке од њих су да је обновљив, биоразградив и да се може рециклирати, захтева мало обраде која се користи у изградњи. Дрво поседује добре карактеристике: пропустљивост, регулисање влажности, одговарајућу топлоту на додир, једноставан процес обраде и уградње. Дрвене површине условљавају природно регулисање климе унутрашњег простора, материјал је који може пружити заштиту од радиоактивног зрачења.¹³⁷

Ћерамида спада у тешке и дуготрајне материјале. Ћерамида се прави од глине у почетку њене примене ручно је вајана и сушена на сунцу, а касније је печена. Ћерамида се поставља на нагибе крова од 1:3 и 1:4. Стрм кров је одговарао климатским условима космајских насеља.

Слама је коришћена дуже време као кровни покривач у првим облицима становања традиционалне архитектуре.¹³⁸ Слама је била доступан материјал који настаје као нуспроизвод гајења биљних култура. Као природни материјал, њен потенцијал је: биоразградивост, добре перформансе отпорности од атмосферских

¹³⁷ Косорић, Весна., *Еколошка кућа*, Дрвени грађевински материјали, Грађевинска књига, Београд, 2008., стр. 127

¹³⁸ Којић, Бранислав., *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*, Београд, 1949., Као прве облике становања аутор наводи једноделне брвнаре које су покриване шиндром или сламом, које се граде након фазе изградње примитивних склоништа-колиба, стр. 137.

утицаја као што су киша и снег и добра изолациона својстава (Табела 20). Недостаци сламе су: мања отпорност на пожар и потреба периодичне замене. У грађењу традиционалне куће Шумадије ретко је употребљаван креч и кречни малтер. Креч је био скуп и није се лако добијао, јер је потребан погодан камен и гориво за печење, зато се уместо малтера употребљавала иловача.¹³⁹

Табела 20. Табеларни приказ вредности топлотне проводљивости традиционалних материјала (извор: Goodhew, S., Griffiths, R., 2004.)

Тип традиционалног материјала	слама	мешавина иловаче и сламе	вуна	трска
λ [W/mK]	0.065	0.18	0.038	0.067

3.2.3 Утицај архитектонских елемената традиционалне архитектуре на природно термичко загревање, хлађење и вентилацију објекта

У поглављу је спроведена анализа елемената традиционалне архитектуре који утичу на енергетске перформансе традиционалних објеката. Анализа омогућава сагледавање принципа градње традиционалне куће се енергетског аспекта.

3.2.3.1 Зидови, таванице, подови

Зидови традиционалних стамбених објеката су бондрук конструкције, са испунама. Уколико је испуна зидова са ћерпичем или опеком, велике површине за испуну су се смањивале додавањем преграда, вертикалним, хоризонталним и косим гредицама, а лица зидова су се облепљивала мешавином блата и сецкане сламе. Пример зида испуњеног опеком постоји на кући породице Петровић (Тип IV, Табела 21 и Сл. 14).

Најчешће се испуна зидова изводила од чатме - дасака хоризонтално поређаних и испуњених различитим мешавинама земље, иловаче и сламе. Примери таквих зидова су куће породица: Сирковић, Ковачевић и Жујовић (Тип I, Тип II, Тип III, Табела 21 и Сл. 15).

¹³⁹ Дероко, Александар., *Народно немарство*, Просвета, Београд, 1968., стр. 30



Сл. 14. Зид са испуном од опеке
кућа породице Петровић, Слатина



Сл. 15. Зид са испуном од чатме
кућа породице Ковачевић, Амерић

Предност конструкција од камена, којом су зидани подрумски зидови, је висока термичка маса која повољно утиче на регулацију унутрашње климе. У зимском периоду зидови подрума акумулирају топлоту, коју у вечерњим часовима емитују и загревају подове куће.

Таванице изнад соба се израђују склопом шашоваца, тако што се у жљебовима греда таванице нанижу даске, ширине до 20 см.¹⁴⁰ У неким кућама се преко дасака постављала мешавина иловаче и сламе као слој термоизолације (Табела 21 и Сл. 16).



Сл. 16. Таваница изнад собе,
кућа породице Жујовић, Неменикуће



Сл. 17. Таваница изнад подрума,
кућа породице Петровић, Слатина

¹⁴⁰ Дероко, Александар., *Народно неимарство*, Просвета, Београд, 1968., стр. 31






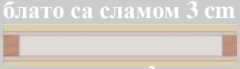

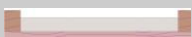
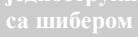


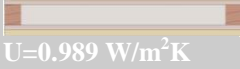
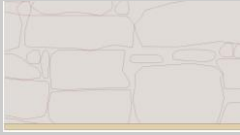



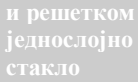







У првим облицима кућа, подови су били земљани, најчешће од мешавине иловаче, песка и креча у размери 10:10:1, која се набија у тло у слојевима 15 - 20 cm. У развијенијим типовима стамбених објекта се на такав слој земљаног пода постављао слој песка и опека или дрво као завршни слој (Тип III, Табела 21).

Уколико постоје подрумске просторије подови приземља су од дрвених дасака поређаних преко дрвених греда. Примери објекта са подрумским просторијама су куће породица Жујовић и Петровић (Тип III, Тип IV, Табела 21 и Сл. 17).

Одређивање топлотне проводљивости материјала елемената термичког омотача традиционалних кућа захтева посебна мерења и методе истраживања. Традиционални материјали се разликују од објекта до објекта у зависности од састава земљишта. Састав материјала у самом објекту такође може варирати, јер је у питању мануелни начин израде материјала.

Коефицијенти пролаза топлоте за елементе термичког омотача традиционалних објекта космајских насеља прорачунате су на основу карактеристика материјала датих у правилнику о ЕЕ, вредности топлотне проводљивости традиционалних материјала (Табела 18, Табела 19 и Табела 20) и на основу слојева термичког омотача и приказани су у табели 21.

Табела 21. Елементи термичког омотача репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља

Тип објекта	спољни зид	под на тлу	таваница	прозори	врата
<p>Тип I</p> 	<p>блато са сламом 3 cm хоризонталне летве 2 cm дрвени дирек 8/10 cm испуна блато, слама 7 cm хоризонталне летве 2 cm блато са сламом 3 cm</p>  <p>$U=1.05 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>набијена земља 15 cm мешавина глине, иловаче, песка и креча</p>  <p>$U=0.997 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>иловача 8 cm даске 4 cm дрвене греде 10/12 cm</p>  <p>$U=1.075 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>једноструки, дводелни, једнослојно стакло</p>  <p>$U=3.05 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p>  <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>Тип II</p> 	<p>блато са сламом 3 cm хоризонталне летве 2 cm дрвени дирек 8/10 cm испуна блато, слама 7 cm хоризонталне летве 2 cm блато са сламом 3 cm</p>  <p>$U=1.05 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>даске 3 cm песак 10 cm набијена земља/илова ча 15 cm</p>  <p>$U=0.719 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>иловача 8 cm даске 4 cm дрвене греде 10/12 cm</p>  <p>$U=1.075 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>једноструки, дводелни, једнослојно стакло</p>  <p>једноструки са шибером</p> <p>$U=3.08 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p>  <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>Тип III</p> 	<p>блато са сламом 3 cm хоризонталне летве 2 cm дрвени дирек 8/10 cm испуна блато, слама 10 cm хоризонталне летве 2 cm блато са сламом 3 cm</p>  <p>$U=0.989 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>камен 60 cm</p> 	<p>опека 6,5 cm песак 10 cm набијена земља</p>  <p>$U=0.719 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>иловача 8 cm даске 4 cm дрвене греде 10/12 cm</p>  <p>$U=1.075 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>даске 5 cm дрвене греде 10/12 cm дрвена греда 12/14 cm</p>  <p>$U=1.434 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>двоструки дводелни са капцима и решетком једнослојно стакло</p>  <p>$U=3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p>  <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>Тип IV</p> 	<p>малтер 2 cm опека 15 cm дрвена конструкција 8/10 малтер 2 cm</p>  <p>$U=0.983 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>камен 60 cm</p> 		<p>иловача 8 cm даске 4 cm дрвене греде 10/12 cm $U=1.075 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>  <p>даске 4 cm дрвене греде 5/12 cm дрвена греда 12/14 cm</p>  <p>$U=1.598 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>једноструки дводелни са капцима једнослојно стакло</p>  <p>$U=3.05 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p>  <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

3.2.3.2 Кров и кровна конструкција

Куће традиционалне архитектуре су се зидале у складу са окружењем. Обликовање и функција куће је одређена климатским условима локације и доступним материјалима. Како се објекат интегрише у природу, одатле конструкција и обликовање крова са препуштеним стрехама. Стрехе су имале функцију да штите фасадни зид од падавина, а у летњем периоду да обезбеђују заштиту од сунца (Сл. 18). Обликовање кровних равни је условљено геометријом основе куће.



Сл. 18. Сенчење зида испустом кровне стрехе

Кровна конструкција традиционалних кућа је дрвена (Табела 22). У зависности од периода грађења, конструкција је могла бити од примитивних до пажљиво обрађених дрвених елемената. Уобичајен нагиб кровних равни је око 30° . Код традиционалних дрвених кровних конструкција спојеви дрвених греда су се заснивали на спојевима изведеним помоћу засека и чепова од тврдог дрвета.¹⁴¹

Када код крова постоји слеме, тада се наспрамни рогови, по два укрупљују хоризонталним гредама.¹⁴² Код већих распона и веће дужине рога уводе се хоризонталне греде – рожњаче, ослоњене на дрвене стубове који су постављени на тавањаче, оваква конструкција крова се назива *кровне столице*.¹⁴³

Типови форме крова и врсте кровне конструкције за репрезентативне типове традиционалних стамбених објеката дате су у табели 22.

¹⁴¹ Жегарац, Б., *Традиционалне и савремене дрвне кровне конструкције*, Регија Д.О.О, Београд, 2007., стр. 18

¹⁴² Дероко, А., *Народно немарство*, САНУ, Београд, 1968., стр. 65

¹⁴³ Ненадовић, С., *Илустровани речник израза у народној архитектури*, Просвета, Београд, 2002., Типови столица и везе конструктивних елемената крова код традиционалних кућа. стр. 377

Табела 22. Карактеристике кровова репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља

Тип објекта	Основа крова	Опис крова и кровне конструкције	Детаљи крова и кровне стрехе
<p>Тип I</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • четвороводни кров • нагиб кровних равни 30 ° • кровни покривач –ћерамида • дужина рога 4, 4 cm 	 
<p>Тип II</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • четвороводни кров • нагиб кровних равни 30 ° • опшивене стрехе • кровни покривач –ћерамида • дужина рога 5, 9 cm • конструкција кровних столица 	
<p>Тип III</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • четвороводни кров • нагиб кровних равни 30 ° • кровни покривач –ћерамида • дужина рога 4, 93 cm • конструкција кровних столица 	
<p>Тип IV</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • четвороводни кров са бацом • нагиб кровних равни 30 ° • опшивене стрехе • кровни покривач –ћерамида • дужина рога 5, 66 cm • конструкција кровних столица 	

Полагање ћерамиде на дрвене рогове се вршило на следећи начин: прво се слажу прва два конвексна - удубљена реда, затим други, дупли слој са конкавно постављеном ћерамидом, даље се по један слој ћерамиде полаже до слемена (Табела 22).

Постоје примери традиционалних стамбених објеката где су рогови стрехе (Тип II, Тип IV, Табела 22), као и део кровне конструкције која покрива трем и доклат (Тип III, Табела 22), са доње стране облагани дрвеним летвама. На тај начин онемогућена је инфилтрација таванског ваздуха што позитивно утиче на температуру у таванском простору, а позитивно се одражава на унутрашњу температуру просторија унутар термичког омотача.

3.2.3.3 Трем и доклат

Код традиционалних стамбених објеката се може јасно уочити веза објекта са тереном. Стари мајстори су знали да искористе нагиб терена за подрумске просторије, тако да је улаз у подрум са ниже коте терена, док је улаз у кућу са суседне или наспрамне стране. Такав утицај на спратност објекта у хоризонталном плану даје за последицу трем¹⁴⁴ или доклат.¹⁴⁵ Доклат је тераса на етажи изнад подрума. Трем се везује за приземље објекта.

Према положају трема и доклата разликујемо:

- подужни доклат,
- трем на углу.

Веза терена - хоризонталног - вертикалног плана, положаја крова у односу на трем или доклат битно утиче на форму објекта. Према начину повезаности и узрочно последичним везама елемената: терена, спратности, доклата или трема и крова можемо разликовати два основна концепта стамбених објеката:

- развијања у поље,
- издубљеног простора.¹⁴⁶

¹⁴⁴ Ненадовић, С., *Илустровани речник израза у народној архитектури*, Просвета, Београд, 2002., стр. 78

Трем-тераса која лежи на тлу.

¹⁴⁵ Цвијић, Ј., *Балканско полуострво*, САНУ, Београд, 2000., стр. 276

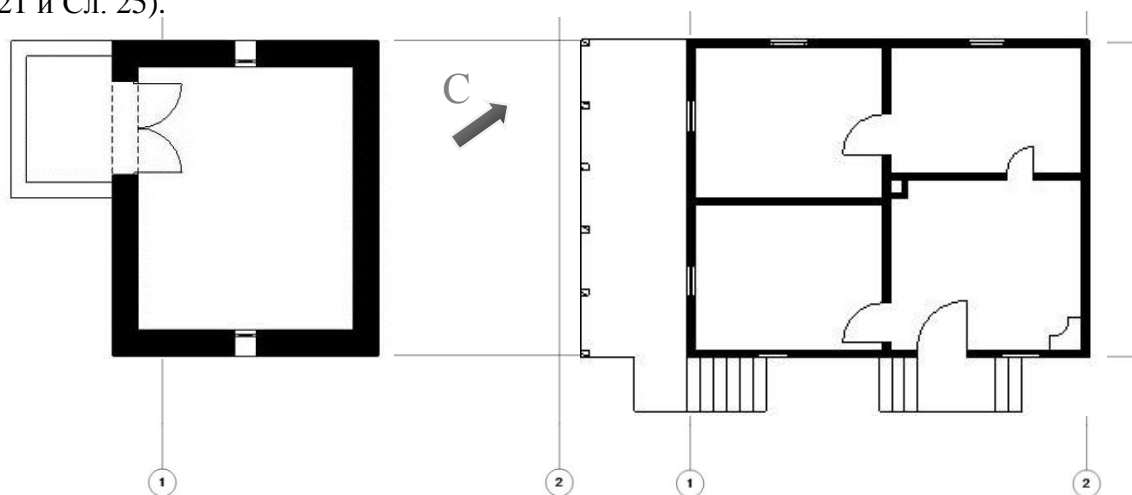
Доклат-тераса на спрату код неких аутора се назива и ајат.

¹⁴⁶ Giedion Sigfried., *Простор, време, архитектура*, Волумен у простору, Грађевинска књига, Београд, 1969., стр. 29

Кућа Жујовића у селу Неменикуће је пример утицаја конфигурације терена на спратност и основу, која се шири по хоризонтали, додавањем новог елемента-доксата (Тип III, Табела 15 и Сл. 28). Смештена је на терену у паду, а висинска разлика је искоришћена за подрумски простор. Подрум објекта је смакнут у односу на зидове приземља, тако да се доклат једним делом ослања на зид подрума, а другим на три дрвене конзоле.

Доклат који је оријентисан југозападно штити објекат од јаког летњег сунца. У зимском периоду дозвољава ниском сунцу да улази кроз отворе дубље у собе.

У енергетском погледу, доклат је правилно позициониран, тако да у исто време и штити и доприноси топлотним добицима када је то потребно (Сл. 19, Сл. 20, Сл. 21 и Сл. 25).



Сл. 19. Основа подрума,
кућа породице Жујовић

Сл. 20. Основа приземља,
кућа породице Жујовић

0 1 2 3 4 5 m

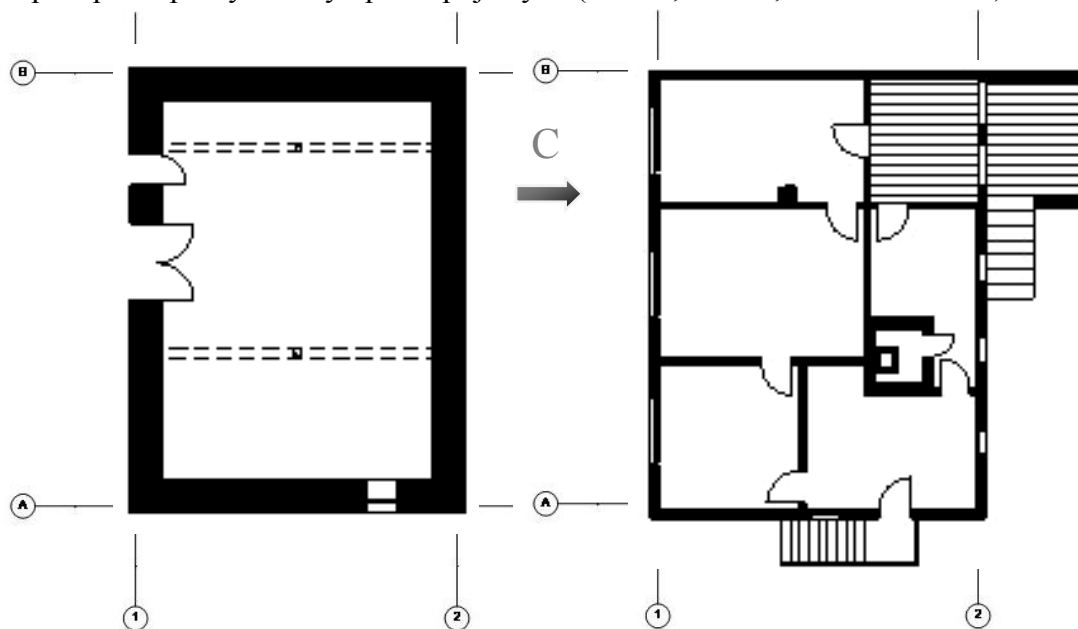


Сл. 21. Изглед фасаде, кућа
породице Жујовић

Оваква подела је дата према Siegfried Giedionu и његовој подели на три *просторне концепције*. Према Giedionu прва концепција се бави снагом волумена, њиховим међусобним деловањем као архитектуре које се развијају у поље, друга концепција издубљеног простора, трећа концепција се бави односом и узајамним деловањем унутарњег и спољашњег простора.

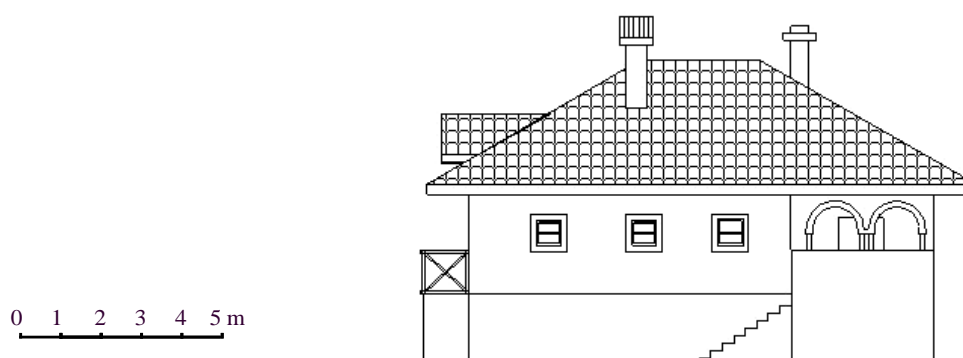
Кућа Алексе Петровића у селу Слатина представља тип новије моравске куће, препознатљив у луковима - аркадама на трему које имају декоративну улогу (Тип IV, Табела 15 и Сл. 29). У овом примеру трем одговара концепцији издубљеног простора (према класификацији Giedion, 1969.). Кућа Петровића је, као и кућа Жујовића, постављена на падини тако да се ствара простор за подрум, који је смештен испод целог приземља зграде.

У овом примеру трем има улогу у заштити објекта од ветра, у функцији је ветробрана, тако да се отварањем врата спречи већи губитак топлоте. Са аспекта сенчења нема функцију, јер је оријентисан северно и више представља претпростор за улазак у просторије куће (Сл. 22, Сл. 23, Сл. 24 и Сл. 26).



Сл. 22. Основа подрума,
кућа породице Петровић

Сл. 23. Основа приземља,
кућа породице Петровић



Сл. 24. Изглед фасаде, кућа породице Петровић

У традиционалној архитектури трем и доклат осим обликових карактеристика имају и значај у соларно - енергетском аспекту.¹⁴⁷ У летњем периоду они сенче прозорске отворе објекта и спречавају прекомерно загревање зидова термичког омотача. У зимском периоду када је сунце ниже дозвољавају осунчање зидова, складиштење топлоте у конструкцији и осветљење унутрашњег простора.



Сл. 25. Фотографски снимак доклата, кућа породице Жујовић



Сл. 26. Фотографски снимак трема, кућа породице Петровић

¹⁴⁷ Пуцар, М., *Биоклиматска архитектура*, Застакљени простори и пасивни соларни системи, Застакљене веранде, балкони, лође и еркери у нашој народној архитектури, Институт за архитектуру и урбанизам, Београд, 2006., стр. 86

3.2.3.4 Прозори

Отвори породичних традиционалних објеката су постављани појединачно, и далеко су мањих димензија него што је то данас пракса. Површина прозора у укупној површини фасадног зида је од 3 - 5% (Табела 17).

Анализом репрезентативних објеката традиционалне архитектуре, уочавају се следећи типови прозора:

- дрвени, једноструки, једноделни прозори,
- дрвени, једноструки, једноделни прозори са шибером,
- дрвени, двоструки, дводелни прозори - основни тип,
- дрвени, двоструки, дводелни прозори са капцима - развијени тип,
- дрвени, двоструки, дводелни прозори са капцима и решетком- развијени тип.

Прозори традиционалних кућа су дрвени, већином двоструки са једнослојним стаклом, на тај начин умањују инфилтрацију јер простор између крила чини тампон зону између спољног и унутрашњег простора. Неки развијенији типови кућа имају прозоре са капцима који их штите од сунчевог зрачења у летњем периоду.

Прозори мањих димензија су се постављали на фасадама које су изложене јаким ветровима или су те фасаде биле без прозора.

Просторије куће, где је постављано огњиште, су оријентисане ка северу. Прозори на северним фасадама су мањих димензија, јер се само ова просторија куће грејала и на тај начин је смањен губитак топлоте (Табела 17).

Неки развијенији типови кућа имају дрвене решетке које се постављају првенствено из безбедносних разлога (Тип III, Табела 23). У традиционалним кућама прозори су имали главну улогу у вентилацији и осветљењу простора. Може се рећи да је та улога била више заступљена од улоге остваривања соларних добитака, јер су површине отвора мале.

У кући породице Петровић, прозори већих димензија су постављени на јужној страни, имају дрвене капке за заштиту од сунца који су перфорирани у горњем делу (Тип IV, Табела 17, Табела 23). Перфорирани капци се могу користити за одржавање ниске стопе вентилације зими, избегавајући претерани губитак

топлоте. На северној фасади, ритмично су постављени прозори мањих димензија са вишим парапетом, без капака (Сл. 24).

Осим добре оријентације са аспекта баланса топлотних добитака и губитака, овако постављени отвори су погодни и за попречну вентилацију. Топли ваздух из јужно оријентисаних просторија се подиже и излази кроз отворе на северној страни који су постављени на већу висину.

Како би се просторије боље осветљавале, пракса је била да се за једну собу постављају по два прозора на суседним зидовима. На такав начин су постављени прозори на кући породице Ковачевића, као и прозори југозападно оријентисаних соба куће породице Жујовића (Тип II, Тип III, Табела 17).

Табела 23. Типови прозора у репрезентативним традиционалним стамбеним објектима космајских насеља

Тип објекта	Тип прозора	Опис/оријентација	Коефицијент пролаза топлоте
<p>Тип II</p> 		<ul style="list-style-type: none"> •једноструки, једноделни прозор дим. 50/50 са једнослојним стаклом и шибером, •северна оријентација 	$U=3,08$ W/m^2K
<p>Тип IV</p> 		<ul style="list-style-type: none"> •једноструки, једноделни прозор дим. 60/60 cm са једнослојним стаклом •северна оријентација 	$U=3,05$ W/m^2K
<p>Тип II</p> 		<ul style="list-style-type: none"> •једноструки, дводелни прозор дим. 75/100 cm једнослојним стаклом •источна, јужна, западна и северна оријентација 	$U=2,99$ W/m^2K
<p>Тип III</p> 		<ul style="list-style-type: none"> •двоструки дводелни прозор дим. 68/83 cm са једнослојним стаклом и решетком • југоисточна оријентација 	$U=3,02$ W/m^2K
<p>Тип IV</p> 		<ul style="list-style-type: none"> •двоструки дводелни прозор дим. 160/122 cm са једнослојним стаклом и перфорираним капцима •јужна оријентација 	$U=2,93$ W/m^2K
<p>Тип III</p> 		<ul style="list-style-type: none"> •двоструки дводелни прозор дим. 68/83 cm са једнослојним стаклом капцима и решетком • југоисточна, југозападна и северозападна оријентација 	$U=3,02$ W/m^2K

3.2.3.5 Врата

Анализа типова и начина постављања врата се односи на стамбени део репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката, простор у оквиру термичког омотача. Већина традиционалних кућа је имала по један улаз. Неки развијенији типови који имају више просторија, имају и већи број улазних врата (Тип IV, Табела 17, Сл. 23). Из безбедносних разлога и због термичке заштите, врата грејаног дела традиционалних стамбених објеката, су једнокрилна, док су врата подрумских просторија из функционалних разлога двокрилна.

Према анализираним објектима, врата, крила можемо поделити на типове:

- лучно крило - основни тип, представља најједноставнији тип врата сачињен од вертикалних дасака са лучним завршетком и дрвеном ручком за затварање,
- лучно крило - развијени тип, код овог типа се преко вертикалних правоугаоних дасака, додаје дрвени лучни део причвршћен декоративним нитнама,
- тип правоугаоног крила - састоји се од дрвеног рама са дрвеним хоризонталним и вертикалним пречкама, које су наглашене и испуњене дрвеним панелима.

Пример објеката са више улазних врата су куће породица Сирковић и Петровић (Тип I, Тип IV, Табела 17) .

За кућу дводелне шеме у Дрлупи карактеристично је постављање двоје наспрамних врата (Тип I, Табела 17). Овакво постављање је било познато у раније грађеним типовима као што су брвнаре, осаћанке, куће димнице или куће дводелне шеме.

Према аутору Р. Финдрику, овакво решење са двоје наспрамних врата има функционалну улогу, омогућава бољу комуникацију са осталим објектима у дворишту.¹⁴⁸ Како је двориште било испуњено многим помоћним просторијама, једна врата су за комуникацију са чистим делом објеката и кућишта, а друга за нечист део кућишта.

¹⁴⁸ Финдрик, Р., *Народно неимарство*, Музеј Старо село, Београд, 1994., стр. 78

Александар Дероко нам даје још једно објашњење, где су се наспрамна врата, од којих су једна мала и једна велика, постављала у правцу ветра и имала функцију вентилације.¹⁴⁹

Врата куће у Дрлупи припадају основном типу лучних врата. Крило је сачињено су од вертикалних дасака и причвршћено је на вертикалне стубове бондручне конструкције (Тип I, Табела 24). Вероватно је су оваква врата била узрок великих топлотних губитака, јер није постојала површина рама и врата која се преклапа и која би ублажила инфилтрацију. Врата се са спољне стране отварају дрвеном ручицом,¹⁵⁰ а са унутрашње стране се закључавају мандалом.¹⁵¹

Врата куће Жујовић представљају један од интересантнијих сачуваних примера у космајским насељима, припадају развијеном типу лучних врата (Табела 24). Довратник је дрвени, обликован у лук. Крило врата је заправо правоугаоног облика, али како је довратник у луку са унутрашње стране је видљиво цело крило, док се са спољашње стране доживљавају као лучна. Код ових врата површина преклапања довратника и рама је већа, него што је то случај код класичних правоугаоних врата, па стога имају и бољу заптивеност што утиче на смањење топлотних губитака. Унутрашња страна врата и довратника су декорисани металним нитнама.

Врата кућа породица Ковачевића и Петровић представљају савременије примере врата архитектуре прошлости, припадају типу правоугаоних врата (Тип II, Тип IV, Табела 24). Врата су израђена од пуног дрвета. Овај тип врата је присутан и данас у грађевинарству.

¹⁴⁹ Дероко, А., *Народно немарство*, САНУ, Београд, 1968., стр. 21

¹⁵⁰ Ненадовић, С., *Илустровани речник израза у народној архитектури*, Просвета, Београд, 2002., Рукотка-дрвена ручица на вратима за отварање. стр. 166

¹⁵¹ Ненадовић, С., *Илустровани речник израза у народној архитектури*, Просвета, Београд, 2002., Рукотка-дрвена ручица на вратима за отварање. стр. str. 166

Табела 24. Типови врата, крила у репрезентативним традиционалним стамбеним објектима космајских насеља

Тип објекта	Тип врата	Опис	Термичке особине
<p>Тип I</p> 	<p>лучна врата без рама-основни тип</p> 	<p>Примитиван облик лучних једнокрилних врата од вертикалних дасака без рама.</p>	<p>лоша заптивеност</p>
<p>Тип III</p> 	<p>лучна врата-развијени тип</p>  	<p>Лучна једнокрилна врата од пуног дрвета са дрвеним рамом</p>	<p>добра заптивеност</p>
<p>Тип II</p>  <p>Тип IV</p> 	<p>правоугаона врата</p> 	<p>Једнокрилна врата од пуног дрвета са дрвеним рамом</p>	<p>солидна заптивеност</p>

3.2.4 Упоредна анализа енергетских перформанси традиционалних стамбених објеката

У оквиру прорачуна потребне енергије за грејање и енергетског разреда зграде репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката, осим раније наведених у поглављу *Методолошки поступак у процесу процене енергетских перформанси анализираних објеката*, укључени су и следећи параметри:

- оријентација елемената термичког омотача (Табела 17),
- нето површина објеката и површине елемената термичког омотача (Табела 17),
- карактеристике елемената термичког омотача (Табела 21),
- број измена ваздуха за отворен положај зграде, лоше заптивености $1,5 \text{ h}^{-1}$, (Табела 16),
- број чланова породице за традиционалне стамбене објекте – 2 члана, (на основу препоруке из софтвера о минималној површини простора од $20 \text{ m}^2/\text{особи}$), како би се могле међусобно поредити енергетске перформансе традиционалних објеката према истим параметрима.

На основу наведених параметара у програмском софтверу РНРР прорачуната је потребна енергија за грејање традиционалних стамбених објеката космајских насеља.

Упоредна анализа традиционалних стамбених објеката, са аспекта енергетске ефикасности, је спроведена у циљу утврђивања критеријума за одабир референтног модела (Табела 25).

На основу анализе можемо констатовати да је потрошња енергије за грејање у репрезентативним традиционалним стамбеним објектима велика од 241 kWh/m^2 до 347 kWh/m^2 годишње и да према правилнику о ЕЕ припадају G разреду (Табела 25).

Прорачунате вредности дате у табели 25 су у складу са вредностима о потрошњи енергије за традиционалне индивидуалне стамбене објекте дате у публикацији *Национална типологија стамбених зграда Србије*. Према наведеном истраживању за објекат од 60 m², што је просечна величина ових објеката, потребно је 263 KWh/ m²годишње за грејање.¹⁵²

Табела 25. Потребна енергија за грејање репрезентативних типова традиционалних стамбених објеката космајских насеља

Тип куће	Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Енергетски разред	Енергент
Тип I 	38,19	347	G	дрво/огњиште
Тип II 	66,4	241	G	дрво/огњиште
Тип III 	55,9	260	G	дрво/огњиште
Тип IV 	63,73	265	G	дрво/огњиште

¹⁵² Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Љ., Ђуковић Игњатовић, Н., Недић М., *Национална типологија стамбених зграда Србије*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2013., стр. 13

3.3 Критеријуми за одабир референтног модела

На основу спроведене анализе и прорачуна енергетских перформанси репрезентативних традиционалних стамбених објеката космајских насеља, изведени су закључци према којима су одређени критеријуми за одабир референтног модела. Упоредном анализом, закључено је да најбоље перформансе има кућа породице Ковачевић са 241 KWh/m^2 годишње потребне енергије за грејање, док куће породица Жујовић и Петровић имају уједначене перформансе са 260 KWh/m^2 и 265 KWh/m^2 годишње потребне енергије за грејање (Табела 25). Како је предмет рада аплицирање елемената традиционалне архитектуре у циљу унапређења енергетских перформанси постојећих и нових објеката, критеријуми за одабир модела су:

- енергетске перформансе објекта,
- присуство кључних, елемената традиционалне архитектуре.

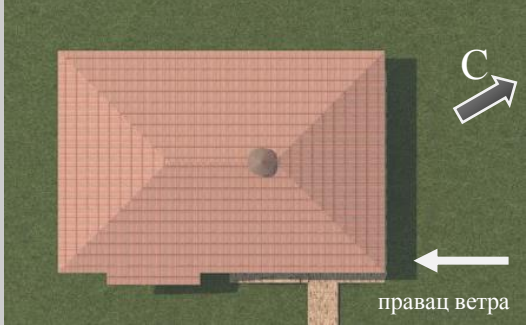

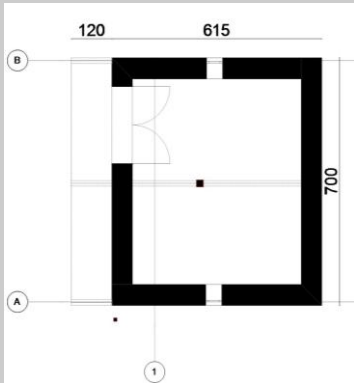
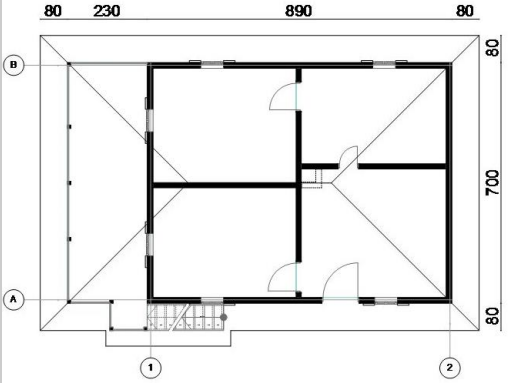






За даљу анализу одабран је објекат који има сложенију основу и све елементе традиционалне архитектуре, тако да на најбољи начин илуструје традиционалне принципе градње. У том смислу за референтни модел је одабрана кућа породице Жујовић у Неменикућама (Тип III, Табела 17, 21 и 25).

3.4 Анализа референтног модела, куће породице Жујовић са енергетског аспекта

Кућа породице Жујовић се налази у Неменикућама општина Сопот, на географској ширини од $44^\circ 4'$ и дужини од $20^\circ 6'$, на надморској висини од 177 m, изграђена је 1837. године.

Објекат има четири одељења нето површине грејаног простора $55,90 \text{ m}^2$ и подрум нето површине $29,0 \text{ m}^2$. Лоциран је у горњем појасу југозападно оријентисане падине. Улаз је оријентисан југоисточно. Најдоминантнији ветар у Сопоту дува из правца североистока (Табела 26), брзине до 7 m/s . Ветрови из правца југоистока су мањег интензитета до $2,8 \text{ m/s}$ (Табела 3). Југоисточни ветрови су присутни и довољно чести током целе године, тако да су погодни за вентилацију објекта. Кућа је краћом страном постављена управно у односу на доминантан ветар и на североисточној фасади нема отвора. На тај начин су смањени топлотни губици.

Табела 26. Ситуација, изглед и енергетске перформансе референтног модела куће породице Жујовић

Репрезентативни објекат, ситуација и изглед					
					
Основа подрума и приземља					
					
основа подрума		основа приземља			
Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Енергетски разред		
55,9	260	7	G		
Опис елемената термичког омотача					
спољни зид	под на тлу	таваница према крову	таваница према подруму	прозори	врата
блато са сламом 3 cm хоризонталне летве 2cm дрвени дирек 8/10 cm испуна блато, слама 10cm хоризонталне летве 2cm блато са сламом 3 cm 	опека 6,5 cm песак 10 cm набијена земља 	иловача 8 cm даске 4 cm дрвене гредe 10/12 cm 	даске 4 cm дрвене гредe 10/12cm дрвена греда 12/14 cm 	двоструки дводелни са капцима и решетком једнослојно стакло 	пуно дрво 
U=0,989 W/m ² K	U=0,691 W/m ² K	U=1,075W/m ² K	U=1,434 W/m ² K	U=3,02 W/m ² K	U=3 W/m ² K

Подрумске просторије су зидане каменом и малтерисане са спољне стране, док су зидови приземља бондрук конструкције, испуњени чатмом.

Масивни камени зидови дебљине 60 см, су високе термичке масе и повољно утичу на топлотни комфор објекта. У хладном периоду године, у току дана зидови апсорбују топлоту од сунчевог зрачења, коју отпуштају током ноћи. На тај начин се греју просторије подрума, а топлота се преко дашчане таванице преноси у просторије куће. На термичку масу подрумских зидова повољно утиче малтер (мешавина блата и сламе), који има термоизолациона својства.

Доксат је постављен на југозападној стани и дубоком стрехом штити објекат од летњег високог сунца, док је зими омогућен улазак ниског сунчевог зрачења (Сл. 28 и 32).

Вентилација објекта се врши преко отвора који су постављени на наспрамним или суседним зидовима, као и преко отвореног димњака. Прозори су добро опремљени, двоструки дводелни са капцима који штите објекат од прегревања.

Према кретању сунца, сенчење елемената термичког омотача објекта током најтоплијег и најхладнијег месеца у години, симулирани су на сликама (Слика 27, 28, 29, 30, 31 и 32). Сlike приказују засенчење зидова и прозора у односу на карактеристике трема и кровних стреха.

На основу свих релевантних података у програмском пакету PHPP прорачуната је годишња потребна енергија за грејање и хлађење референтног модела, куће породице Жујовић.

Према актуелним стандардима, да би се постигла унутрашња температура од 20°C током зимског периода, потребна енергија за грејање је 260 KWh/m² годишње, а за хлађење 7 KWh/m² годишње. Према законској регулативи у Србији и према прорачунатој потрошњи, објекат припада G разреду (Табела 4, Табела 26).



Сл. 27. Осунчање, јул месец у 8 h, кућа породице Жујовић



Сл. 28. Осунчање, јул месец у 13 h, кућа породице Жујовић



Сл. 29. Осунчање, јул месец у 18 h, кућа породице Жујовић



Сл. 30. Осунчање, јануар месец у 8 h, кућа породице Жујовић



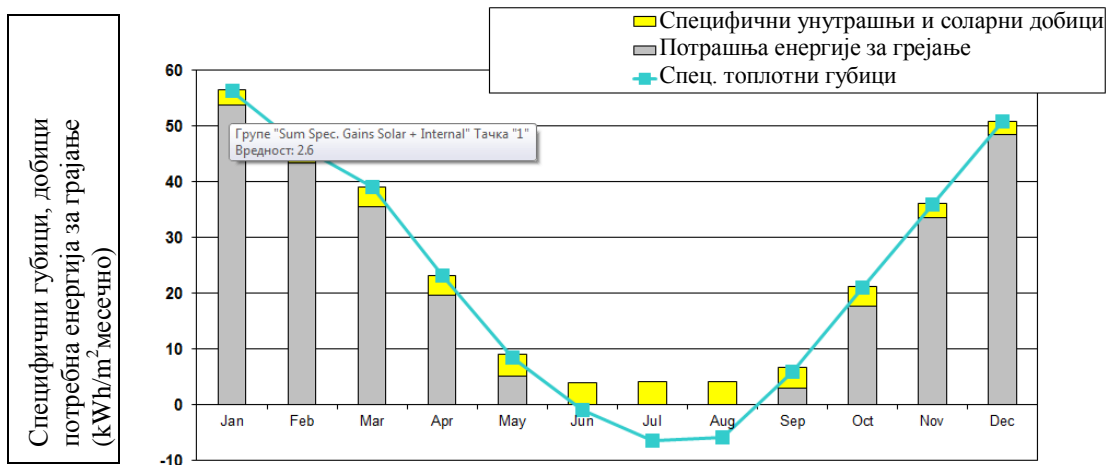
31. Осунчање, јануар месец у 13 h, кућа породице Жујовић



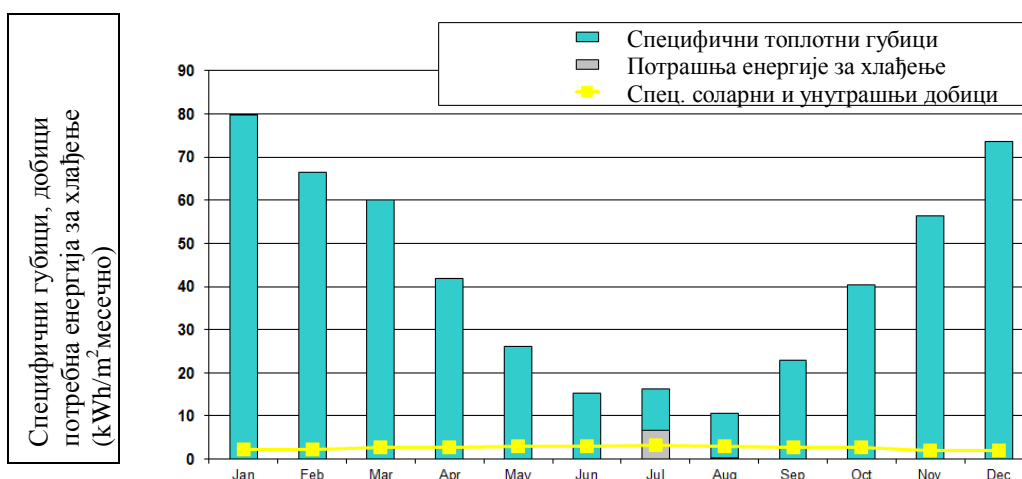
32. Осунчање, јануар месец у 16 h, кућа породице Жујовић

Може се закључити да у погледу енергетског аспекта референтног модела постоје предности као што су добра оријентација у односу на ветар и сунце, солидна термичка маса, компактна форма која повољно резултира на фактор облика, добра вентилација, и ефикасна екстерна засенчења елемената термичког омотача у циљу спречавања прегревања. Неповољности референтног модела су лоша изолација, високи коефицијенти пролаза топлоте елемената термичког омотача, услед које настају велики топлотни губици, као и недовољни соларни добици услед малог удела транспарентних површина.

Графички приказ потребне енергије за грејање и хлађење, по месецима дат је у графиконима 9 и 10. Приказ прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење дат је у прилогу 1.



Дијаграм 9. Потребна енергија за грејање по месецима, куће породице Жујовић



Дијаграм 10. Потребна енергија за хлађење по месецима, куће породице Жујовић

3.5 Поуке архитектуре прошлости

Према мишљењу Р. Финдрика, значајнији су утицаји које је сеоска архитектура извршила на градску архитектуру, како је сеоска кућа наша сопствена творевина за разлику од градске куће која настаје под утицајем других култура.¹⁵³

Традиционални објекти имају вредности у смислу очувања градитељског наслеђа, и архитектонског карактера.

Развој традиционалне архитектуре је условљен првенствено природним чиниоцима. Клима и конфигурација тла су утицале на просторну диспозицију и на конструктивне одлике куће.

Традиционална архитектура је оличење места коме припада, у којима је употреба локалних материјала и техника градње једна од главних карактеристика.

У поређењу са индустријски произведеним материјалима, традиционални материјали имају низак утицај на животну средину и могу бити алтернатива за одрживу градњу. Такође традиционални материјали заједно са техникама градње које су њима прилагођене су управо онај елемент који доводи до диференцијације у архитектонском стилу.

У народном неимарству материјали и технике градње имају неколико предности са аспекта одрживости које треба промовисати. Међу њима се истичу еколошке предности, али постоје и друштвене и економске користи.

По питању здравља, предности се углавном односе на чињеницу да су ови материјали природног порекла, са ниским стопама токсичности тако да нема нежељених испарења. Материјали на бази земље су способни да регулишу температуру и квалитет унутрашњег ваздуха. Дрво је материјал који може пружити заштиту од радиоактивног зрачења. Камен и опека добро акумулирају топлоту и повољно утичу на регулацију унутрашње температуре путем високе термичке масе. Опека има добра термоизолаторска својства и добра је као звучни изолатор. Опека повољно утиче на климу у згради и смањује радиоактивно зрачење из земљишта.¹⁵⁴

¹⁵³ Финдрик, Р., *Народно неимарство*, Музеј Старо село, Београд, 1994., стр. 125-128

¹⁵⁴ Косорић Весна, *Еколошка кућа*, Минерални грађевински материјали, Грађевинска књига, Београд, 2008. стр. 119

Елементи засенчења у традиционалним објектима су:

- кровна стреха,
- трем, доклат,
- дрвени капци.

Основни елементи засенчења објекта у циљу спречавања прегревања су стрехе и дрвени застори прозора. На основу симулација можемо видети како у летњем периоду, у раним јутарњим часовима стреха прави сенку на прозорима (Сл 27), а у подне формира сенку на целом објекту (Сл. 28).

Стреха доклата, оријентисана југозападно штити објекат од поподневног сунчевог зрачења (Сл. 29), а током хладнијег периода године, несметано омогућава соларне добитке (Сл. 32).

Вентилација традиционалних објеката се вршила преко следећих елемената:

- прозора - попречна вентилација,
- димњака отворених огњишта.

На основу истраживања можемо закључити да се у концептима традиционалних кућа могу препознати принципи биоклиматског пројектовања, који се препознају у положају објекта на парцели, оријентацији објекта, компактној форми, елементима засенчења и принципима природне вентилације.

Објекти традиционалне архитектуре настају као одговор на услове локације у којима се гради. У том смислу објекти традиционалне архитектуре могу бити добар узор у пројектовању савремених стамбених објеката.

4.0 АНАЛИЗА МОДЕЛА САВРЕМЕНИХ ИНДИВИДУАЛНИХ СТАМБЕНИХ ОБЈЕКТА КОСМАЈСКИХ НАСЕЉА СА ЕНЕРГЕТСКОГ АСПЕКТА

У поглављу је истражен стамбени фонд општина Младеновац и Сопот, које чине космајска насеља. Истражени стамбени фонд обухвата индивидуалне стамбене објекте изграђене до 2011. године, када је Републички завод за статистику Републике Србије (РЗС РС) извршио попис становништва Републике Србије. Типологија стамбених објеката је дата на основу повезаности објеката у структури станова, величини, броју домаћинстава, примењеним материјалима и техникама градње које су карактеристичне за одређене временске периоде. На основу заступљености типова у укупном стамбеном фонду космајских насеља извршен је одабир репрезентативног модела, за анализу енергетског аспекта савременог индивидуалног стамбеног објекта.

4.1 Стамбени фонд космајских насеља

У истраживању стамбеног фонда космајских насеља прву групу података чине параметри: површине стана по кориснику и број чланова у домаћинствима. У програмском пакету РНРР, поред раније наведених у поглављу *Методолошки поступак у процесу процене енергетских перформанси анализираних објеката*, ови подаци представљају улазне параметре који могу битно утицати на захтеве за грејање.

Параметри потребни за креирање хипотетичког модела, као представника најзаступљенијег модела становања су: величина, структура стана и спратност.

На основу заступљености типова и њихових енергетских перформанси, извршен је одабир репрезентативног модела који на најбољи начин осликава потенцијале и ограничења у енергетској реконструкцији индивидуалних стамбених објеката стамбеног фонда космајских насеља.

Највећи број станова космајских насеља припада типу индивидуалних стамбених објеката. У општини Младеновац 66,94% су станови у стамбеним зградама са једним станом, а у општини Сопот је тај проценат већи 92,17% (Табела 27).

Табела 27. Станови према врсти зграде у којој се налазе, настањености и типу насеља, за општине космајских насеља (извор: РЗС РС, Попис 2011., 2013.)

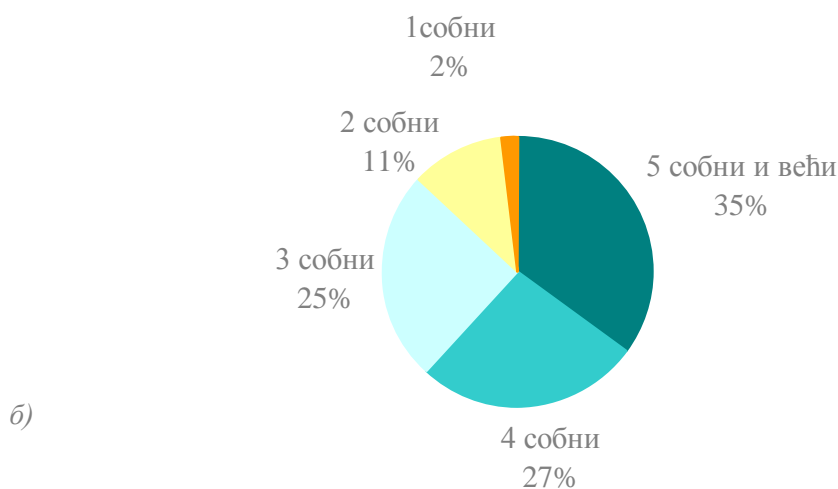
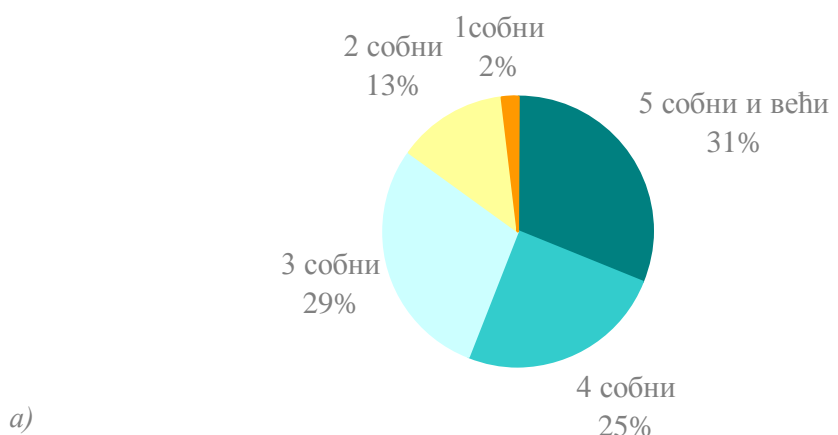
Општина		Укупно	Станови у стамбеним зградама				у нестамбеним зградама
			Са 1 станом	Са 2 стана	Са 3 и више станова	остало	
Младеновац	Укупно	22095	14791	1846	5407	5	46
	Градска насеља	9803	3431	1046	5312	5	9
	Остала насеља	12292	11360	800	95	-	37
Сопот	Укупно	14042	12942	574	499	5	22
	Градска насеља	876	450	106	320	-	-
	Остала насеља	13166	12492	468	179	5	22

Укупно у космајским насељима изграђено је 27733 станова (са једним станом), од тога 3881 (14%) у градским, а 23852 (86%) станова у осталим насељима (Табела 27). Од укупног броја станова у општини Младеновац и Сопот преко 95 % припада становима са једним домаћинством (Прилог 2). У општини Сопот претежно живи сеоско становништво, а у општини Младеновац је однос градског и сеоског становништва приближно 50:50. У општини Сопот је велики број викенд кућа, приближне величина око 60 m², које су највећим делом зидане на планини Космај.¹⁵⁵

На основу анализираних података завода за статистику, везано за космајска насеља (Прилог 3 и 4), може се закључити да су индивидуални стамбени објекти најзаступљенији, као и да се у периодима интензивирања изградње повећава број вишепородичних стамбених објеката. Интензивнија градња је забележена у послератним периодима након 1945. године, и након ратова у региону деведесетих. У сеоским насељима су се претежно градиле бондручне зграде, да би се после рата, од 1945. повећала изградња објеката зиданих конвенционалним материјалима, и до 1960. године разлике у примењеним материјалима између градских и осталих насеља су потпуно ишчезле.

¹⁵⁵ У општини Сопот настањено је 47,51%, а 44,22% се користи за спорт и рекреацију. Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Број и површина стамбених јединица, Подаци по насељима Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-039-4, Београд 2013., стр. 20-44

У општини Младеновац највећи број настањених индивидуалних стамбених објеката је петособан и већи - 30,35%, просечне величине око 115 m², затим су заступљени трособни и четворособни индивидуални стамбени објекти (Дијаграм 12, а). У општини Сопот најзаступљенији су петособни и већи индивидуални стамбени објекти - 35,11%, приближне величине од 117 m², затим следе четворособни и трособни (Дијаграм 12, б, Прилог 5).



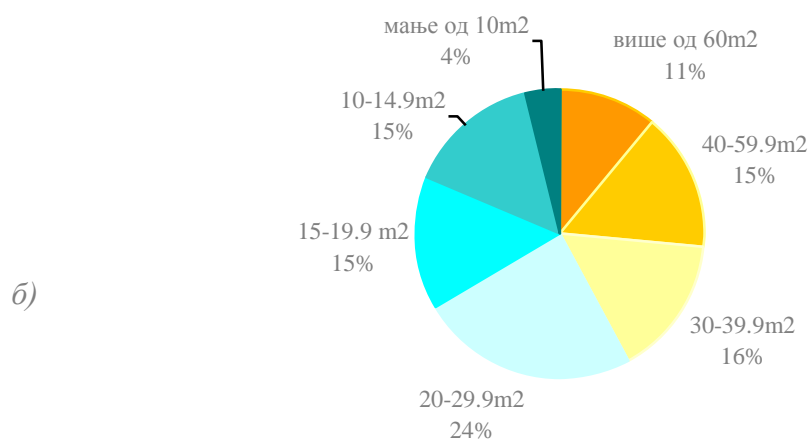
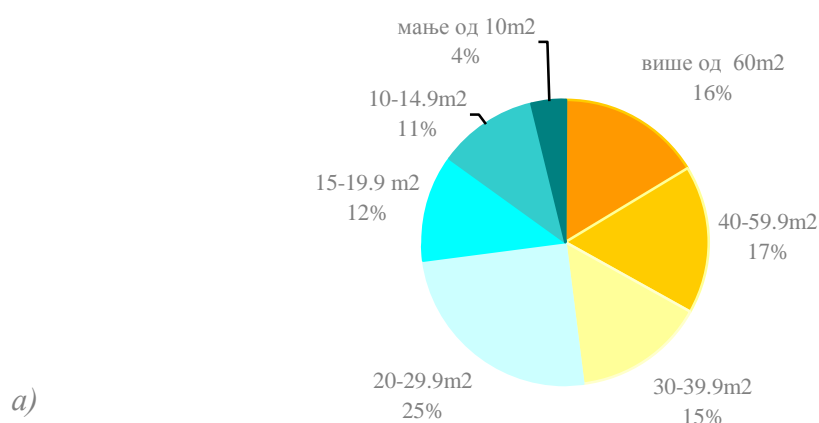
Дијаграм 12. Удео станова према броју соба,

а) општина Младеновац

б) општина Сопот

(извор: аутор на основу података РЗС РС, 2011., 2013.)

У највећем проценту у космајским насељима површина индивидуалних стамбених објеката по кориснику износи 20-29,9 m², што представља и просек Републике Србије (Прилог 6). У општини Младеновац такви објекти су заступљени са 24.43% (Дијаграм 13, а), а у општини Сопот са 23,84% (Дијаграм 13, б).



Дијаграм 13. Удео станова према површини стана по лицу,
 а) општина Младеновац б) општина Сопот
 (извор: аутор на основу података РЗС РС, 2011., 2013.)

4.2 Типови савремених индивидуалних стамбених објеката космајских насеља

Анализа постојећих стамбених објеката је извршена на основу: пописа станова статистичког завода Србије који представља основ за анализу и анализом стања на терену, када је детаљно премерен и снимљен велики број стамбених објеката. На основу наведених извора могуће је извршити типолошку анализу постојећих индивидуалних стамбених објеката на подручју космајских насеља.

4.2.1 Развој савремене куће

Упоредо, од 1919. док се у градским срединама све више зида савременим материјалима на селима се још увек зидају куће по принципима традиционалне архитектуре (Табела 28, објекти пре 1919.). Грађене су куће са каменим зидовима темеља или подрума и приземним делом у бондрук конструкцији и дрвеним таваницама. Кровни покривач – ћерамида, замењује се бибер црепом (Прилог 7). Према упоредном приказу заступљености индивидуалних стамбених објеката према врсти материјала за градска и остала насеља (Прилог 3 и 4), можемо закључити да се на селу овај начин градње наставља, али опадајућим трендом, све до шездесетих година.

Од 1919. до 1946. зидају се објекти са зидовима од пуне опеке (Табела 28). Често су ови објекти постављани на регулационој линији. Кровови су сложени са обавезном вентилацијом таванског простора, кровни покривач је бибер цреп.

После рата од 1946. године на подручју космајских насеља, као и у целој Србији, гради се дунђерска кућа.¹⁵⁶ Основа дунђерске куће је најчешће правоугаоне или "Г" основе. Кров је вишеводан, прати геометрију основе куће и нема стреху (Табела 28, 1946-1960.) Тавански простор се не користи за становање. Пластика се јавља у профилисаним венцима који скривају кровну конструкцију и у понеким случајевима се око прозора јавља секундарна пластика, под утицајем градске куће. Зидови подрума или темеља су зидани каменом, а приземна етажа печеном опеком. Објекат нема вертикална и хоризонтална укрућења од бетона. Подови су од дрвених греда, покривени бродским подом, таваница је дрвена -

¹⁵⁶ Марић, И., *Просторно обликоване карактеристике традиционалне народне архитектуре у Поморављу и њени утицаји на савремену архитектуру*, Магистарски рад, Београд, 1999., стр. 50

каратаван, кровна конструкција је дрвена, кровни покривач је фалцован цреп. Прозори су обично двоструки, дводелни или троделни са хоризонталном поделом крила.

Једина веза, кућа из овог периода, са народном архитектуром се може наћи у начину материјализације према троделној подели фасаде на: темељни зид, приземни, малтерисани део и вишеводан кров.

Од 1960. године се зидају куће за зидовима подрума или темеља од камена или опеке, зидови приземља су од опеке без вертикалних серклажа. Кровови су вишеводни, најчешће над правоугаоном или Г основом (Табела 28, 1961-1970). У сеоским насељима се из претходног периода пренела изградња кућа без кровне стрехе, где се зидови завршавају кровним венцем, од три реда смакнуте опеке. У градовима су се зидале куће са малим препустом - стрехом до 30 см која је наставак армиране бетонске плоче таванице (Прилог 7). Кровни покривач је фалцован цреп.

Од 1970. године се почињу зидати куће под утицајем захтева које уводе становници из Србије који су на привременом раду у иностранству, најчешће у Немачкој и Аустрији (Табела 28, 1971-1980). Утицаји архитектуре средина у којима они живе и раде преносе се на стамбену архитектуру космајских насеља, као и на подручје целе Србије, а трају и данас. Ти објекти су спратности од П+1 до П+2+Пк, двоводних кровова, забатом оријентисаним ка улици (Прилог 7). Често су терасе постављене дуж целе фасаде. Овај тип кућа може имати и више стамбених јединица, најчешће не више од две.¹⁵⁷

У овом типу индивидуалних стамбених објеката разликујемо поделу на стамбене јединице:

- по хоризонтали, свака етажа посебан стан,
- по вертикали, двојне куће са два посебна улаза, најчешће симетричне основе (слика у огледалу).

Тавански простор се често користи као поткровна етажа за становање. Објекти су се градили на основу типских пројеката (пројекти домаћих грађевинских фирми)

¹⁵⁷ Према ГУП-у Младеновац, *Генерални урбанистички план Младеновца до 2021 године*, Сл. Лист града Београда бр. 9, ISSN 0350-4727 28.05.2005. породичним стамбеним објектом се сматра објекат до три стамбене јединице, стр. 9

који су се на невешт начин прилагођавали условима локације. Ова архитектура није прилагођена нашем поднебљу, тако да и након пола века није доживела трансформацију која би била у сладу са нашим природним и историјским карактеристикама.

У Младеновцу постоје примери кућа које настају под утицајем савремене архитектуре, равних кровова (Прилог 7). То су само поједини случајеви, ни овај тип није развијен нити распрострањен на подручју космајских насеља. Данас се реконструкцијом ових типова објеката додају коси кровови.

Осамдесетих година се зидају насеља кућа у низу. Спратност објеката је П+Пк. Тип кућа у низу није касније развијан, у укупном броју изграђених индивидуалних стамбених објеката, представља врло мали проценат (Прилог 7).

Од деведесетих година могу се уочити два правца у изградњи индивидуалних стамбених објеката космајских насеља:

- објекти настали под утицајима које доноси становништво које живи у иностранству, куће које немају везу са нашим поднебљем,
- објекти код којих се препознају елементи народног неимарства (Табела 28, 1991-2011).

У изградњи нових објеката који се граде под утицајем народног неимарства уочавају се објекти који интерпретирају моравску кућу са тремовима, са стубовима од дрвета и пајантама или бетонским луковима попут нове моравске куће. Форме објекта подражавају традиционалну кућу коришћењем елемената традиционалне архитектуре, косог крова и трема, подржавањем стила традиционалне куће и применом материјала који могу бити нови или традиционални, коришћени на нове начине. Стрехе су препуштене често подупрете косницима. Уочава се примена и других елемената из народне архитектуре: дрвене ограде, столарија са капцима и примена других детаља (Прилог 7).

Те тенденције се огледају и у реконструкцијама дунђерских кућа, које реконструкцијом крова добијају препуштене стрехе или се додају неки други елементи из народног градитељства (Прилог 7). Сличне тенденције су у реконструкцијама кућа са двоводним крововима, којима се додају тремови са дрвеним стубовима и косницима, као код старе моравске куће (Прилог 7).

Приступи присутни у интерпретацијама су еклектички и најчешће се испољавају као идеје самих власника објеката.

У односу обликовања, организације простора и конструкције кућа у селу и граду, разлике све више бледе. Становништво села је у великом броју запослено у граду, све више прихвата градски начин живота, што се осликава и на изградњу породичних стамбених објеката у селу.

Једина разлика у изградњи стамбених објеката у селу и граду је у односу објеката и парцеле. У граду се мења величина парцеле које се све више уситњавају, тако да долази до веће густине насељености.

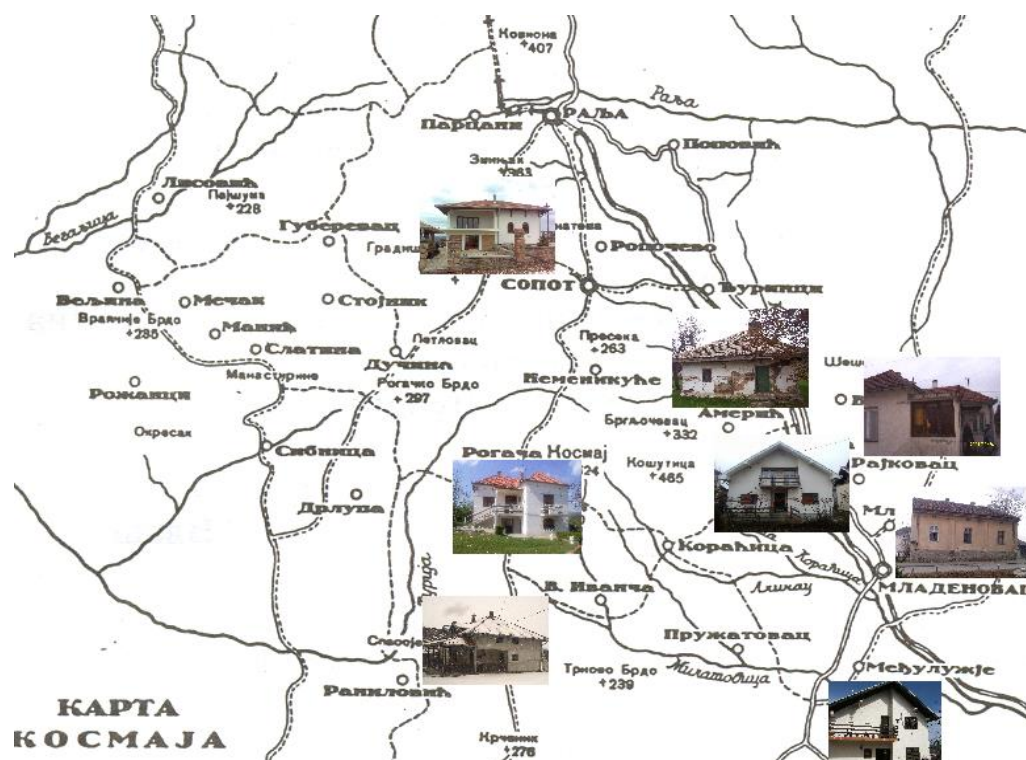
Анализом савремених индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, може се закључити да у изградњи не постоји свест о рационалном коришћењу објеката. У изградњи, постоји тенденција да свака генерација изнова гради кућу. У оквиру парцеле могу се уочити куће из XIX века поред које је зидана дунђерска кућа. Куће радника у иностранству које су великих површина, често остају неусељене, а самим тим се и не одржавају. Не постоји свест о реконструкцији старих кућа и долази до неискоришћености стамбеног фонда, а самим тим и енергије.

4.2.2 Енергетске перформансе индивидуалних стамбених објеката космајских насеља

Породичне стамбене објекте космајских насеља према односу са суседним објектима, броју стамбених јединица, односу објекта и парцеле, можемо поделити на:

- слободностојеће,
- двојене куће,
- куће у низу, које се даље могу делити на ивичне и централне.

У раду су анализирани слободностојећи индивидуални стамбени објекти са обзиром да су најбројнији тип објеката у космајским насељима. На карти су обележене локације анализираних објеката (Сл. 33).



Сл. 33. Локације анализираних, слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља

У табели 28 дат је хронолошки приказ развоја типова слободностојећих индивидуалних стамбених објеката кроз репрезентативне моделе и опис урбанистичких и архитектонских параметара.

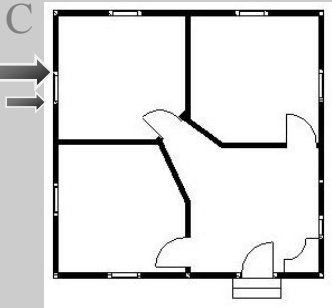

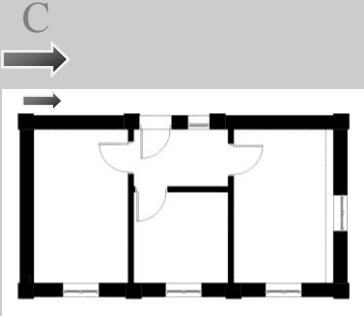

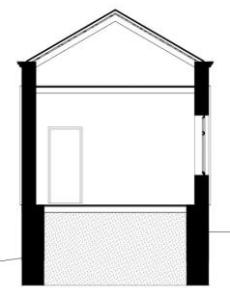
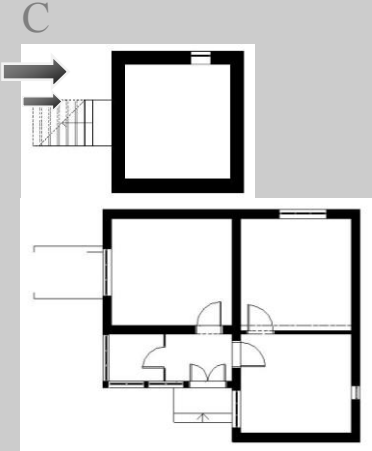

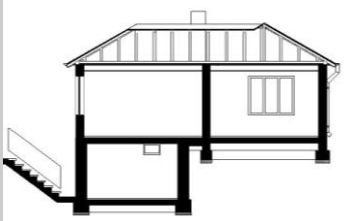
У циљу анализе енергетских перформанси, објекат је описан на основу елемената који утичу на термичке карактеристике објекта:

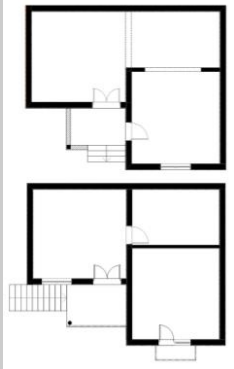

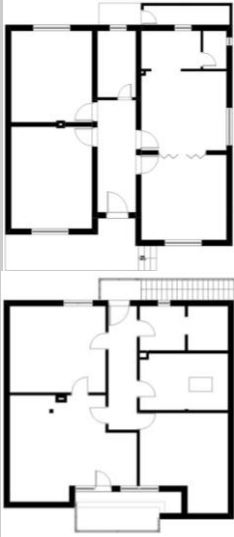
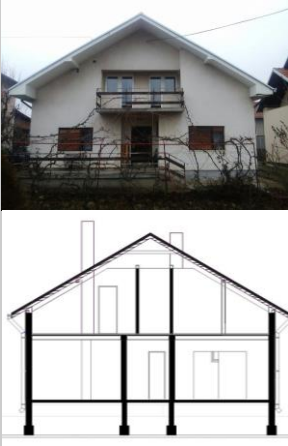


- оријентација објекта,
- габарит објекта,
- нето површина објекта,
- спратност,
- положај на парцели,
- форма објекта,
- удео транспарентних површина,
- начин коришћења таванског и подрумског простора.


На основу анализе енергетских перформанси слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, извршиће се процена стања стамбеног фонда и одабир репрезентативног модела.

Објекат традиционалне архитектуре је такође укључен у анализу (Табела 28), како би се сагледао однос заступљености типова према години изградње и енергетске карактеристике слободностојећих индивидуалних стамбених објеката стамбеног фонда космајских насеља.

Табела 28. Хронолошки приказ развоја типова слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља

Тип куће, организационе шеме	Фотографски снимак/пресек	Опис објекта
<p>пре 1919</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 8.7 m x 8.7 m • П+0 • површина 65.74 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • компактне форме • удео транспарентних површина 4.05% • кровни простор се не користи • без подрума
<p>1919-1945</p> 	 	<ul style="list-style-type: none"> • 9.10 m x 5.05 m • П+0 • површина 34.07 m² • слободностојећи • на регулацији • компактне форме • удео транспарентних површина 5.88 % • кровни простор се не користи • без подрума
<p>1946-1960</p> 	 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.5 m x 9.95 m • Под+П+0 • површина 66.76 m² • грејана пов. 54.04 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • разуђене форме • удео транспарентних површина 8.84% • кровни простор се не користи • са подрумом

Тип куће, организационе шеме	Фотографски снимак/пресек	Опис објекта
<p>1961-1970</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 10.0 m x 8.0 m • Сут+П • површина 105.04 m² • грејана пов. 52.58 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • разуђене форме • удео транспарентних површина 3.25% • кровни простор се не користи • са сутереном
<p>1971-1980</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 10.30 m x 10.70 m • П+Пк • површина 174.29 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • компактне форме • удео транспарентних површина 5.69% • кровни простор се користи за становање • без подрума
<p>1981-1990</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 10.79m x 12.55 m • Сут+П+Пк • површина 270.61 m² • грејана пов. 172.04 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • компактне форме • удео транспарентних површина 7.29 % • кровни простор се користи за становање • са сутереном

Тип куће, организационе шеме	Фотографски снимак/пресек	Опис објекта
<p>1991-2000</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 12.46 m x 9.57 m • П+0 • површина 229.96 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • компактне форме • удео транспарентних површина 9.21% • кровни простор се не користи • без подрума
<p>2001-2011</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 12.0 m x 12.35 m • Сут+П+Пк • површина 167.17 m² • слободностојећи • у средишту парцеле • компактне форме • удео транспарентних површина 11.60% површина • кровни простор се користи за становање • са сутереном

4.2.2.1 Позиција објекта на локацији, оријентација и облик

У највећем броју слободностојећи објекти индивидуалног становања су постављани у средишту парцеле, удаљени од регулационе линије и суседних парцела.

Након рата, почињу се зидати објекти који већ тада губе везу са локацијом на којој се граде. Објекти зидани у том периоду су још у понеким просторијама задржавали отворе на два суседна зида, да би шездесетих, нарочито седамдесетих

и осамдесетих једино правило било да се објекти оријентишу према приступном путу. Лоша оријентација је уочена у објектима зиданим седамдесетих и осамдесетих када су се дозволе за градњу углавном издавале на основу типских пројеката. Што је најчешће резултирало неповољном оријентацијом. Неповољна оријентација се огледа у лошој диспозицији просторија, као и у неискоришћеним јужно оријентисаним фасадама или превеликим отворима на северним фасадама, што резултира великим топлотним губицима (Табела 28). Често су измене пројеката настајале у току саме градње, тако да изграђени објекти не одговарају пројектној документацији.

Код објеката зиданих од деведесетих година, може се приметити повољнија оријентација. Разлог за то је усаглашеност изграђених објеката са законским регулативама. Према Генералном урбанистичком плану Младеновца, дата су обавезна удаљења од суседних парцела према странама света, тако се од суседне парцеле на северној страни објекат мора удаљити минимум 1,5 m, а на јужној страни минимум 2,5 m.¹⁵⁸ Управо ова удаљења су дата како би се избегла засенчења јужно оријентисаних отвора од стране суседних објеката и обезбедила повољна оријентација за веће отворе на јужној страни.

Стамбени објекти космајских насеља су већином компактне форме. Куће су формиране над квадратном, правоугаоном и нешто ређе Г основом.

Педесетих и шездесетих грађени су четвороводни или вишеводни кровови пратећи геометрију основе, а од седамдесетих се граде двоводни кровови. Стреха примењивана у традиционалној архитектури се у овом периоду изгубила.

Седамдесетих и осамдесетих, па и данас присутни у изградњи, су двоводни кровови са високим калканима оријентисаним према приступном путу (Прилог 7). Од деведесетих година је приметна изградња кровова по узору на традиционалну архитектуру, али разуђенијих форми.

У укупном фонду индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, најзаступљенији су објекти зидани седамдесетих и осамдесетих година и они чине око 50% (Дијаграм 14). Објекте из овог периода карактерише исти принцип и технике градње.

¹⁵⁸ Генерални урбанистички план Младеновца до 2021 године, Сл. Лист града Београда бр. 9, ISSN 0350-4727 28.05.2005. стр. 33

Дијаграм 14. Заступљеност слободностојећих индивидуалних стамбених објеката у укупном стамбеном фонду космајских насеља према години изградње и репрезентативном типу



4.2.2.2 Материјали

Бондрук конструкција се у руралним деловима космајских насеља задржала дуже него што је то случај у градовима. Постепено су бондрук конструкције потпуно ишчезле. Од шездесетих година не постоји диференцираност између објеката грађених у селу и граду.

До 60 – тих година прошлог века, искључиво пуна опека се примењивала у зидању носећих и преградних зидова (Табела 29, 1919-1970). До данас су задржани кровни покривачи од глине: ћерамида, бибер цреп и фалцовани цреп. Дрво је до краја 50 - тих коришћено за таванице, подове и столарију (Табела 29, 1919-1960). Седамдесетих и осамдесетих се дрво и даље примењује у изради подова и столарије, али се почиње користити и као облога зидова и косина крова - ламперија. Шездесетих година се почињу примењивати армирано бетонски елементи у таваницама, надпрозорницима и надвратницима, али се још увек зида без вертикалних серклажа (Табела 29, 1961-1970).

Седамдесетих година се почињу примењивати шупљи глинени елементи за конструкције зидова и монтажне таванице са испуном од опекарских елемената (Табела 29, 1971-1980). Овакав начин зидања је задржан до данас. Разлике су се јавиле са применом ПВЦ столарије, нешто ређе алуминијумске и нових материјала у завршној обради: гипс-картонске плоче, ламинати (Табела 29).

Примењивани материјали су се кроз историју изградње кућа у космајским насељима смењивали следећим редом:

- зид подрума: камен, опека, бетонски блок или ливени бетон,
- зид приземља/спрата и унутрашњи зид: бондрук/испуна од дрвета и блата, пуна опека, гитер блок, гитер блок/гас-бетонски блокови,
- под: дрво, пуна опека, ливена бетонска плоча, армирана бетонска плоча,
- таванице: дрво, каратаван, ливена армирано бетонска плоча, ЛМТ таваница,
- кров: ћерамида, бибер цреп, фалцовани цреп, а данас се паралелно користе глинени покривачи/тегола/бетонски покривачи,
- столарија: дрво/ ПВЦ/ алуминијумска столарија,
- материјали изолације: блато, малтер, полистирен/камена вуна.

Табела 29. Приказ елемената термичког омотача слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља

Тип објекта	спољни зид	под на тлу/ таваница	таваница/ кров	прозори/ бал. врата	улазна врата
<p>пре 1919</p> 	<p>блато са сламом 3 cm хоризонталне летве 2 cm дрвени дирек 8/10 cm испуна блато, слама 10 cm хоризонталне летве 2 cm блато са сламом 3 cm</p> <p>$U=1.05 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>даске 3 cm песак 10 cm набијена земља 15 cm</p> <p>$U=0.719 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>иловача 8 cm даске 4 cm дрвене греде 10/12 cm</p> <p>$U=1.075 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>дрвени једноструки дводелни, једнослојно стакло</p> <p>$U=3.08 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p> <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>1919-1945</p> 	<p>малтер 3 cm пуна опека 38 cm малтер 3 cm</p> <p>$U=0.866 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>даске 3 cm песак 10 cm летве 5/8 cm набијена земља 15 cm</p> <p>$U=0.882 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>иловача 8 cm даске 4 cm дрвене греде 10/12 cm тршчани плафон 5 cm</p> <p>$U=0.657 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>дрвени двоструки, дводелни, једнослојно стакло</p> <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p> <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>1946-1960</p> 	<p>малтер 3 cm пуна опека 25 cm малтер 3 cm</p> <p>$U=1.896 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>паркет 2.2 cm цементна кошуљица 5cm, бетонска плоча 10 cm шљунак 10 cm</p> <p>$U=1.684 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>иловача 10 cm даске 4 cm ваздух 4 cm тршчани плафон 5 cm</p> <p>$U=0.718 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>дрвени двоструки троделни једнослојно стакло</p> <p>$U=3.09 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>пуно дрво</p> <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
<p>1961-1970</p> 	<p>малтер 3 cm пуна опека 25 cm малтер 3 cm</p> <p>$U=1.315 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>паркет 2.2 cm цементна кошуљица 5 cm АВ плоча 17 cm малтер 3 cm</p> <p>$U=1.876 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>минерална вуна 5 cm АВ плоча 17 cm малтер 3 cm</p> <p>$U=2.382 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>-дрвени двоструки троделни једнослојно стакло са ролетном -дрвени двоструки једноделни једнослојно стакло са ролетном</p> <p>$U=3.03 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>	<p>дрвена двокрилна, застакљена једноструки им стаклом</p> <p>$U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

Тип објекта	спољни зид	под на тлу/ таваница	таваница/ кров	прозори, бал. врата	улазна врата
1971-1980 	продужни малтер 3 cm гитер блок 25 cm малтер 3 cm $U=1.537 \text{ W/m}^2\text{K}$	паркет 2.2 cm цементна кошуљица 4 cm АВ плоча 10 cm шљунак 10 cm $U=2.102 \text{ W/m}^2\text{K}$	цреп 2 cm летве 3/5 cm даске 2 cm дрвени рог 8/12 cm гипс картонске плоче 12.5 mm $U=2.082 \text{ W/m}^2\text{K}$	-дрвени двоструки троделни, једноструко стакло, са ролетном -дрвени двоструки једноделни, једнослојно стакло, са ролетном $U=2.68 \text{ W/m}^2\text{K}$	пуно дрво $U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
1981-1990 	малтер 3 cm гитер блок 25 cm малтер 3 cm $U=1.442 \text{ W/m}^2\text{K}$	ламинат 8mm цементна кошуљица 4 cm ПВЦ фолија 0.15 mm LMT- таваница 20cm продужни малтер 3 cm $U=1.265 \text{ W/m}^2\text{K}$	цреп 2 cm летве 3/5 cm даске 2 cm дрвени рог 8/12 cm гипс картонске плоче 12.5 mm $U=2.032 \text{ W/m}^2\text{K}$	дрвени двоструки дводелни, једнослојно стакло, са ролетном $U=3.09 \text{ W/m}^2\text{K}$	пуно дрво $U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
1991-2000 	малтер 3 cm гитер блок 19 cm малтер 3 cm $U=1.896 \text{ W/m}^2\text{K}$	керамичке плочице 8 mm цементна кошуљица 4 cm хидроизолација 0.44 mm АВ плоча 10 cm шљунак 10cm $U=2.102 \text{ W/m}^2\text{K}$	цреп 2 cm летве 3/5 cm даске 2 cm дрвени рог 8/12 cm минерална вуна 10 cm гипс картонске плоче 12.5 mm $U=0.333 \text{ W/m}^2\text{K}$	дрвени једноструки дводелни, двослојно стакло $U=3.06 \text{ W/m}^2\text{K}$	пуно дрво $U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
2001-2011 	продужни малтер 3 cm гитер блок 25 cm полистирен 5 cm баумит силикатна фасада 1 cm $U=0.544 \text{ W/m}^2\text{K}$ цементни малтер 3 cm хидроизолација бетонски блок 20 cm опека 12 cm $U=1.292 \text{ W/m}^2\text{K}$	паркет 22 mm цементна кошуљица 3 cm ПВЦ фолија 0.15 mm полистирен 6 cm хидроизолација 0.44 mm АВ плоча 10 cm бетон 10 cm шљунак 10 cm $U=0.474 \text{ W/m}^2\text{K}$	-ПВЦ фолија минерална вуна 12 cm ПВЦ фолија 0.15 mm LMT-таваница 20 cm продужни малтер 3 cm $U=0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$ -цреп 2 cm летве 3/5 cm даске 2 cm дрвени рог 8/12 cm минерална вуна 10 cm гипс картонске плоче 12.5 mm $U=0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$	дрвени једноструки дводелни, двослојно стакло дрвена балконска врата, двослојно стакло $U=2.02 \text{ W/m}^2\text{K}$	пуно дрво $U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$

4.2.2.3 Потенцијал термичке масе

Термичка акумулација је способност материјала високе густине да апсорбује топлоту, задржи је и онда је полако емитује. На тај начин помаже да се ублаже осцилације температуре у просторији.

У зависности од оријентације и величине прозора, употреба пасивних соларних добитака је побољшана у објектима које имају високу термичку масу. Унутрашњи и спољашњи зидови и подови високе термичке масе омогућавају згради да акумулира топлоту од сунчевог зрачења, задржи је и касније емитује.

Оптимизацијом свих елемената градње: материјала, грејања, вентилације, заштите од сунчевог зрачења и ноћног хлађења, додатно се може побољшати коришћење термичке масе.

Према истраживањима објављеним у публикацији *Concrete for energy-efficient buildings: The benefits of thermal mass*, уштеда од 2-15% у потрошњи енергије може се постићи у објектима масивне конструкције (материјали високе термичке масе) у поређењу са истим објектом лаке конструкције (ниске термичке масе).¹⁵⁹

Такође је утврђено да зграде масивног склопа одржавају услове комфора за дужи временски период у поређењу са зградом лаког склопа, током спољних високих и ниских температура.

Потребна су три основна својства како би материјал могао да обезбеди корисан ниво термичке масе:

- високи специфични топлотни капацитет,
- високе густине, значи да се више топлоте може складиштити,
- средња топлотна проводљивост - тако да се провођење топлоте и њено зрачење одвија у корак са дневним циклусима грејања и хлађења зграде.

Грађевински материјали као што су опека, камен и бетон имају ове особине. Они комбинују високи топлотни капацитет са умереном топлотном проводљивошћу (комбинација свих горе наведених тачака). То значи да се топлота креће између површине материјала и његове унутрашњости брзином која одговара циклусу дневног грејања и хлађења објеката.

¹⁵⁹ *Concrete for energy-efficient buildings: The benefits of thermal mass*, Published by British Cement Association, British Ready-mixed Concrete Association, British Precast Concrete Federation and the Cement Admixtures Association, 2007., str. 3

Неки материјали, као што је дрво, имају висок топлотни капацитет, али је његова топлотна проводљивост релативно ниска. Ограничавање брзине којом се топлота апсорбује у току дана и пушта ноћу је важан фактор за правилно коришћење термичке масе, нпр. челик може да складишти топлоту, али за разлику од дрвета, има веома високу стопу топлотне проводљивости, што значи да се топлота апсорбује и ослобађа превише брзо (Табела 30).¹⁶⁰

Табела 30. Термичке карактеристике грађевинских материјала (извор: *De Saulles, T., 2012.*)

материјал	специфични топлотни капацитет C (J/kgK)	густина ρ (kg/m ³)	топлотна проводљивост λ (W/mK)	ефекат термалне масе
дрво	1600	500	0.13	низак
челик	450	7800	50.0	низак
лаки агрегатни блок	1000	1400	0.57	средњи
ливени бетон	1000	2300	1.75	висок
опека	1000	1750	0.77	висок
пешчар	1000	2300	1.8	висок

Из наведених анализа можемо закључити да савремени индивидуални стамбени објекти космајских насеља имају добар потенцијал термичке масе. У изградњи објеката се користе материјали који добро акумулирају топлоту, пуна цигла, камен и бетон. Апликације материјала у елементима термичког омотача описане су у табели 29.

Међутим, услед проблема изолације и инфилтрације стамбени објекти често не успевају да искористе потенцијал термичке масе. Уколико се ови недостаци санирају, стамбени објекти могу имати пожељне особине и могу ефикасно да пруже удобност за своје кориснике.

Проблеми у коришћењу термичке масе, индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, су у следећем:

- занемаривање ефекта термичке масе у пројектовању стамбених објеката,

¹⁶⁰ De Saulles, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre-MPA, UK, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012., стр. 4

- лоша изолација,
- недовољна изложеност грађевинских елемената сунчевом зрачењу.

Свакако највећи проблем у коришћењу термичке масе у стамбеним објектима космајских насеља је непостојање или недовољна дебљина слојева изолације.

Објекти су већином без изолације или са изолацијом дебљине 5 cm, од полистиренских плоча, у склопу контактних фасада. Од 2010. примењује се и дебљина термоизолације од 10 cm, што још увек није довољно да задовољи постојећи пропис према коме коефицијент пролаза топлоте треба бити $U_{\max} = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ за нове и $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ за постојеће објекте (Табела 5, 6).

Према важећим прописима, у бруто развијену грађевинску површину се код хетерогених зидова не обрачунава дебљина термоизолације преко 5 cm, а код хомогених зидова дебљина зида већа од 30 cm уз постизање ефеката прописаних правилником.¹⁶¹ Овом мером су се избегли проблеми, који су могли настати у енергетској реконструкцији објеката, повећањем габарита објеката, а инвеститорима је омогућено да искористе максималне урбанистичке параметре, као што је заузетост парцеле.

Истраживања су показала да зграде са високим нивоом термичке масе, пасивних соларних карактеристика и ефективном контролом вентилације дају добре ефекте у смањењу потребне енергије за грејање и хлађење објекта.¹⁶²

Према прогнозама пораста температура, дневна варијација ће остати иста или ће се благо повећати, међутим температурни опсег у коме се јавља ће се постепено померати навише. Што значи да ће се ефикасност ноћног хлађења незнатно смањити са повећањем просечне температуре. Ипак, комбинација термичке масе и ноћног хлађења ће и даље бити ефикасно средство да се зграде прилагоде ефектима глобалног загревања.¹⁶³

¹⁶¹ *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, стр. 1

¹⁶² Bill Dunster Architects, *UK Housing and Climate Change*, Heavyweight vs. lightweight construction, ArupResearch+Development, London, 2005., стр. 1

¹⁶³ De Saullès, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre-MPA, UK, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012., стр. 5

4.2.2.4 Вентилација, заптивеност и влага

На основу анализираних објеката, може се закључити да објекте космајских насеља карактерише присуство природне вентилације. Све просторије објеката имају отворе на фасадним зидовима и директно се вентилирају.

Према публикацији *Low energy cooling Good Practice Guide 5* попречна вентилација може бити ефикасна само уколико је однос висине и дубине просторије мањи од 1:5.¹⁶⁴ У анализираним објектима унутрашња висина просторија је 2,5 m, а дубина објекта не прелазе 12,5 m, тако да се у њима може остварити попречна вентилација (Табела 28).

У стамбеном фонду космајских насеља постоји потенцијал за ноћну вентилацију. Разлике између максималне дневне температуре и минималне ноћне је обично више од 10 °C у летњим месецима.¹⁶⁵ Може се претпоставити да су ти интервали и већи у насељима која су на вишим надморским висинама, на падинама Космаја. Потенцијал индивидуалних стамбених објеката је што су већином слободностојећи, најчешће у централном делу парцеле, тако да је могуће остварити неке технике пасивног хлађења, нпр. попречном вентилацијом. Још једна од предности у мање урбаним и руралним срединама је што не постоји опасност од загађења и буке, тако да се може предвидети вентилација отварањем прозора.

Према истраживањима *Building Research Establishment (BRE), United Kingdom* организације, лоша заптивеност у објектима може бити одговорна за чак 40% губитка топлоте.¹⁶⁶

Лоша заптивеност може довести до различитих проблема у објекту као што су:¹⁶⁷

- кондензација воде,
- инфилтрација,
- повишена потрошња енергије.

¹⁶⁴ Low energy cooling Good Practice Guide 5, Islington, London, str. 7

¹⁶⁵ Република Србија, Републички хидрометеоролошки завод, метеоролошки годишњак 1. климатолошки подаци 2014., стр. 196

¹⁶⁶ Michael, J., Scivyer, C., *A practical guide to building airtight dwellings*, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, ISBN 978-1-84806-095-1, Amersham, 2009., str. 1

¹⁶⁷ Wolfgang Feist (PHI), Dipl.-Ing. Søren Peper (PHI) Dipl.-Ing. Manfred Görg (enercity /Stadtwerke Hannover AG), *CEPHEUS-Projectinformation No. 36*, Final Technical Report, Passive Houses Institut, Hanover, 2001., str. 19

У контакту са стамбеним објектима космајских насеља уочени су проблеми топлотних губитака из следећих елемената:

- прозора и врата који немају добро дихтовање,
- инфилтрација између прозора/ врата и зида, празнине у малтеру, инфилтрација испод прага,
- шупљине у зиданом зиду, услед лоше уграђених блокова,
- шупљине настале увођењем инсталација, цеви, аспиратора,
- тавански отвори.

Мало је информација о утицају влаге на свеукупни губитак топлоте, али је познато да се више енергије троши како би се смањио висок ниво влаге и да је губитак топлоте већи када топлота пролази кроз влажне материјале.

Када је висока влажност, током зимских месеци ниво комфора се обично може постићи подизањем температуре ваздуха и током летњих месеци интензивирањем вентилације.

У стамбеним објектима космајских насеља уочен је проблем кондензације и влаге услед:

- лоше изолованих елемената термичког омотача,
- неправилно, распоређених грејних тела у објекту,
- лоше вентилираних просторија које имају доста влаге (купатило, кухиња).

4.2.2.5 Топлотни комфор у току сезоне грејања и хлађења

Према Одлуци града Београда грејна сезона почиње средином октобра, а завршава се средином априла.¹⁶⁸ Грејна сезона је период током којег спољна температура падне, тако да је потребно грејање простора како би се постигла минимална унутрашња температура од 20 °С. Током грејне сезоне, топлота у згради може доћи из различитих извора. Грејни уређаји као што су пећи, радијатори и отворене ватре су главни извори емитовања топлоте. Одређена

¹⁶⁸ Одлука града Београда о снабдевању топлотном енергијом у граду Београду, Службени лист града Београда бр. 43/2007 и 2/2011., члан 43

количина топлоте се такође добија путем соларних и интерних добитака од корисника зграде и електричних апарата.

У XIX веку је дошло до прелаза у коришћењу енергената од дрвета до угља, током XX века прелаз са угља на нафту, а крај века је забележио брз раст у коришћењу природног гаса у грађевинском сектору.

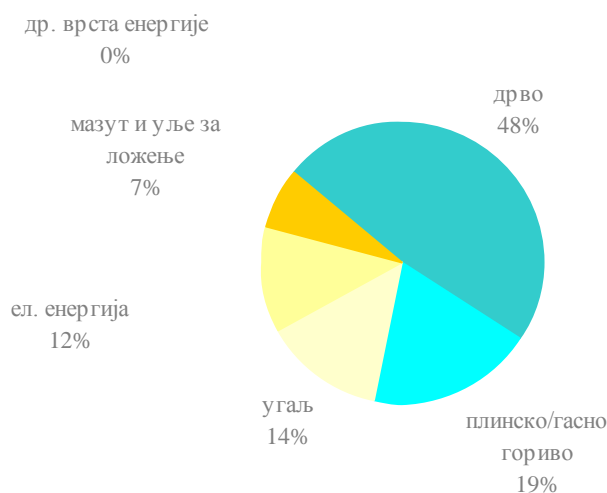
Од стране завода за статистику, пописани су подаци о инсталацијама грејања за стамбене објекте космајских насеља (Прилог 8).

Пописом су обухваћени станови:

- са **инсталацијама централног грејања** ако су те инсталације постављене бар у једној просторији стана а топлота се испоручује из месне топлане,
- са **инсталацијама етажног грејања** ако су те инсталације постављене бар у једној просторији стана и ако се просторије у стану греју топлотом испорученом из заједничке котларнице (у згради или стану),
- **без инсталације централног/етажног грејања** ако ни у једној просторији стана нису постављене инсталације, већ се просторије у стану греју помоћу неког грејног тела (пећ, камин, шпорет и сл.),
- са **инсталацијама гаса** само ако се гас испоручује преко мреже.¹⁶⁹

У становима космајских насеља најзаступљенији енергент је дрво, са уделом од 48% (Дијаграм 15). Објекти централног грејања су заступљени само на територији општине Младеновац са готово једнаким уделом гаса и мазута којим се снабдевају топлане (Прилог 8). Објекти снабдени гасом имају гасне пећи или котао са радијаторима и термостатом за контролу температуре. У етажном грејању најзаступљенији енергенти су: дрво, гас и угаљ (Прилог 8). У објектима без централног и етажног грејања најзаступљенији су енергенти: дрво око 61%, затим електрична енергија и угаљ (Прилог 8).

¹⁶⁹ Станови према врсти енергената за грејање, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-084-4, Београд 2013., стр. 8-9



Дијаграм 15. Удео врсте енергената у грејањустанова космајских насеља
(извор: аутор на основу података РЗС РС, 2011., 2013.)

Према истраживањима објављеним у публикацији *Recent Progress on Passive Cooling Techniques* (Santamouris, M., Pavlou, C., Syneffa, A., Niachou, K., 2006.), која се односе на Европу, констатује се следеће:¹⁷⁰

- потражња енергије за хлађење стамбеног простора чини 6,4% укупне потражње за електричном енергијом,
- у периоду 1990 - 2000. године забележен је раст од 13%,
- стопа уградње клима уређаја у Европи је прилично ниска, у просеку око 0.2 по домаћинству, али и то је 7 пута више од 1990.

Ни на једном од стамбених објеката космајских насеља, који су обухваћени овим истраживањем, није забележено присуство метода пасивног хлађења осмишљеног од стране професионалаца. Уочава се да и поред присуства заштите од сунчевог зрачења као што су ролетне, завесе, отварање прозора, ипак прегревање јавља као озбиљан проблем. Прегревање је нарочито изражен проблем у поткровним етажама. Прегревање у кући изазва нелагоду код корисника и како се јавља током континуираног периода доводи до потребе за уградњу механичког хлађења. Такви системи ће повећати укупну употребу енергије и довести до повећања емисије угљен диоксида.

¹⁷⁰ Santamouris, M., Pavlou, C., Syneffa, A., Niachou, K., *Recent Progress on Passive Cooling Techniques*, Advanced Technological Developments to Improve Indoor Environmental Quality in Low Income Households, Group Building Environmental Studies, Physics Department, Univ. Athens, Athens, Greece, PREA Workshop, Santamouris et al, 2006., стр. 2

Разлози прегревања у стамбеним објектима космајских насеља су:

- лоша изолација термичког омотача зграде,
- неповољна оријентација,
- лоша заштита од сунца,
- лоша вентилација.

Осим спољних топлотних добитака, разлози за прегревање укључују и унутрашње топлотне добитке од:

- рада електричне опреме,
- кувања,
- одавања топлоте од корисника - метаболички добици.

На основу разговора са корисницима, може се констатовати исти приступ станара, да се за хлађење објеката као опција виде само механички уређаји за хлађење ваздуха и да је њихова употреба у порасту.

Обрачун потрошње енергије за хлађење зграда још увек није законодавни услов, али хлађење све више постаје неопходно.

Истраживања показују да потрошња енергије за хлађење опада са порастом интензитета вентилације. Правилан начин да се искористи овај ефекат је да се уведе вентилација када је спољна температура ваздуха нижа од унутрашње температуре.¹⁷¹ При чему је потребно да температура унутрашњег ваздуха не прелази 26 °C према важећим прописима.

Висока термичка маса може доста да измени захтев за грејање и хлађење, али природна вентилација је неопходна како би се постигао пожељан ниво комфора. Објекти космајских насеља имају потенцијал високе термичке масе, али је потребно унапредити њену ефективност постављањем изолације са спољне стране грађевинских елемената термичког омотача објекта.

Остваривање комфора током летњег периода, поставља захтеве које треба укључити у пројектни задатак. У том смислу постоје препоруке:¹⁷²

- избегавати велике површине просторија које теже апсорбују вишак топлотних добитака,

¹⁷¹ *Energy impact of ventilation in buildings*, IDMEC- Institute for Mechanical Engineering - Univ. of Porto Rua dos Bragas, 4050-123 Porto, Portugal, str. 160

¹⁷² Bill Dunster Architects, *UK Housing and Climate Change*, Heavyweight vs. lightweight construction Ove Arup & Partners Ltd, , London W1T 4BQ, January 2005., str. 1

- пројектовати непрозирно сенчење које блокира директне соларне добитке,
- ограничити вентилацију током топлих периода у току дана,
- позиционирати спаваће собе северно, супротно од директног сунчевог добитка.

У оквиру прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење и енергетског разреда зграде репрезентативних типова слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, осим раније наведених (Поглавље 2.6.1) укључени су и следећи параметри:

- оријентација елемената термичког омотача (Табела 28),
- нето површина објеката и површине елемената термичког омотача (Табела 28),
- карактеристике елемената термичког омотача (Табела 29),
- број измена ваздуха за умерено заклоњен положај зграде, лоше заптивености $1,1 \text{ h}^{-1}$, (Табела 16), за објекте зидане од 1991-2011. за умерено заклоњен положај зграде, солидне заптивености $0,6 \text{ h}^{-1}$
- број чланова породице за слободностојеће индивидуалне стамбене објекте – 4 члана, (на основу препоруке из софтвера о минималној површини простора од $20 \text{ m}^2/\text{особи}$ и на основу података РЗС РС о површини стана по лицу у објектима космајских насеља (Дијаграм 13), како би се могле међусобно поредити енергетске перформансе објеката према истим параметрима.

Помоћу наведених улазних параметара у програмском пакету РНРР, прорачуната је потребна годишња енергија за грејање и хлађење за објекте, представнике својих група (Табела 31).

На основу прорачунате годишње потребне енергије за грејање објеката (Табела 31) и на основу заступљености типова у укупном броју индивидуалних стамбених објеката (Дијаграм 14), дато је процентуално учешће типова у потрошњи енергије за грејање (Дијаграм 16). На основу дијаграма може се закључити да објекти зидани 70- тих година захтевају највише енергије за грејање.

Табела 31. Потребна енергија за грејање и хлађење слободностојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља

Тип куће	број објеката ком.	потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	енергетски разред	систем грејања	енергент за грејање	потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	енергент за хлађење
пре 1919 	375	241	G	без инсталације централног/етажног грејања	дрво/огњиште	3	ел. енергија
1919-1945 	903	291	G	без инсталације централног/етажног грејања	дрво/пећ	16	ел. енергија
1946-1960 	2239	305	G	без инсталације централног/етажног грејања	ел. енергија/ТА пећ	9	ел. енергија
1961-1970 	3231	353	G	без инсталације централног/етажног грејања	дрво/пећ	2	ел. енергија
1971-1980 	5311	333	G	са инсталацијом централног грејања	земни гас/радијатори	7	ел. енергија
1981-1990 	4309	277	G	са инсталацијом централног грејања	земни гас/радијатори	16	ел. енергија
1991-2000 	1758	169	F	без инсталације централног/етажног грејања	ел. енергија/ТА пећ	4	ел. енергија
2001-2011 	1346	77	E	са инсталацијом гаса	земни гас/радијатори	11	ел. енергија

Дијаграм 16. Заступљеност типова слободностојећих индивидуалних стамбених објеката према потрошњи енергије за грејање



4.3 Ограничења и потенцијали унапређења енергетских перформанси стамбеног фонда космајских насеља

На основу истраживања постојећих индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, могу се извести закључци о ограничењима и потенцијалима у енергетској реконструкцији објеката (Табела 32).

Табела 32. Табеларни приказ ограничења и потенцијала енергетских перформанси стамбеног фонда космајских насеља

параметар	ограничења	потенцијали
оријентација	<ul style="list-style-type: none"> у многим случајевима објекти су лоше оријентисани, у изградњи приоритет није био остваривање топлотних добитака што је праћено неодговарајућим функционалним шемама 	<ul style="list-style-type: none"> објекти су постављени у центру парцеле, тако да постоји могућност за повећање и формирање нових отвора у циљу повећања топлотних добитака
форма	<ul style="list-style-type: none"> објекти зидани педесетих и шездесетих често су Г основе и карактерише их велика потрошња енергије за грејање преко 300 KWh/m², томе доприноси неповољан фактор облика зграде 	<ul style="list-style-type: none"> потенцијали за енергетску реконструкцију су већи код објеката компактне форме, која је заступљена у већини породичних стамбених објеката
термичка изолација	<ul style="list-style-type: none"> изолација подне плоче, унутар термичког омотача доводи до промене висине врата и додатних трошкова реконструкције постојећих армиранобетонских надвратних греда 	<ul style="list-style-type: none"> регулатива дозвољава да се додавањем изолације изађе из грађевинске линије,¹⁷³ тако да постоји могућност додавања слојева термоизолације
термичка маса	<ul style="list-style-type: none"> велики трошкови у демонтажи и поновној уградњи армирано бетонских плоча на тлу, када се изолација поставља испод масивне подне плоче, како би се унапредила термичка маса 	<ul style="list-style-type: none"> у објектима грађеним до седамдесете године постоји добар потенцијал термичке масе зидова грађених пуном опеком, објекти грађени од седамдесетих садрже армирано - бетонске елементе, балконе, лође и подне плоче, који уколико се укључе у термички омотач могу унапредити термичку масу објекта
вентилација	<ul style="list-style-type: none"> неправилно димензионисање и постављање отвора 	<ul style="list-style-type: none"> коришћење старих димњака, који су услед промене енергената остали неискоришћени, за вентилацију коришћење степенишних вертикала за вентилацију чист ваздух, мање буке и температурни интервали су погодни услови за природну вентилацију повољан однос висине и ширине објекта за попречну вентилацију

¹⁷³ Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, стр. 1

4.4 Критеријуми за одабир репрезентативног модела

Критеријуми на основу којих је одабран објекат који преставља репрезентативни пример индивидуалног стамбеног објекта космајских насеља су:

- заступљеност типа,
- потрошња енергије,
- удаљавање од традиционалних принципа градње.

Објекти изграђени 1971-1980. године представљају групу најбројнијих индивидуалних стамбених објеката у стамбеном фонду космајских насеља, заступљени су са 31,8%. Објекти грађени 1981-1990. године, имају сличне карактеристике као и објекти грађени седамдесетих, што се огледа у коришћеним материјалима, спратности и обликовању (Табела 28, 29). Заједно ова два типа објеката су заступљена са 46,96% (Дијаграм 14).

Истовремено ови објекти показују лоше термичке перформансе и велику потрошњу енергије за грејање, у просеку око 300 KWh/m² годишње (Табела 31). Такође, ови објекти су најзаступљенији према параметрима заступљености и потрошње енергије за грејање (Дијаграм 16). Као велики потрошачи, захтевају хитне мере интервенције како би се унапредиле њихове енергетске перформансе. Управо од овог периода одпочиње изградња која у потпуности прекида све сличности са народним неимарством. Објекти су најчешће спратности П+Пк или П+1, двоводних кровова, без тремова, са уским терасама око 1,2 m дубине, препуштеним преко габарита објекта (Табела 28).

На основу наведених критеријума за репрезентативни модел је одабран објекат зидан седамдесетих година.

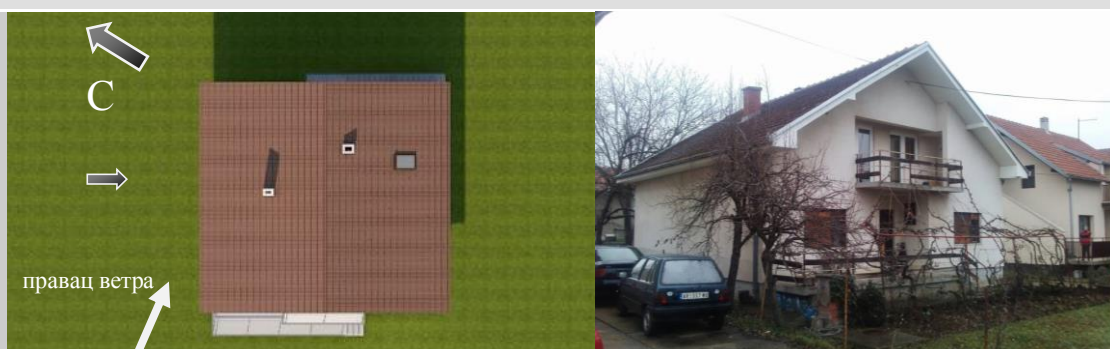
4.5 Анализа репрезентативног модела постојећег индивидуалног стамбеног објекта са енергетског аспекта

Кућа грађена 1972. године у селу Младеновцу представља репрезентативни модел кућа грађених седамдесетих и осамдесетих година. Младеновац се налази на географској ширини од 44° 4' и дужини од 20° 7' на надморској висини од 150m.

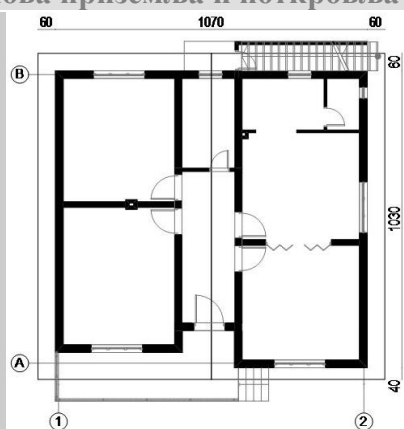
Репрезентативни модел је повучен од регулације око 3,0 m, а улаз је оријентисан југозападно (Табела 33).

Табела 33. Енергетске перформансе куће грађене 1972. године

Репрезентативни објекат, ситуација/изглед



основа приземља и поткровља



основа приземља



основа поткровља

Површина објекта m^2	Потребна енергија за грејање KWh/m^2a	Потребна енергија за хлађење KWh/m^2a	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе kJ/m^2K	Енергетски разред	Емисија CO_2 kg/m^2a
174.29	333	7	5% преко $25^\circ C$	538	G	82.87

Опис елемената термичког омотача

спољни зид	под на тлу	таваница	кров	прозори	врата
- малтер 3 cm - гитер блок 25 cm - малтер 3 cm	- паркет 2.2 cm - цементна кошуљица 4 cm - АВ плоча 10 cm - шљунак 10 cm	- керамичке плочице 8 mm - цементна кошуљица 4 cm - ЛМТ таваница 20 cm - малтер 2 cm	- цреп 2 cm - летве 3/5 cm - фолија 1 mm - даске 2 cm - дрвени рог 8/12 cm - гипс картонске плоче 12.5 mm	- дрвени двоструки трокрилни застакљени једноструким стаклом са ролетном - дрвени двоструки једнокрилни застакљени једноструким стаклом са ролетном	пуно дрво
$U=1.537$ W/m^2K	$U=2.102$ W/m^2K	$U=2.082$ W/m^2K	$U=2.68$ W/m^2K	$U=2.99-3.14$ W/m^2K	$U=3$ W/m^2K

У приземљу објекат садржи две спаваће собе, дневну собу, трпезарију, кухињу и купатило. Објекат има $174,29 \text{ m}^2$ нето површине грејаног простора (Табела 33).

Најдоминантнији, најчешћи и најјачи ветар у Младеновцу дува из правца запада (Табела 33), средња вредност брзине ветра се креће од је 2.1 до 3 m/s (Табела 2).

Кућа је постављена под углом око 60° у односу на правац ветра. Како је већина отвора постављена на југозападној фасади оваква оријентација неповољно утиче на енергетске перформансе објекта са аспекта топлотних губитака у зимском периоду услед ветра. На југоисточној фасади су постављени отвори малих површина, тако да су недовољно искоришћени потенцијали за соларне добитке у зимском периоду (Слика 38).

Ток кретања сунца и сенчење елемената током најтоплијег и најхладнијег месеца у години, приказани су на сликама (Сл. 34, 35, 36, 37, 38 и 39). На основу симулација могу се видети промене сенки у односу на карактеристике елемената, положај, дужину препуста и у односу на путању кретања сунца током године.

Југозападна страна је осунчана у зимском периоду када је то потребно (Сл. 38 и 39), али у летњем периоду велике површине зидова и прозора су изложене директном сунчевом зрачењу (Сл. 35 и 36). Елементи стреха и терасе немају улогу у спречавању соларних добитака у летњем периоду, јер су постављени на местима где нема прозорских отвора и на југозападној страни где ниско сунце може, без препрека да директно обасјава фасаду (Сл. 35).

Вентилација објекта се врши преко отвора који су постављени на југозападној, југоисточној и североисточној страни објекта. Прозори су двоструки, троделни, са ролетнама који штите објекат у летњем периоду од сунчевог зрачења.

Потребна енергија за грејање објекта је 333 KWh/m^2 годишње, што према законској регулативи у Србији припада G разреду (Табела 4). Енергент је гас, са котлом и радијаторима пуњеним водом. Емисија CO_2 од грејања и хлађења износи 82.87 kg/m^2 годишње (Табела 33).

За хлађење објекту је потребно 7 KWh/m^2 годишње. Према прорачуну објекат је на горњој граници прегревања са 5% преко 25°C (Табела 33).



Сл. 34. Осунчање, јул месец у 8 h, кућа грађена 1972. године



Сл. 35. Осунчање, јул месец у 13 h, кућа грађена 1972. године



Сл. 36. Осунчање, јул месец у 18 h, кућа грађена 1972. године



Сл. 37. Осунчање, јануар месец у 8:30 h, кућа грађена 1972. године

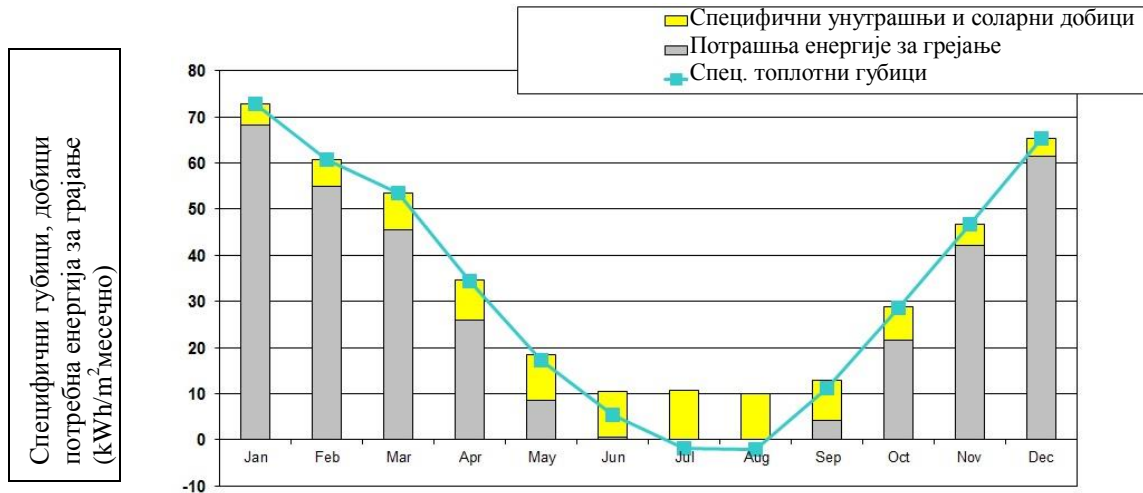


Сл. 38. Осунчање, јануар месец у 13 h, кућа грађена 1972. године



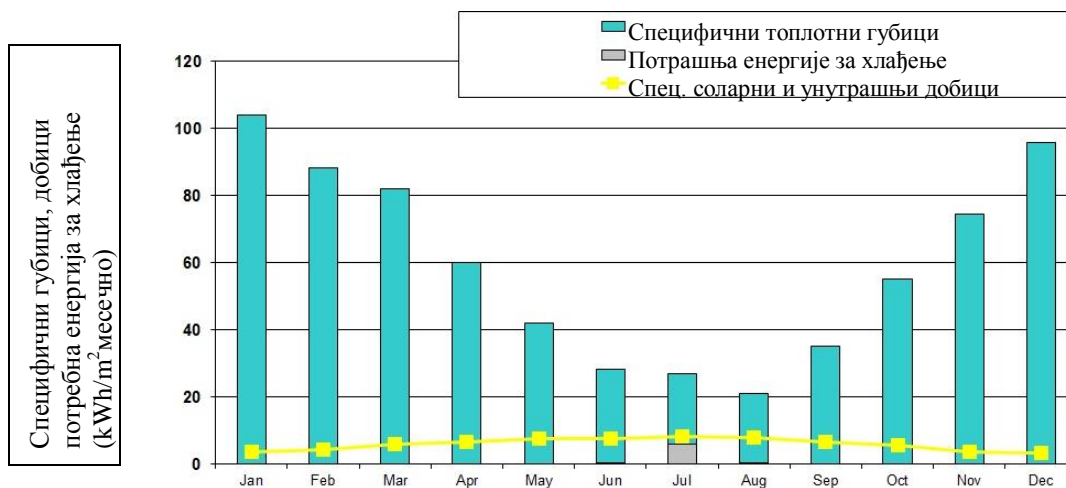
Сл. 39. Осунчање, јануар месец у 16 h, кућа грађена 1972. године

На основу прорачуна у софтверу PHPP дат је дијаграм потребне енергије за грејање (Дијаграм 17) на основу којег се може посматрати потражња енергије за грејање, по месецима, са соларним и унутрашњим добицима и специфичним топлотним губицима.



Дијаграм 17. Потребна енергија за грејање по месецима, за кућу грађену 1972. године

У дијаграму за период хлађења дата је анализа потребне енергије за хлађење, са топлотним губицима и соларним и унутрашњим добицима (Дијаграм 18).



Дијаграм 18. Потребна енергија за хлађење по месецима, за кућу грађену 1972. године

На основу дијаграма се може закључити да објекат остварује недовољно соларних добитака, разлог је у малом уделу транспарентних површина. Такође су присутни велики топлотни губици због термички не изолованих елемената термичког омотача (Дијаграм 17). У летњем периоду потреба за хлађење је највећа у јулу (Дијаграм 18).

4.6 Процена стамбеног фонда космајских насеља

На основу анализе можемо закључити да се у објектима космајских насеља, као основ за изградњу постављају искључиво функционални захтеви. Аспекти значајни за енергетску ефикасност објекта, као што су технике пасивног пројектовања се не примењују.

Тек од деведесетих година XX века почиње се уграђивати термоизолација у фасадне зидове. Термоизолација елемената термичког омотача, још увек у слојевима недовољне дебљине једина је мера унапређења која се до данас примењује.

Према спроведеној анализи индивидуалних стамбених објеката космајских насеља и на основу анализе репрезентативног модела можемо закључити да је постојећи стамбени фонд космајских насеља сачињен од стамбених објеката који су велики потрошачи енергената. Објекти потражују годишње у просеку око 300 KWh/m², енергије за грејање (Табела 31). Стога стамбени фонд представља велики потенцијал за уштеду енергије.

Највећи потрошачи енергије су објекти зидани седамдесетих и осамдесетих година, првенствено, зато што су ови објекти лоших термичких перформанси, други разлог је што су најбројнији, али и веће грејне површине у односу на објекте зидане у претходним фазама.

При пројектовању кућа зиданих у овом периоду се није размишљало о контексту локације, правцу ветра, оријентацији, осунчању, засенчењу и другим елементима пасивног пројектовања.

Иако су од 2012. године уведене нове регулативе у области енергетске ефикасности у зградарству, у самој пракси проблем велике потрошње енергената није битно унапређен. Постоје потенцијали који се уз професионално деловање у реконструкцијама постојећих објеката могу искористити. Међутим, многе баријере се односе на недовољну едукованост не само корисника већ и актера из грађевинске струке, као и у прихваћеним, назовимо их традиционалним техникама градње и уопште животним навикама које се тешко мењају.

5.0. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ЕЛЕМЕНАТА ТРАДИЦИОНАЛНЕ АРХИТЕКТУРЕ НА САВРЕМЕНУ СТАМБЕНУ АРХИТЕКТУРУ СА ЕНЕРГЕТСКОГ АСПЕКТА

5.1 Креативни поступци интерпретације традиционалне архитектуре у савременом изразу

Поступци интерпретирања елемената традиционалне архитектуре у савременој архитектури првенствено зависе од циља који аутор жели да постигне. Различити се принципи примењују у санацији, реконструкцијама, доградњи или изградњи потпуно нових савремених објеката. Најуспешнијим су вредновани они објекти где је приступ усклађен са циљем, односно пројектним задатком.

И. Марић наводи начине интерпретације традиционалне архитектуре засноване на учешћу свих обликовних елемената, конструкција и материјала.¹⁷⁴

Према овом аутору, прву групу начина интерпретације еkleктичког приступа пројектовању чине: копирање, формализам, цитирање и стилизација традиционалних карактеристика.

Са друге стране приступ који се односи на концепте локалне и националне културе која је у спреси са осталим културама, назива се критичким регионализмом. Критички регионализам се почео јављати током тридесетих година двадесетог века. Представља приступ у пројектовању са циљем да се из локалне традиције извуку темељне поуке и да се повежу са развијеним модерним језиком.¹⁷⁵ Архитектонски принцип, као манифестација регије усклађен је са савременом мишљу, као пут који има способности да апсорбује потенцијал регије, а при том да прими и спољне утицаје. Супротставља се универзалности тако што користи елементе који асоцијацијама изазивају осећање припадности и идентитета. Суштину критичког регионализма К. Фрамpton види у кроз праксу која се односи критички према модернизацији, али и даље прихвата видове савременог архитектонског наслеђа, најбоља подручја за развој критичког

¹⁷⁴ Марић, И., *Просторно обликоване карактеристике традиционалне народне архитектуре у Поморављу и њени утицаји на савремену архитектуру*, Магистарски рад, Београд, 1999., стр. 64

¹⁷⁵ Перовић, М., *Историја модерне архитектуре*, Антологија текстова, књига 3, Архитектонски факултет, Београд, 2005., стр. 478

регионализма су она која успевају да избегну поплаву универзалне цивилизације.¹⁷⁶

Поступци интерпретације који усвајају неке од наведених тачака у процесу пројектовања су: делимични утицаји, транспозиција и традиција као критеријум.

Некада су ти начини интерпретације врло јасни, а некада мање разумљиви. Успешност уклапања објекта у контекст није лак задатак, међутим креативност и иновативност архитеката може допринети најразличитијим начинима успешних интерпретација.¹⁷⁷

У креирању хипотетичког модела примењени поступци интерпретације су формализам и стилизација. У интерпретацији се користи форма, обликовање и пропорције преузете из традиционалне архитектуре. Креирани модел је приземан, вишеводног крова, складно обликоване, компактне форме. Према узорима традиционалне архитектуре препуштена стреха је обавезан елемент у оваквом начину интерпретирања. У креирању хипотетичког модела примењена је и стилизација као поступак интерпретације традиционалне архитектуре. Поступак којим се стилизују карактеристични елементи традиционалне архитектуре. Начин који подразумева подражавање одређеног стила. У хипотетичком моделу елемент трема који је карактеристичан за старију моравску кућу се апстрахује у застакљени простор који има функцију складиштења топлотне енергије (Сл. 47). Веза са народном архитектуром се интерпретира преко детаља или симбола, у обликовању, формама, материјалима или конструкцији. Савремена уметност је у испитивању потенцијала исказа, елементарношћу самих материјала доспела до универзалног материјала - речи.¹⁷⁸ Стилизација се користи традиционалним материјалима који могу бити у функцији конструкције и облоге. Традиционални материјали се користе као једна од могућности у изабраном начину интерпретације, при томе могу бити коришћени на потпуно савремене начине.

¹⁷⁶ Kenneth, F. *Модерна архитектура*, Критичка повјест, Глобус Накладни Завод, Љубљана, 1992., стр.352

¹⁷⁷ Бролин, Б., *Архитектура у контексту*, Грађевинска књига, Београд, 1985., стр. 29

¹⁷⁸ Богдановић, К., *Поетика визуелног*, Рецикличност дрвене масе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2005., стр. 294

Регионална архитектура се не одређује, историјски, национално или религијски, већ представља облике који неминовно морају произаћи из места у коме настају као одговор на те потребе, тако се развијају, што даје печат локалног.

5.1.1 Елементи традиционалне архитектуре - потенцијал транспоновања

Многи аутори инспирацију траже у естетици традиционалне куће, сматрајући да она садржи принципе и квалитете који и данас могу бити актуелни.

Према И. Марићу естетика архитектуре прошлости произилази из неколико принципа:¹⁷⁹

- прилагођавања објекта терену,
- утилитарности самих објеката из које произилази и њихов изглед,
- изражене стабилности објекта која се постиже пропорцијом и наглашеном хоризонталом,
- зналачког коришћења материјала, посебно дрвета и бондрук система са разним испунама,
- усклађености човека и природе.

Б. Петровић сматра да највећа вредност традиције лежи у односу на пропорцијске односе традиционалне куће, у логичном постављању куће на локацији и употреби локалног грађевинског материјала.¹⁸⁰

Вентуријева архитектура се заснива на традицији, признавању улоге и значаја прошлости. Он указује на чињеницу да је немогуће исто дело пренести из једне средине у другу, зато што је потребно да се оно уклопи у средину, а тиме и у традицију.¹⁸¹

Основне обликовне карактеристике традиционалне куће, њени елементи и форме су основни инспиративни мотиви за транспоновање у савремену архитектуру.

Елементи традиционалне архитектуре који имају примену у изградњи савремених објеката су:

- кос кров,
- трем,
- застори,
- традиционални материјали.

¹⁷⁹ Марић Игор, *Просторно обликоване карактеристике традиционалне народне архитектуре у Поморављу и њени утицаји на савремену архитектуру*, Магистарски рад, Београд, 1999. стр. 130

¹⁸⁰ Петровић Божидар, *Старе Српске куће као градитељски подстицај*, Графопринт, Горњи Милановац, 2002. стр. 12

¹⁸¹ Вентури, Р., *Сложености и противречности у архитектури*, Грађевинска књига, Београд, 2001., стр. 80

Кос кров је значајан елемент архитектуре прошлости који се и данас примењује у стамбеној изградњи (Сл. 40). У обликовању савремених стамбених објеката улога косог крова се може посматрати са аспекта обликовања и функције. У функционалном смислу основана улога је заштита од атмосферских утицаја и коришћење таванског простора. Осим добрих функционалних карактеристика, кос кров се препознаје као обликовни елемент објеката који карактеристичан за мале градове и села. Према Шулцу изглед куће непосредно представља амбијент у коме настаје.¹⁸²



Сл. 40. Примена косог крова у традиционалном и савременом стамбеном објекту

Традиционалне дрвене кровне конструкције косих кровова подразумевају конструкције чији је развој заснован на искуству. Њихове концепције се формирају још у средњем веку, а усавршавањем алата за обраду дрвета у XX веку се смањују димензије елемената и трансформишу спојеве, када је углавном дефинисан њихов данашњи облик, димензије, везе и основни конструктивни принципи који су остали готово непромењени.¹⁸³

Разлози примене косог крова су:

- климатски услови, где је кос кров погодан елемент за заштиту од атмосферских утицаја,
- утицај наслеђа, које кров види као обавезан завршни елемент објекта,
- потенцијал таванског простора, флексибилност у смислу могућности касније адаптације.

¹⁸² Норберг Шулц, К., *Становање*, Грађевинска књига, Београд, 1990., стр. 91

¹⁸³ Жегарац, Б., *Традиционалне и савремене дрвене кровне конструкције*, Регија Д.О.О, Београд, 2007., стр. 29

Осим својих добрих функционалних карактеристика, предност косог крова лежи и у обликовању стамбених објеката, а неке од предности су:¹⁸⁴

- у изградњи комплекса објеката може нам помоћи да дефинишемо концепцију блока,
- може акцентовати делове објекта, нагласити унутрашњи концепт или појачати утисак,
- појачава динамику и кретање објекта, према позицији крова може се дефинисати оријентација објекта, где се забат види као бочна страна,
- доприноси карактеру амбијенталних целина, ликовности.

Трем је данас често коришћен елемент у архитектури индивидуалног становања. Савремени отворени простори објеката у односу на традиционалну архитектуру мењају свој значај. Због све мањих површина грађевинских парцела, ти простори представљају све значајнију везу са природним окружењем. У обликовном смислу, отворени простори су често коришћени елементи у постизању разуђеног изгледа објекта, што се препознаје као тренд у савременој архитектури (Сл. 41). Данас је трем доминантан део културе становања српског народа, место где породица обавља већи део својих дневних активности у летњем периоду.



Сл. 41. Трем, традиционални и савремен архитектонски елемент

Традиционални материјали су препознатљиви, симболички елементи, који својим значењима, еколошким и ликовним квалитетом, заједно са другим елементима утичу на квалитет изграђеног простора. Коришћењем традиционалних

¹⁸⁴ Крстић - Фурунџић, А., *Кос кров у домаћој стамбеној архитектури - традиционалан и савремен архитектонски елемент*, Едиција-Архитектоника, коло А, свеска бр. 8, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 1995., стр. 34

материјала, односно материјала са локација на којима се гради, постиже се хармонија изграђеног и природног окружења. Примена традиционалних материјала се везује за вернакуларну, фолклорну, традиционалну архитектуру, која испуњава критеријуме биоклиматског и регионалног.¹⁸⁵ Веза материјала и форме је нераскидива у свим видовима обликовања, она је основ за осмишљавање структуре, форме, функције.

Према Б. Подреки рад са каменом није стварање форме већ трансформација материје у оформљено, тако да архитекта ради са масом, а ту је архитектура од камена примарна.¹⁸⁶

Традиционални материјали од средства за стварање структуре и форме или трансформације материјала у форму у савременој архитектури теже језику површине, односно стварању алузије о структури форме. Све више се традиционални материјали користе као облога и доживљавамо их као ликовне елементе. У улози облоге материјали имају симболички значај, а не праву форму, што значи да форму читамо кроз наше искуство о том материјалу (Сл. 42). У традиционалној архитектури материјали су коришћени као конструктивни елементи. Данас традиционални материјали све више добијају улогу омотача и независни су од конструкције.¹⁸⁷



Сл. 42. Примена камена у традиционалном и савременом стамбеном објекту

¹⁸⁵ Радовић, Д., *Архитектура и поднебље - улога климе у формирању регионалности урбаног и архитектонског израза*, Докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1990., стр. 1

¹⁸⁶ Подрека, Б., *Текстуре*, Завод за заштиту споменика културе Краљева, Краљево, 2003., стр. 59

¹⁸⁷ Подрека, Б., *Текстуре*, Завод за заштиту споменика културе Краљева, Краљево, 2003., стр. 51

Према аутору бесконачне техничке могућности до крајности су упропастили камен као грађу, налазећи га прилепљеног за бетон, како би заваарао да је монолит.

5.2 Енергетска реконструкција

Даља употреба изграђених зграда је кључни елемент одрживог развоја. Важно је имати реална очекивања у реконструкцији постојећих зграда. Потпуна замена постојећег објекта са новим, подразумева значајну потрошњу енергије како у рушењу (што укључује отпад постојећег материјала, од којих су у малом проценту у стању поновне употребе) тако и у изградњи за производњу нових материјала, транспорт и градњу. Реконструисана постојећа зграда је боље решење у погледу заштите животне средине јер се на тај начин минимизира трошење необновљивих ресурса. Питање енергетске реконструкције постојећег фонда се намеће као обавеза свих кључних актера у области законодавства и грађевинарства.

Изграђене зграде се морају модернизовати у смислу унапређења енергетских перформанси, што у првој фази подразумева процену изграђеног објекта, пројекат радова са проценом трошкова и периодима повратка инвестиције.

На основу истраживања објављених у публикацији *Promotion of European Passive Houses*, која се баве европским грађевинским фондом са аспекта увођења мера у циљу реконструкције по стандардима пасивне куће, закључено је да постоје две главне баријере у том процесу. Прва баријера је традиција зидања објеката шупљим блоковима од глине, што представља изазове у постизању високих стандарда у изолацији фасадног зида. Друга препрека која се среће у неколико европских земаља је недостатак добрих компоненти прозора.¹⁸⁸ Да би пребродили ове изазове препорука је да се унапређује пракса на самом градилишту.

У космајским насељима, објекти се од седамдесетих година зидају шупљим блоковима. Овакав принцип градње захтева велике слојеве изолације како би се задовољио стандард енергетски ефикасне куће. Може се констатовати да за енергетску реконструкцију објеката важе исте препреке, које су наведене у поменутом истраживању.

¹⁸⁸ *Promotion of European Passive Houses*, Passive House Solutions, The PEP-project is partially supported by the European Commission under the Intelligent Energy Europe Programme, EIE/04/030/S07.39990, 2006., str. 16

У различитим климатским условима, чак и унутар исте земље, једно пројектантско решење је специфично и може се изводити у једном контексту. Задатак архитеката је да сарађују са климатолозима како би разумели услове непосредног окружења пре него отпочну израду пројекта и да дају решења као одговор на климатске промене.

Могући аспекти у постизању тог циља су разматрање топлотних перформанси грађевинских компоненти и система, тако да се минимизира губитак топлоте у зимском и добитак топлоте у летњем периоду.

Према истраживањима објављеним у публикацији *The passivhaus standard in European warm climates*, на основу динамичког термичког модела закључено је да се соларним добицима може постићи око 70% дневних сати у зимском периоду (од 8 до 10 увече) са унутрашњом температуром изнад 18 °C. То за неке може бити неприхватљиво, међутим, с обзиром на климатске промене и тренд сталног исцрпљивања енергетских ресурса и повећања цена енергената, овај сценарио може постати широко распрострањен у пракси.¹⁸⁹

Постоје бројна истраживања која се баве унапређењем стамбеног фонда, где је као прва и најефикаснија мера унапређење топлотних карактеристика термичког омотача.

Резултати истраживања која се баве енергетском реконструкцијом станова у Београду, показују да се значајне енергетске уштеде и смањење емисије CO₂ могу постићи веома једноставним мерама реновирања. Предвиђена побољшања у изолацији термичког омотача и замени грађевинске столарије су дала уштеде од 66%-83% потребне енергије за грејање.¹⁹⁰

Термичка маса је такође важно питање, јер унапредити коефицијент пролаза топлоте елемената термичког омотача није увек и једини начин да се унапреди и енергетска ефикасност објеката.

¹⁸⁹ *The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes*, Part 2 National proposals in detail: Passivhaus UK homes, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007., str. 12

¹⁹⁰ Kосic, T., Krstic-Furundzic, A., Rajcic, A., Maksimovic, D., *Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade*, Proceedings of the PLEA 2009. - Architecture, Energy and the Occupant's Perspective, Editors: C. Demers, A. Potvin, Les Presses de l'Universite. Laval, Quebec City, Canada, 2009., pp. 603-608.

Постављањем прозора, високог пролаза соларне енергије и оптималне оријентације стана може се постићи максимална корист кроз пасивне соларне добитке. Поред високог проласка соларне енергије, прозори који се уграђују у пасивним кућама, обично имају троструко нискоемисионо застакљење што значајно умањује губитке. Опсег вредности за пролазак соларне енергије кроз прозоре у стандарду пасивних кућа је 45% и више.¹⁹¹

Алтернативне технике хлађења током лета су питања која су донедавно тек помало третирана, а у многим случајевима се и не разматрају. Климатске промене захтевају да се приступи овом проблему, једнако као што је то случај у планирању рационалне потрошње енергије за грејање.

Пасивно хлађење се постиже контролисаном природном вентилацијом која функционише у складу са термичком масом и контролом пролаза сунчевог зрачења.

Пажљиви избор материјала, треба бити вођен сазнањем да неки материјали имају релативно кратак животни век, а ипак се значајна енергија користи у њиховој производњи, а значајно је и одржавање компоненти.

Реконструкцију и обнову постојећих објеката, као потенцијала који је већ конзервирао енергију за изградњу, треба промовисати и подстицати различитим стимулативним мерама.

Правилно пројектовање, извођење и пуштање у рад енергетских система у зградама је од кључног значаја током њеног животног циклуса.

¹⁹¹ Promotion of European Passive Houses Passive House Solutions The PEP-project is partially supported by the European Commission under the Intelligent Energy Europe Programme, EIE/04/030/S07.39990, 2006., str. 29

5.3 Дефинисање, анализа и оцена енергетских перформанси хипотетичких референтних модела

На основу досадашње анализе одређена су два хипотетичка модела. У том смислу се усваја као референтни модел постојећег стамбеног фонда, објекат зидан седамдесетих година. И други, који представља пример хипотетичког модела сачињеног на основу анализе свих кључних елемената који утичу на енергетске перформансе објекта, а тичу се пасивног дизајна као што су: оријентација, вентилација, термичка маса и др. Анализом хипотетичког модела истражени су утицаји елемената традиционалне архитектуре на енергетске перформансе куће.

5.3.1 Енергетска реконструкција постојећег индивидуалног стамбеног објекта

За ову анализу одабран је модел који користи поткровље, јер је анализом постојећег стамбеног фонда космајских насеља закључено да представља тип најзаступљенијих објеката. Објекат је био предмет анализе енергетских перформанси као репрезентативни модел постојећих стамбених објеката космајских насеља.

У циљу унапређења енергетске ефикасности, референтни постојећи стамбени објекат ће бити анализиран кроз следеће мере унапређења:

- изолације зидова, кровних равни и подних плоча,
- термичке масе,
- прозорских елемената,
- применом елемената традиционалне архитектуре.

Креиране су три варијанте унапређења енергетских перформанси референтног модела, које карактеришу следеће мере унапређења:

1) Варијанта I

Реконструкција објекта обухвата следеће мере:

- изолацију елемената термичког омотача,
- унапређења прозорских елемената.

Пројектовани слојеви изолације су усклађени са законском регулативом, коефицијентима пролаза топлоте који су дати правилником за постојеће објекте (Табела 5). Дрвени прозори су замењени квалитетнијим дрвеним прозорима са

двоструким нискоемисионим стаклом, пуњеним аргоном. Коэффицијент пролаза топлоте рама је $U_f=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, а стакла $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Усвојен број измена ваздуха је $0,6 \text{ h}^{-1}$ (Табела 16), предвиђена је ноћна вентилација у летњем периоду. Овим мерама постигнуто је смањење потрошње енергије за грејање и хлађење. Са обзиром да је термоизолација постављена изнад бетонске подне плоче смањена је термичка маса објекта. Ефекти примене наведених мера дате су у табели 34. Емисија CO_2 се односи на енергију потребну за грејање и хлађење објекта. Предвиђен енергент за грејање је гас, а за хлађење електрична енергија.

Табела 34. Утицај мера унапређења 1 на енергетске перформансе куће

						
мере унапређења 1						
Површина објекта m^2	Потребна енергија за грејање KWh/m^2 годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m^2 годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе $\text{kJ/m}^2\text{K}$	Енергетски разред	Емисија CO_2 kg/m^2 годишње
174.29	59	3	5% преко 25°C	493	C	16.95
Опис елемената термичког омотача						
спољни зид	под на тлу	део таванице лође-балкона	кос кров	прозори	врата	
- малтер 3 cm - гитер блок 25 cm - малтер 3 cm - полистирен 10 cm - баумит - силикатна фасада 1.5 cm	- паркет 2.2 cm - цементна кошуљица 4 cm - п. фолија - полистирен 10 cm - п. фолија - АВ плоча 10 cm - шљунак 10 cm	- керамичке плочице 8 mm - цементна кошуљица 4 cm - ЛМТ 20 cm - малтер 2 cm - полистирен 20 cm	- цреп 2 cm - летве 3/5 cm - фолија 2mm - даске 2 cm - дрвени рог 8/12 cm - п. фолија - минерална вуна 20 cm - п. фолија - гипс картонске плоче 12.5 mm	дрвени рам 68 mm застакљени застакљени двоструким нискоемисионим стаклом пуњен аргоном $U_f=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	пуно дрво	
$U=0.321$ $<U_{\text{max.}}=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U=0.343$ $<U_{\text{max.}}=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U=0.187$ $<U_{\text{max.}}=0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U=0.190$ $<U_{\text{max.}}=0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U=2.13-1.44$ $<U_{\text{max.}}=1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U=1.6$ $<U_{\text{max.}}=1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Објекат је пре примењених мера потраживао 333 KWh/m² годишње енергије за грејање и 7 KWh/m² годишње енергије захлађење (Табела 33). Мерама унапређења потребна енергија за грејање је смањена за 82%, а за хлађење 57%.


2) Варијанта II

Реконструкција објекта обухвата следеће мере:

- изолацију елемената термичког омотача,
- унапређења прозорских елемената.

Примењене мере обухватају значајније унапређење термичког омотача објекта. Додавањем дебљих слојева изолације, постигнути су нижи коефицијенти пролаза топлоте за елементе термичког омотача. Дрвени прозори су са квалитетнијим рамовима са коефицијентом пролаза топлоте $U_f=0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$, застакљени нискоемисионим, рефлектујућим стаклом $U_g=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Табела 35. Утицај мера унапређења 2 на енергетске перформансе куће

						
мере унапређења 2						
Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе kJ/m ² K	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² годишње
174.29	45	3	5% преко 25°C	493	C	13.88
Опис елемената термичког омотача						
спољни зид	под на тлу	део таванице лође-балкона	кос кров	прозори	врата	
- продужни малтер 3 cm - гитер блок 25 cm - полистирен 14 cm - баумит - силикатна фасада 1.5 cm U=0.321 <U _{max.} =0.4 W/m ² K	- паркет 2.2 cm - цементна кошуљица 4 cm - п. фолија - полистирен 15 cm - п. фолија - АВ плоча 10 cm - шљунак 10 cm U=0.242 <U _{max.} =0.4 W/m ² K	- керамичке плочице 8 mm - цементна кошуљица 4 cm - полистирен 20 cm - ЛМТ 20 cm - малтер 2 cm U=0.187 <U _{max.} =0.2 W/m ² K	- цреп 2 cm - летве 3/5 cm - фолија 2mm - даске 2 cm - дрвени рог 8/12 cm - гипс картонске плоче 12.5 mm U=1.3 <U _{max.} =0.2 W/m ² K	прозори средњег топлотног квалитета, рефлектујуће стаклом са ролетном са ролетном U _f =0,75 W/m ² K U _g =0,64 W/m ² K U=1.33-0.86 <U _{max.} =1.5 W/m ² K	пуно дрво U=1.6 <U _{max.} =1.6 W/m ² K	

Усвојен број измена ваздуха је 0,5 за добро заптивене објекте, умерено отвореног положаја (Табела 16). У летњем периоду предвиђена је ноћна вентилација. Овим мерама су остварене уштеде у потребној енергији за грејање, међутим даља смањења потребне енергије за хлађење нису постигнута. Такође, већа заптивеност објекта је задржала исту фреквентивност прегревања. Резултати примењених мера су дати у табели 35. У односу на постојећи објекат постигнуто је смањење потребне енергије за грејање за 87%, а у односу на варијанту унапређења I, постигнуто је смањење потребне енергије за грејање за 24%.

3) Варијанта III

Реконструкција објекта обухвата следеће мере:

- изолацију елемената термичког омотача,
- унапређења прозорских елемената,
- унапређење термичке масе,
- повећање транспарентних површина, застакљењем балкона,
- увођење елемената засенчења.

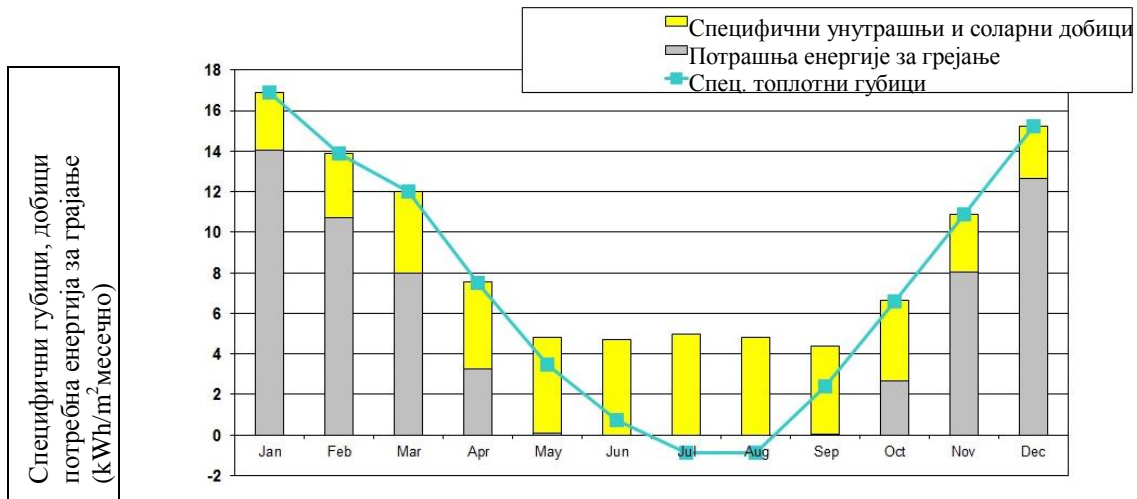
Унапређење термичког омотача објекта постигнуто је топлотном изолацијом у дебљини слојева који су усклађени са важећом законском регулативом за реконструкцију објеката (Табела 5). Постојећи прозори су замењени дрвеним прозорима $U_f=0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$, са нискоемисионим, рефлектујућим стаклом $U_g=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$, а додате транспарентне површине су застакљене дрвеним рамовима $U_f=0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ са рефлектујућим стаклом. Усвојен број измена ваздуха је $0,6 \text{ h}^{-1}$ (Табела 16), предвиђена је ноћна вентилација у летњем периоду. Мерама је предвиђено увођење постојећег балкона у термички омотач зграде. На тај начин се повећава грејна површина објекта, термичка маса као и удео транспарентних површина. У циљу унапређења термичке масе под на тлу је обложен керамичким плочицама. На овај начин су остварена смањења потребне енергије за грејање и хлађење, такође је смањена фреквентивност прегревања. Ефекти примене мера дати су у табели 36.

Табела 36. Утицај мера унапређења 3 на енергетске перформансе куће

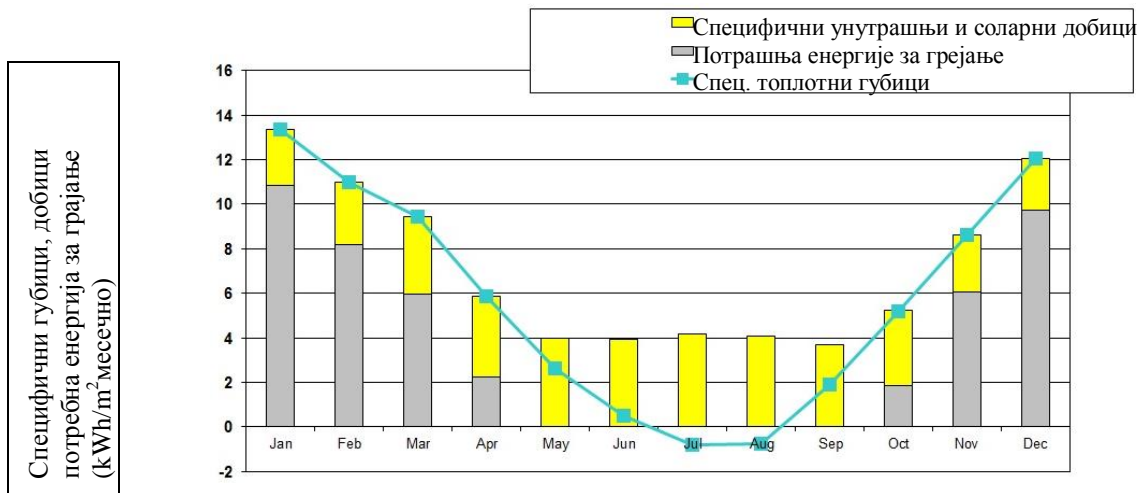
						
мере унапређења 3						
Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе kJ/m ² K зима/лето	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² годишње
183.10	48	1	4% преко 25°C	500	C	11.89
Опис елемената термичког омотача						
спољни зид	под на тлу	плоча лође	кос кров	прозори	врата	
- продужни малтер 3 cm - гитер блок 25 cm - малтер 3 cm - полистирен 10 cm - баумит силикатна фасада 1,5 cm	- керамичке плочице 8 mm - цементна кошуљица 5 cm - п. фолија - полистирен 10 cm - п. фолија - АВ плоча 10 cm - шљунак 10 cm	- керамичке плочице 8 mm - цементна кошуљица 4 cm - АВ плоча 12 cm - малтер 2 cm - полистирен 20 cm - баумит силикатна фасада 1.5 cm	- цреп 2 cm - летве 3/5 cm - фолија - даске 2 cm - дрвени рог 8/12 cm - гипс картонске плоче 12.5 mm	прозори средњег топлотног квалитета, застакљени рефлектујућим стаклом са ролетном U _f =0,75 W/m ² K U _f =0,754W/m ² K U _g =0,64 W/m ² K	пуно дрво	
U=0.321 <U _{max} .=0.4 W/m ² K	U=0.354 <U _{max} .=0.4 W/m ² K	U=0.194 <U _{max} .=0.3 W/m ² K	U=0.190 <U _{max} .=0.2 W/m ² K	U=0,88-1,59W/m ² K	U=1.6 <U _{max} .=1.6 W/m ² K	

У односу на варијанту I постигнуто је смањење потребне енергије за грејање за 19%, а у односу на варијанту II нису постигнута смањења. У прорачуну потребне енергије за хлађење у односу на варијанту I и II постигнуто је смањење за 75%.

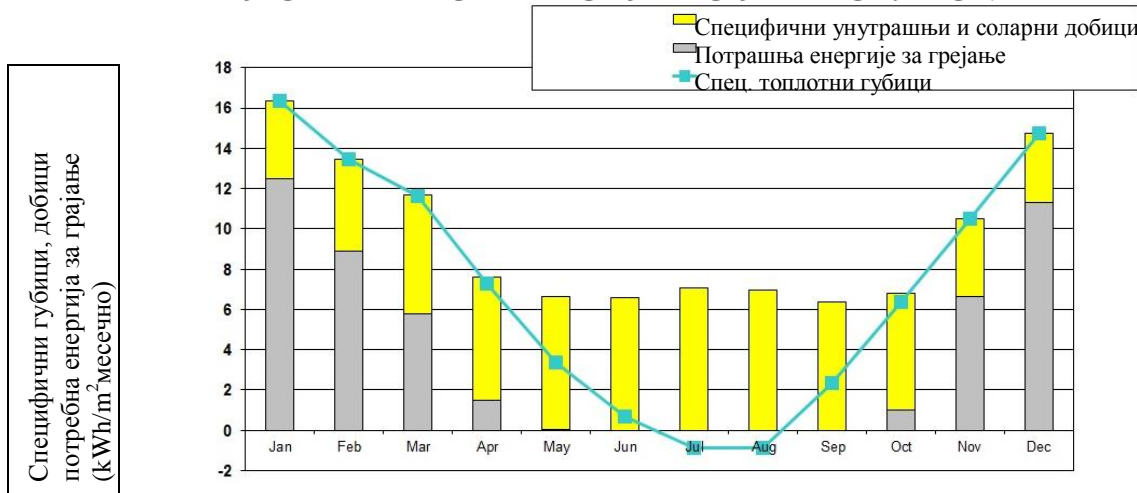
На основу дијаграма потребне енергије за грејање, према мерама унапређења, можемо упоредити однос соларних добитака, потребне енергије за грејање и специфичних губитака топлоте, по месецима (Дијаграм 19, 20 и 21)



Дијаграм 19. Потребна енергија за грејање, мере унапређења 1



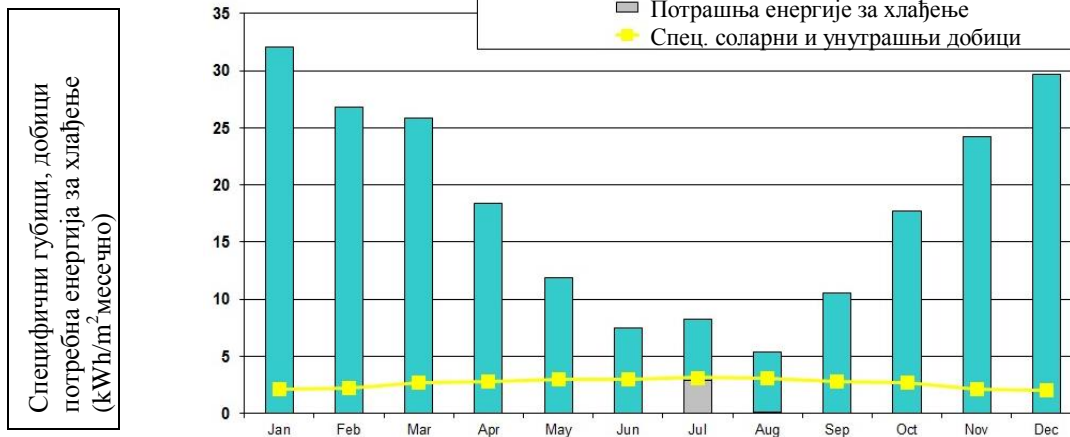
Дијаграм 20. Потребна енергија за грејање, мере унапређења 2



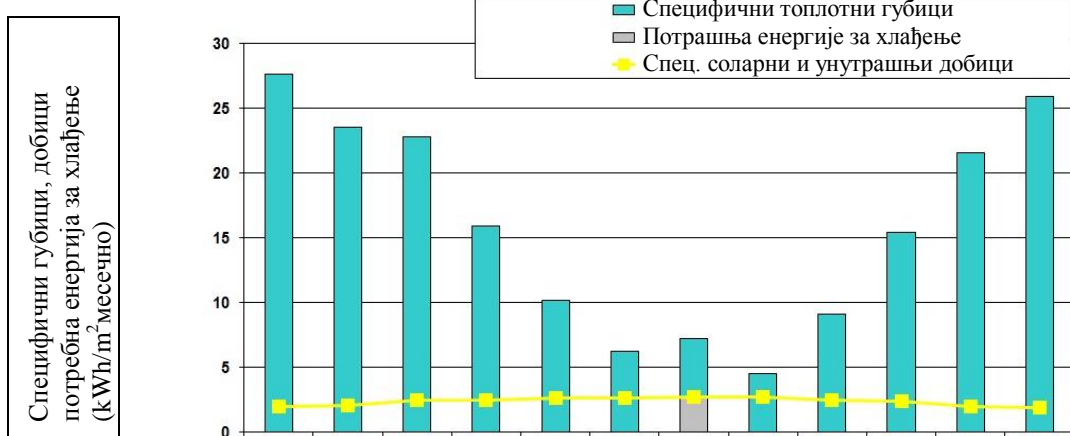
Дијаграм 21. Потребна енергија за грејање, мере унапређења 3

На основу дијаграма потребне енергије за хлађење, према мерама унапређења, можемо упоредити однос потражње енергије за хлађење, топлотних губитака и соларних и унутрашњих добитака, по месецима (Дијаграм 22, 23 и 24)

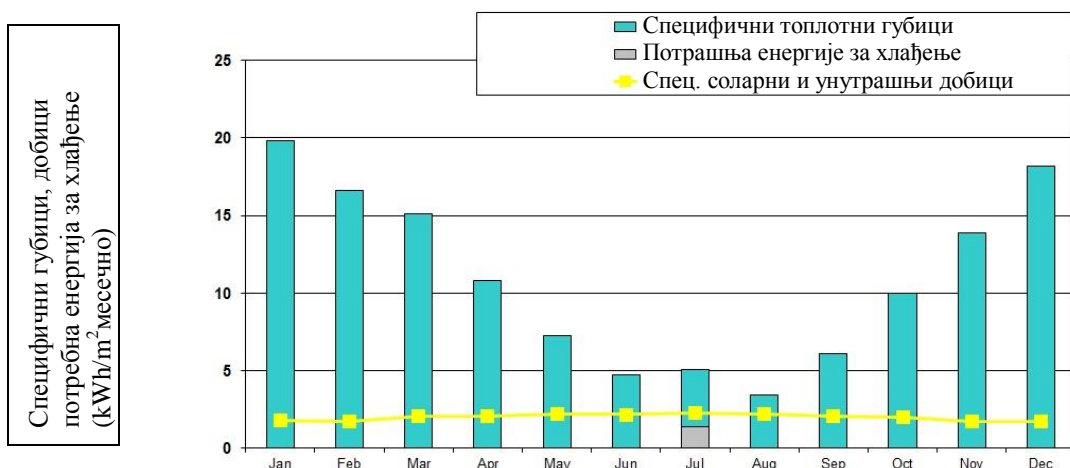
Дијаграм



22. Потребна енергија за хлађење, мере унапређења 1



Дијаграм 23. Потребна енергија за хлађење, мере унапређења 2



Дијаграм 24. Потребна енергија за хлађење, мере унапређења 3

На основу анализе енергетских перформанси објеката према мерама унапређења можемо закључити да се варијанта II показала најефикаснијом у потрошњи енергије за грејање (Табела 35). У аспекту потребне енергије за хлађење најефикаснијом се показала варијанта III (Табела 36). У емисији гасова CO₂ најефикаснијом се показала варијанта III са емисијом од 11,89 kg/m² годишње. Према препоруци која је дата у водичу за ниско енергетско хлађење објеката, моделе објеката је потребно проверавати на основу сценарија пораста температура за 2050. годину, како би се правилно процениле перформансе пројектованог објекта.¹⁹²

Табела 37. Енергетске перформансе реконструисаног објекта према мерама унапређења и сценарију пораста температура за 2050. годину

	Потрошња енергије за грејање kWh/m ² a	Потрошња енергије за хлађење kWh/m ² a	Фреквентност прегревања%
Варијанта I	45	14	11% преко 25°C
Варијанта II	33	13	13% преко 25°C
Варијанта III	37	8	11% преко 25°C

Према сценарију пораста температура најефикаснијом се показала варијанта III са укупном потрошњом енергије за грејање и хлађење од 45 kWh/m² годишње и фреквенцијом прегревања од 11% (Табела 37). На основу анализираниог, према аспектима потребне енергије за грејање и хлађење и на основу пројекција температура за 2050. годину, можемо закључити да је варијанта III дала најбоље резултате.

Топлотна изолација је важна не само са аспекта смањења коефицијента пролаза топлоте, већ утиче и на друге карактеристике елемената куће: фреквентност прегревања и термичку масу објекта.

Дебљина топлотне изолације утиче на заптивеност објекта. Заптивенији објекти су осетљивији на унутрашње добитке, што утиче на фреквентност прегревања објекта. Анализа утицаја дебљине изолације на фреквентност прегревања симулирана је на моделу варијанте III и приказана је у табели 38.

¹⁹² Low energy cooling Good Practice Guide 5, Islington, London, str.3

Табела 38. Утицај дебљине изолације на фреквентност прегревања

Дебљина изолације зида, крова и подне плоче /cm	Заптивеност	Фреквентност прегревања%
10	0.6	4% преко 25°C
20	0.5	4% преко 25°C
30	0.5	6% преко 25°C
40	0.5	8% преко 25°C

На основу софтвера *Dynamic Thermal Properties Calculator*¹⁹³, урађена је симулација положаја изолације у односу на термички омотач зграде (Табела 39).¹⁹⁴ Симулација приказује на који начин положај изолације утиче на термичку масу објекта, променом **к**- вредности. Увећање **к**- вредности ће довести и до увећања параметра термичке масе конструкције и обрнуто.

У поређењу фасадног зида без изолације и са изолацијом од полистирена дебљине 14 cm (Табела 39), може се видети да изолација зида са спољне стране утиче на фактор опадања и коефицијент пролаза топлоте, али неће утицати на **к**- вредност.

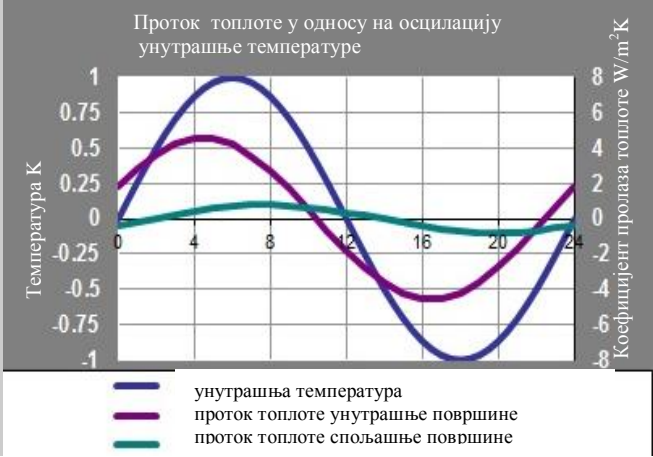
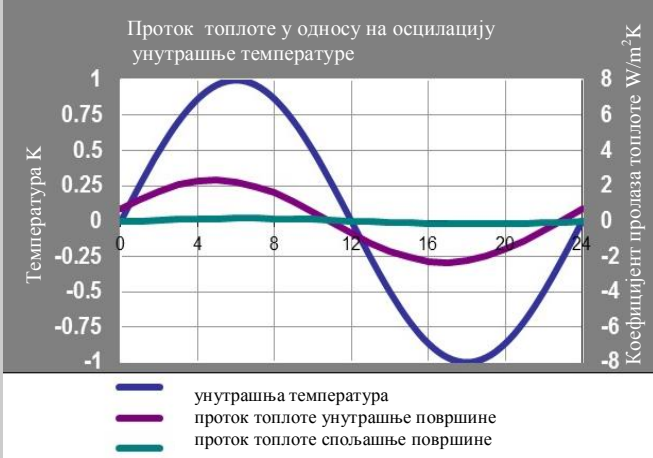
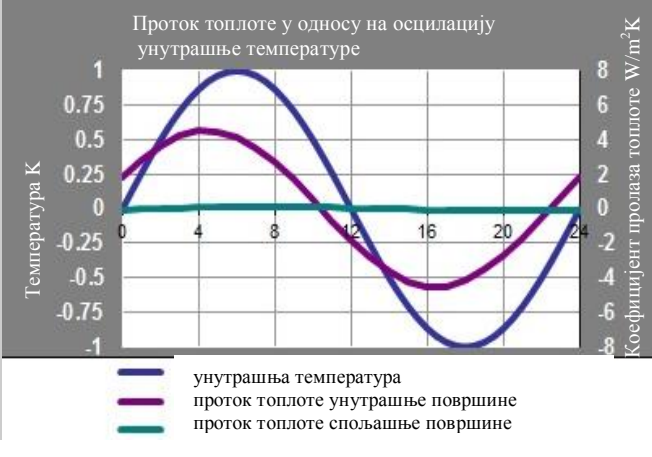
У стамбеним објектима се може срести, нешто ређе, примена сендвич фасадних зидова. Додавање слоја опеке са спољне стране изолационог слоја неће увећати **к**- вредност, односно неће утицати на повећање параметра термичке масе објекта и на смањење коефицијента пролаза топлоте кроз конструкцију. Постављање слоја опеке са унутрашње стране зида ће увећати ефекат термичке масе (Табела 39).

У симулацији конструкција подних плоча може се видети како положај изолације изнад плоче, неповољно утиче на параметар термичке масе. Постављање слоја керамике на подну плочу ће увећати ефекат термичке масе, док ће постављање топлотне изолације, каква је пракса у изградњи данас, изнад подне армирано бетонске плоче далеко умањити ефекат термичке масе и искључити значај бетонске плоче (Табела 39).

¹⁹³ *Dynamic Thermal Properties Calculator*, The Concrete Centre, www.concretecentre.com

¹⁹⁴ Програмски пакет ја заснован на стандарду ISO 13786, [https://www.concretecentre.com/Publications-Software/Design-tools-and-software/Dynamic-Thermal-Properties-Calculator-\(1\).aspx](https://www.concretecentre.com/Publications-Software/Design-tools-and-software/Dynamic-Thermal-Properties-Calculator-(1).aspx), коришћено 25.10.2015.

Табела 39. Утицај положаја изолације на ефекте термичке масе

постојећи зид			
слојеви конструкције	подаци о термичкој маси	дијаграм	
малтер 3 cm гитер блок 25 cm малтер 3 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K		
	фактор опадања		0.31
	кашњење осцилације температуре у h		9.69
	К вредност kJ/m^2K		144
постојећи зид изолован са спољне стране			
слојеви конструкције	подаци о термичкој маси	дијаграм	
малтер 3 cm гитер блок 25 cm малтер 3 cm полистирен 14 cm баумит 15 mm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K		
	фактор опадања		0.07
	кашњење осцилације температуре у h		13.33
	К вредност kJ/m^2K		144
изоловани постојећи зид са слојем опеке			
слојеви конструкције	подаци о термичкој маси	дијаграм	
малтер 3 cm гитер блок 25 cm малтер 3 cm полистирен 14 cm хидроизолација опека 12 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K		
	фактор опадања		0.04
	кашњење осцилације температуре у h		17.71
	К вредност kJ/m^2K		144

изоловани постојећи зид са слојем опеке са унутрашње стране			
слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		дијаграм
опека 12 cm малтер 3 cm гитер блок 25 cm малтер 3 cm полистирен 14 cm баумит 15 mm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.23	<p>Проток топлоте у односу на осцилацију унутрашње температуре</p> <p>Температура К</p> <p>Коэффициент пролаза топлоте W/m^2K</p> <p>— унутрашња температура — проток топлоте унутрашње површине — проток топлоте спољашње површине</p>
	фактор опадања	0.03	
	кашњење осцилације температуре у h	17.5	
	К вредност kJ/m^2K	147	
постојећа плоча на тлу			
слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		дијаграм
паркет 2.2 cm цементна кошуљица 4 cm АВ плоча 10 cm шљунак 10 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	2.1	<p>Проток топлоте у односу на осцилацију унутрашње температуре</p> <p>Температура К</p> <p>Коэффициент пролаза топлоте W/m^2K</p> <p>— унутрашња температура — проток топлоте унутрашње површине — проток топлоте спољашње површине</p>
	фактор опадања	0.33	
	кашњење осцилације температуре у h	7.16	
	К вредност kJ/m^2K	201	
постојећа плоча на тлу са изолацијом изнад плоче			
слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		дијаграм
паркет 2.2 cm цементна кошуљица 4 cm п. фолија 1 mm изолација 10 cm АВ плоча 10 cm шљунак 10 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.34	<p>Проток топлоте у односу на осцилацију унутрашње температуре</p> <p>Температура К</p> <p>Коэффициент пролаза топлоте W/m^2K</p> <p>— унутрашња температура — проток топлоте унутрашње површине — проток топлоте спољашње површине</p>
	фактор опадања	0.15	
	кашњење осцилације температуре у h	11.3	
	К вредност kJ/m^2K	114	

5.3.1.1 Упоредна анализа варијанти унапређења енергетских преформанси

Анализа утицаја дебљине изолације и елемената термичког омотача на смањење потребне енергије за грејање, симулиране су на референтном моделу (Дијаграм 25, 26 и 27).

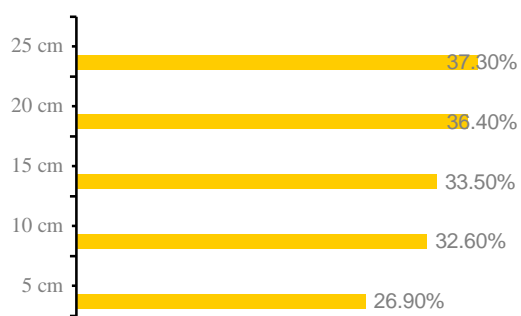
Можемо видети да се највеће разлике у потребној енергији за грејање између 5 и 10 cm изолације, да би даља увећања изолације, преко 10 cm дала мање разлике у смањењу потребне енергије за грејање.

Првих 5 cm изолације зида даје умањење потребне енергије за грејање од 26.9%. Изолација зида од 10 cm обезбеђује још додатних 5.7% уштеде, следећа увећања изолације за по 5 cm умањују потрошњу за по 0.9%. Изолација зида од 10 cm умањује за 32.60% и изолација од 15 cm за 33.5% (Дијаграм 25).

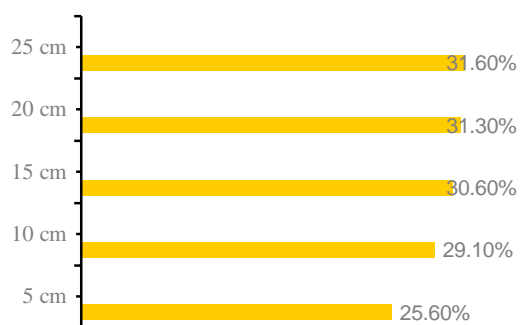
Анализа је показала да првих 5 cm изолације крова најповољније утиче на смањење потрошње енергије за грејање са 25.6%, док дебљина изолације од 10 cm даје умањења од 29.1% , 20 cm умањење од 31% и 30 cm умањење од 31.6% (Дијаграм 26).

Изолација пода дебљине 5 cm обезбедиће уштеду од 10.4%, изолација од 10 cm уштеду од 12.3% и изолација дебљине 15 cm уштеду од 13% потребне енергије за грејање (Дијаграм 27).

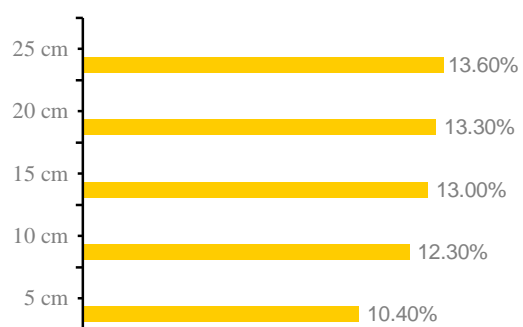
У укупном енергетском билансу ефеката изолације на енергетске перформансе објекта, елемент подне плоче има мањи утицај у односу на зид и кров. Разлог је у мањем уделу површине подне плоче у односу на површину зида у укупној површини термичког омотача зграда, као и у чињеници да се мање топлоте губи преко површине подне плоче јер се она граничи са земљом (а не са спољним ваздухом као што је то случај код зидова и крова).



Дијаграм 25. Утицај дебљине изолације зида на смањење потребне енергије за грејање



Дијаграм 26. Утицај дебљине изолације крова на смањење потребне енергије за грејање



Дијаграм 27. Утицај дебљине изолације подне плоче на смањење потребне енергије за грејање

У анализи утицаја изолације на смањење CO₂, обрачунато је да првих 5 cm изолације зида и крова обезбеђује умањење емисије CO₂ за 26%, док изолација пода од 5 cm обезбеђује смањење од 10.4% (Табела 40, 41 и 42). Може се закључити да је ефекат изолације пода за трећину мањи у односу на ефекте изолације зида и крова.

Табела 40. Утицај дебљине изолације зида на смањење емисије CO₂

дебљина изолације cm	5	10	15	20	25
умањење емисије CO ₂	26%	32,2%	34,7%	36.15	37%

Табела 41. Утицај дебљине изолације крова на смањење емисије CO₂

дебљина изолације cm	5	10	15	20	25
умањење емисије CO ₂	26%	29.1%	30.4%	31.2	31.7%

Табела 42. Утицај дебљине изолације подне плоче на смањење емисије CO₂

дебљина изолације cm	5	10	15	20	25
умањење емисије CO ₂	10.4%	12.1%	12.8%	13.2%	13.4%

Укупно све предузете мере унапређења, ће постићи смањење примарне енергије за грејање и хлађење са 384 KWh/m² годишње (обрачунате на основу потрошње енергије за грејање и хлађење, табела 33 и на основу фактора претварања датих у табели 9), на 55-72 KWh/m², односно за 81%-86%. Смањење примарне енергије, доводи и до смањења емисије CO₂ у приближним процентима (Табела 43).

Табела 43. Утицај мера унапређења на смањење потребне примарне енергији за грејање и хлађење и на смањење емисије CO₂

	Потрошња примарне енергије kWh/m ² a	Умањење примарне енергије у %	Емисија CO ₂ kg/m ² годишње	Умањење емисије CO ₂ y %
постојеће стање	384	0%	82.87	0%
Варијанта I	72	81%	16.95	79%
Варијанта II	57	85%	13.88	83%
Варијанта III	55	86%	11.89	86%

5.3.1.2 Анализа инвестиционих и експлоатационих трошкова реконструкције

На основу пројектованих мера унапређења и на основу предмера и предрачуна радова обрачунати су инвестициони трошкови (Табела 44).

У предмеру и предрачуну радова обрачунати су трошкови реконструкције који обухватају следеће радове:

- демонтаже и рушења у циљу постављања термичке изолације и замене прозора и врата,
- изолаторске радове, термо и хидро изолатерски радови,
- замене грађевинске столарије,
- керамичарске радове,
- подоплагачке радове,
- гипсане радове,
- молерско фарбарске радове.

У табели 44 приказани су инвестициони трошкови варијанти унапређења, која је изражена у еврима, тако што је укупна инвестиција подељена са површином корисног простора анализираних објекта (Табела 43).

Табела 44. Инвестициони трошкови мера унапређења

Варијанта унапређења	Вредност мере, е/м ²
I	155
II	200
III	170

На основу обрачунате разлике у потрошњи енергије за грејање и хлађење, пре и после реконструкције, и на основу актуелне цене енергента¹⁹⁵ прорачунат је период отплате инвестиције кроз рачун за енергију која би се остварила енергетском реконструкцијом (Табела 44).

Табела 45. Временски период отплате инвестиције

Варијанта унапређења	Време отплате инвестиције, год.
I	17
II	20
III	17.5

¹⁹⁵ http://www.aers.rs/FILES/Odluke/OCenama/2015-08-01_CenovnikPD_EPS_Snabdevanje_JS.pdf, коришћено 28.12.2015.

На основу енергетских перформанси постигнутих мерама унапређења (Табеле 34, 35, 36, 37 и 43), као и на основу временског периода отплате инвестиције (Табела 45) можемо закључити да је варијанта III најефикаснија.

5.3.2 Анализа новопројектованог стамбеног објекта - хипотетичког модела

Анализом односа архитектонског израза и климатских услова бавио се аутор Д. Радовић. Аутор разрађује аналитички метод истраживања архитектуре различитих поднебља.¹⁹⁶ Метод представља синтезу компоненти архитектонске форме, организације, материјализације и регионалног израза произашлог из услова окружења.

Д. Радовић, за умерени климат препоручује јужну или југоисточну оријентацију, али уз знатан утицај ветра. Аутор наводи да су објекти традиционалне архитектуре добар путоказ за правилну оријентацију. Пожељна је издуженост објекта у правцу исток - запад, отвори највише оријентисани ка јужној фасади са сенилима и што мањим отворима на северној фасади. Коси кровови требају бити са вентилирањем таванског простора, а материјали кровног покривача прилагођени великим падавинама и кондезу. Јужно оријентисан трем или стаклена башта би представљала продужетак стамбеног простора. Аутор препоручује попречну вентилацију. Ове принципе изградње су познавали градитељи традиционалне архитектуре.¹⁹⁷

Хипотетички модел представља пример стамбеног објекта који је инспирисан елементима традиционалне архитектуре. Такође, модел је креиран на основу анализе постојећег фонда космајских насеља која се односи на индивидуалне стамбене објекте. Хипотетички модел представља објекат, површине и структуре куће која се анализом постојећег стамбеног фонда показала као најзаступљенија.

¹⁹⁶ Радовић, Д., *Архитектура и поднебље - улога климе у формирању регионалности урбаног и архитектонског израза*, Теоријски модел архитектонске организације и материјализације простора, Докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1990., стр. 17

¹⁹⁷ Радовић, Д., *Архитектура и поднебље - улога климе у формирању регионалности урбаног и архитектонског израза*, Теоријски модел архитектонске организације и материјализације простора, Докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1990., стр. 315

На основу истраживања постојећег стамбеног фонда космајских насеља, закључено је да највећи број објеката чине породични стамбени објекти спратности П+0, петособни или већи, приближне површине око 115 m², са четири члана у домаћинству (Дијаграм 12, 13).

Објекат има спољне димензија 11,50 x 12,10 m, у варијанти спратности објекта П+0, корисна површина објекта је 113,63m², а уколико се поткровна етажа користи за становање корисна површина објекта је 165,18 m² (Табела 46, 47).

У поткровну етажу је урачуната корисна површина простора висине веће од 1,5m, што је у складу са стандардом ¹⁹⁸ за обрачун површина у Србији, а такође се подудара са препорукама датим у приручнику ¹⁹⁹ за коришћење РНРР софтвера.

Објекат је пројектован за климатске услове дате у Правилнику о енергетској ефикасности.²⁰⁰ Након анализе хипотетичког модела у програмском пакету РНРР, добијени резултати ће се упоредити са резултатима када се објекат пројектује за климатске услове општина Младеновац и Сопот (Табеле 2, 3), према подацима који су добијени на основу просека температура 2000-2009. године, и према пројекцијама температура за 2050. годину (Табела 2), коришћењем софтвера *Meteonorm*.²⁰¹

Објекат је анализиран са више аспеката:

- улоге крова и стрехе,
- улоге трема,
- улоге прозора и застора,
- врсте примењених материјала,
- пројекција температура.



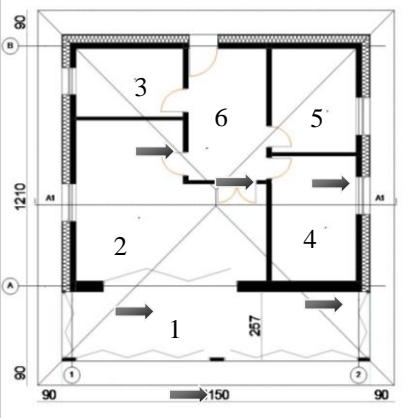
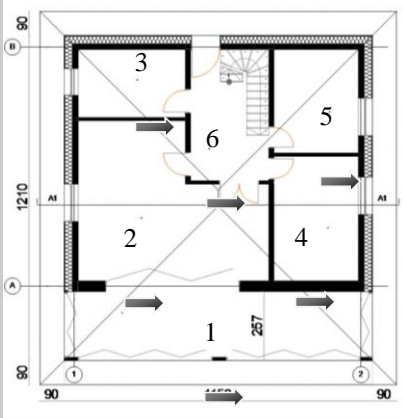

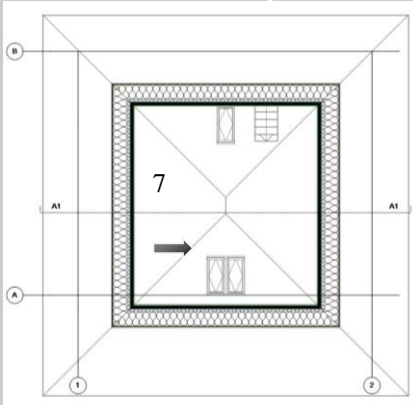

¹⁹⁸ JUS U.C1.100 Корисна површина у стамбеним зградама

¹⁹⁹ *Passive House*, Institut Dr. Wolfgang Feist, Passive House Planning Package 2007, РНРР 2007, Requirements for Quality Approved Passive Houses, Technical Information РНН-2007/1(Е), 2007., str. 45

²⁰⁰ *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Сл. Гласник РС бр. 61/2011, стр. 53

²⁰¹ *Meteonorm*, *Global meteorological database*, www.meteotest.com, www.meteonorm.com

Табела 46. Ситуација, основе и пресек хипотетичког модела

Ситуација П+0	Ситуација П+Шк
 <p>правац ветра</p>	 <p>правац ветра</p>
<p>О основа, пресек</p>	
	
<p>основа приземља</p>	<p>основа приземља</p>
	
<p>пресек</p>	<p>основа поткровља</p>
	
	<p>пресек</p>

Табела 47. Структура стана, хипотетичког модела

Просторија	Површина m ²
1 трем/застакљена лођа	26.59
2 дневна соба са трпезаријом и кухињом	35.49
3 купатило	10.18
4 спаваћа соба	12.13
5 спаваћа соба	14.62
6 степениште	14.62
Укупно П+0	113.63
6 степениште са ходником	14.62
7 просторија поткровља	51.55
Укупно П+Пк	165.18

Елементи традиционалне архитектуре који су транспоновани у хипотетички модел су:

- кос кров, стреха
- трем,
- застори,
- традиционални материјали.

5.3.2.1 Утицај крова и кровне стрехе на енергетске перформансе објекта

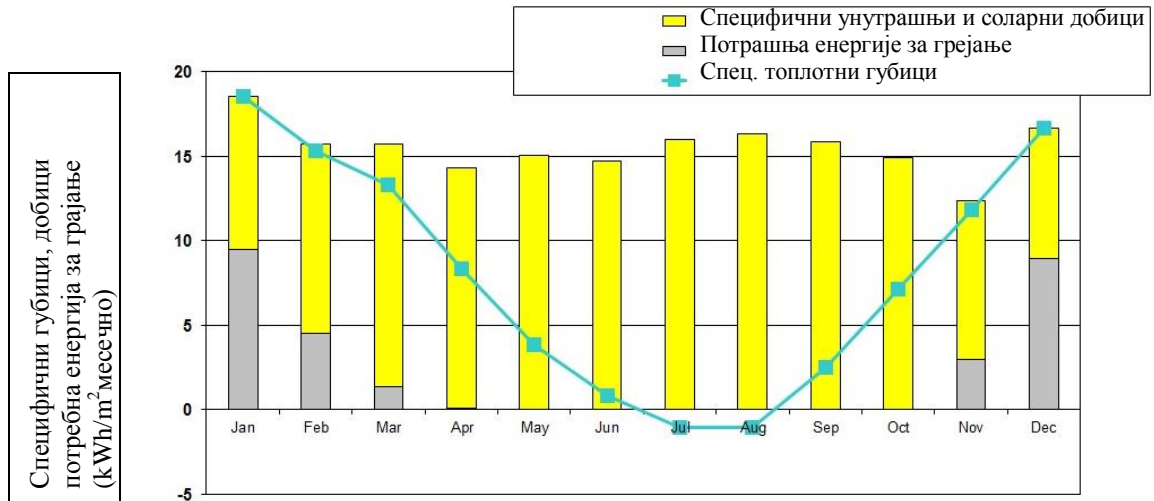
У циљу минимизирања топлотних губитака предвиђен је висок ниво термичке изолације за нетранспарентне елементе термичког омотача, тако да се U вредности крећу од $0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ до $0.123 \text{ W/m}^2\text{K}$. Фасадни зидови су изоловани термоизолацијом дебљине 20 см. Поткровна таваница у случају објекта П+0, односно кровна таваница у случају објекта П+Пк је изолована термоизолацијом дебљине 30 см. Прозори су са дрвеним рамовима, са вредностима $U_f=0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ и нискоемисионим стаклом $U_g=0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$. Коефицијент пролаза топлоте - U за прозоре су од $1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ до $1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, док се претпоставља број измена ваздуха за добру заптивеност објекта од $0,5 \text{ n [h-1]}$ (Табела 16).

Потребна енергија за грејање код приземног објекта је 27 KWh/m^2 годишње, а за хлађење 1 KWh/m^2 годишње (Табела 47, Прилог 10). За објекат спратности П+Пк потребна енергија за грејање је 23 KWh/m^2 , а за хлађење 2 KWh/m^2 (Табела 48, Прилог 11). Предвиђени енергент за грејање је гас, са котлом и радијаторима пуњеним водом, а за хлађење електрична енергија. Параметар термичке масе се мења услед отварања трема током летњег периода.

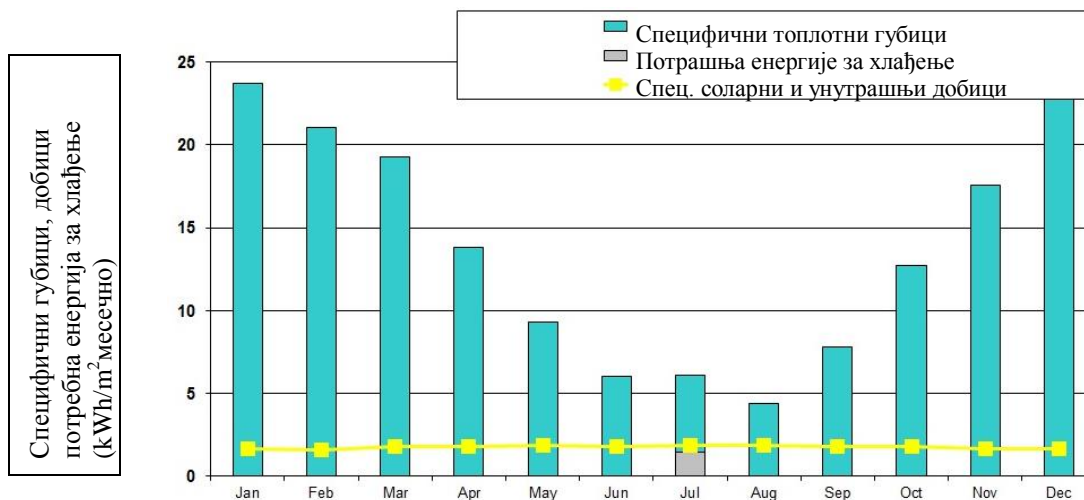
Табела 48. Упоредна анализа енергетских перформанси објекта у случају коришћења и не коришћења поткровне етаже

Објекат спратности П+0						
Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе зима/лето kJ/m ² K	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² год.
113.63	27	1	4% преко 25°C	465/505	Б	7.26
Опис елемената термичког омотача						
спољни зид	под на тлу	поткровна таваница	прозори			
- перлит м. 3 cm - гитер блок 19 cm - полистирен 20 cm - баумит 15mm U=0.174 <U _{max.} =0.3 W/m ² K	- к. плочице 8 mm - цементна кошуљица 4 cm - АВ плоча 10 cm - п. фолија 1 mm - екструдирани полистирен 14 cm - х. изолација 4 mm - бетонска плоча 6 cm - шљунак 10 cm U=0.226 <U _{max.} =0.3 W/m ² K	- перлит м. 3 cm - ЛМТ таваница 20 cm - п. фолија 1 mm - камена вуна 30 cm - п. фолија 1 mm U=0.116 <U _{max.} =0.3 W/m ² K	дрвени рамови застакљени двоструким нискоемисионим стаклом пуњен аргонем U _f =0,74W/m ² K U _g =0,56 W/m ² K U=1.12-1.18 <U _{max.} =1.5W/m ² K			
Објекат спратности П+Пк						
Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе зима/лето kJ/m ² K	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² год.
165.18	23	2	5% преко 25°C	377/386	Б	7.71
Опис елемената термичког омотача						
спољни зид	под на тлу	део таванице	кос кров	надзидак ка тавану	прозори	
- перлит м. 3 cm - гитер блок 19 cm - полистирен 20 cm - баумит 15mm U=0.174 <U _{max.} =0.3 W/m ² K	- к. плочице 8 mm - цементна кошуљица 4 cm - АВ плоча 10 cm - п. фолија 1 mm - екструдирани полистирен 14 cm - х. изолација 4 mm - бетонска плоча 6 cm - шљунак 10 cm U=0.226 <U _{max.} =0.3 W/m ² K	- перлит м. 3 cm - шупља опека 12 cm - полистирен 30 cm U=0.116 <U _{max.} =0.2 W/m ² K	- гипс картонске плоче 12.5 mm - п. фолија 1 mm - стаклена вуна 30 cm - п. фолија 1 mm - рог - дрво 2,5 cm хидроизолација - цреп 2 cm U=0.123 <U _{max.} =0.15 W/m ² K	- перлит м. 3 cm - шупља опека 12 cm - полистирен 30 cm U=0.124 W/m ² K	дрвени рамови застакљени двоструким нискоемисионим стаклом пуњен аргонем U _f =0,74W/m ² K U _g =0,56 W/m ² K U=1.12-1.18 <U _{max.} =1.5W/m ² K	

Потребна енергија за грејање и хлађење објеката, спратности П+0, по месецима дата је у дијаграмима 28 и 29.

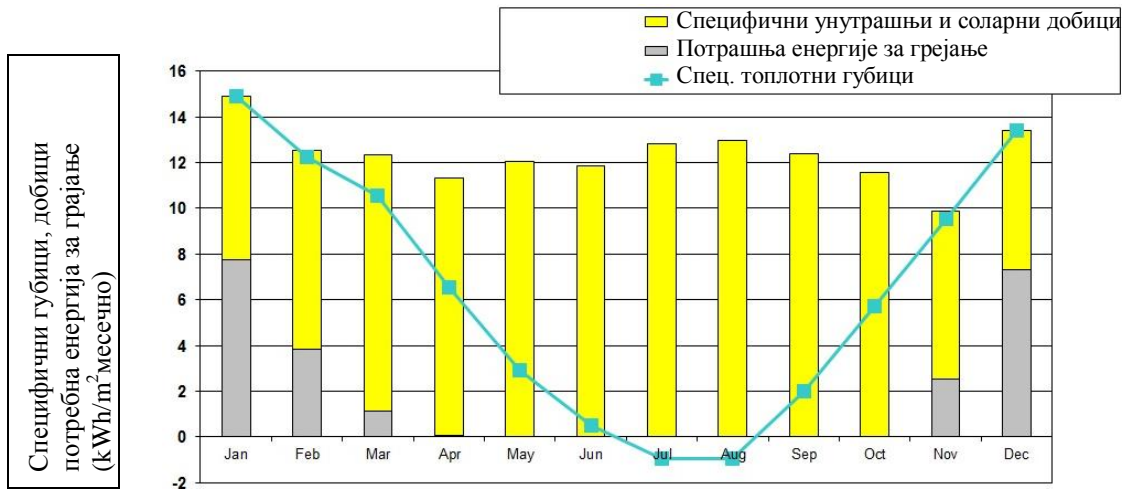


Дијаграм 28. Потребна енергија за грејање по месецима, за новопроектовани објекат спратности П+0

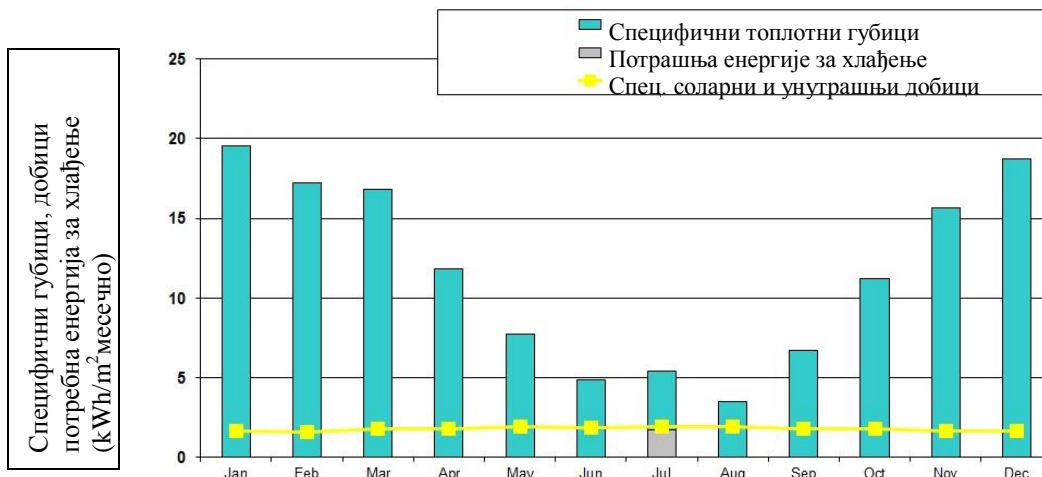


Дијаграм 29. Потребна енергија за хлађење по месецима, за новопроектовани објекат спратности П+0

Потребна енергија за хлађење и грејање објеката, спратности П+Пк, по месецима дата је у дијаграмима 30 и 31.



Дијаграм 30. Потребна енергија за грејање по месецима, за новопроектовани објекат спратности П+Пк



Дијаграм 31. Потребна енергија за хлађење по месецима, за новопроектовани објекат спратности П+Пк

За мање објекте, какав је хипотетички модел, теже се остварује ефикасност у погледу потребне енергије за грејање. Разлог је у великим површинама омотача у односу на стамбени простор. Стога се у погледу енергетске ефикасности, мера коришћења поткровне етажне показала погодном, јер се однос мање запремине простора и што веће корисне површине објекта показао као доминантан.

Коришћењем поткровне етажне се постиже смањење потребне енергије за грејање, мерено по квадратном метру корисног стамбеног простора (Табела 48).

Кровни простор такође има улогу у смањењу коефицијента пролаза топлоте кроз поткровну таваницу, јер обезбеђује тампон зону која смањује разлике у температурама спољног и унутрашњег простора.

Кровна стреха хипотетичког модела је препуштена 0,90 m изван површине фасадног зида. Дубина кровне стрехе у делу трема (у летњем периоду када је трем отворен) је 3,5 m. Улога кровне стрехе у сенчењу и спречавању прегревања објекта, симулирана је на сликама (Сл. 43, 44, 45, 46, 47 и 48). У току летњих дана када је Сунце у зениту, кровна стреха сенчи цео објекат (Сл. 44). Ефекти утицаја сенчења помоћу кровне стрехе на потребну енергију за хлађење и фреквентност прегревања дати су у табели 50.



Сл. 43. Хипотетички модел, осунчање, јул месец у 8 h



Сл. 44. Хипотетички модел, осунчање, јул месец у 13 h



Сл. 45. Хипотетички модел, осунчање, јул месец у 18 h



Сл. 46. Хипотетички модел, осунчање, јануар месец у 9:15 h



Сл. 47. Хипотетички модел, осунчање, јануар месец у 13 h



Сл. 48. Хипотетички модел, сунчање, јануар месец у 16 h

5.3.2.2 Утицај трема на енергетске перформансе објекта

Трем хипотетичког модела је осмишљен као тампон зона, (застакљен у зимском периоду) у циљу заштите од ветра, и као просторија која преко великих стаклених површина омогућава топлотне добитке у зимском периоду (Табела 46, Сл. 47).

Током топлих летњих дана, спречавање прегревања објекта се остварује отварањем спољних стаклених врата и затварањем унутрашњих, према дневној соби. Током топлих дана, простор трема је отворен према споља и делује као проширење животног простора.

Током грејне сезоне, зими, низак угао сунца, кроз прозоре трема на јужној фасади, обезбеђује соларне добитке, а топлота се апсорбује у термичку масу подова и зидова. Удео транспарентних површина у фасадним зидовима је приближно 35%. Могући соларни добици за модел П+0 су 65 kWh/m^2 годишње (Прилог 10). У вечерњим сатима, када сунце зађе и температура падне, проток топлоте је обрнут и топлота се одаје у просторију. Топлота која је током дана акумулирана се ослобађа и догревање простора је минимално. До јутра термичка маса ће испустити највећи део топлоте и потребно је грејање простора.

Стратегија пројектовања је у комбиновању природне вентилације са високим унутрашњим топлотним капацитетом. Ваздух се зими греје кроз јужно оријентисан застакљен трем, где се у дну и при врху зида, који се налази између трема и дневне собе, могу уградити отвори. Отвори се зими, по потреби могу отворити да изведу хладан ваздух кроз доње отворе, а кроз горње отворе да уведу топао ваздух из трема. Током лета отвори се затварају како би се спречило прегревање.

Улога трема као застакљеног стакленика је у остваривању топлотних добитака преко транспарентних површина. Стреха трема има улогу у засенчењу током летњих дана, тако што штити објекат од западног, ниског, сунчевог зрачења (Сл. 45).

Табела 49. Упоредна анализа енергетских перформанси објекта П+0 према оријентацији трема

Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² годишње
Објекат спратности П+0 трем оријентисан ка југу			
113.63	27	Б	5.9
Објекат спратности П+0 трем оријентисан ка западу			
113.63	40	Ц	8.8
Објекат спратности П+0 трем оријентисан ка истоку			
113.63	40	Ц	8.8
Објекат спратности П+0 трем оријентисан ка северу			
113.63	50	Ц	11

У табели 49, можемо посматрати промену параметара у односу на оријентацију трема у случају објекта П+0. Трем је током зиме затворен.

Из анализе се види да оријентација има утицај на промене у потребној енергији за грејање. Најефикаснијом се показала оријентација трема ка југу, са потребном енергијом за грејање од 27 KWh/m² годишње. Оријентација ка западу и истоку има исте перформансе, док је најнеповољнија оријентација трема ка северу (Табела 49).

5.3.2.3 Утицај прозора и застора на енергетске перформансе објекта

Прозорски отвори хипотетичког модела су утиснути дубље у унутрашњост зида тако да оквир зида прави природну сенку, штити од високог угла сунца, као што то чини и кровна стреха.

По веома топлом времену, током летњег дана, прозори су стално затворени, хлађење је обезбеђено високом термичком масом у поду и зидовима, која апсорбује топлоту и помаже да се стабилизује унутрашња температура. Током летње ноћи прозори су отворени како би се вентилацијом охладила зграда.

Отвори на западној и источној страни су дводелни прозори, са хоризонталном поделом, тако да се горња, мања зона прозора може отворати и на тај начин, остварити попречна вентилација, са извлачењем ваздуха у вишој зони. У летњем периоду, током ноћи отварају се и прозори у доњој зони, који ће обезбедити

ноћну вентилацију. У ветровитим условима, попречна вентилација може да се одвија у складу са условима притиска на зграду.

У варијанти стамбеног објекта са поткровном етажом, ноћна вентилација је постигнута степенишном вертикалом која има функцију димњака који омогућава екстракцију ваздуха током ноћи, лети. Отварањем свих отвора у приземљу и кровног прозора изнад степеништа омогућено је хлађење зграде, односно хлађење термичке масе објекта.

У анализи хипотетичког модела, спратности П+0, уколико се уклоне елементи сенчења, застори, а у обрачун се укључи сенчење од кровних стреха објекат ће показати фреквентност прегревања од 25% преко 25°C, упркос високој термичкој маси и потраживаће 10 KWh/m² енергије за хлађење (Табела 50).

Уколико се уклони сенчење помоћу стрехе и застора објекат ће показивати прегревање од 36% преко 25°C, и потражњу енергије за хлађење од 20 KWh/m² (Табела 50).

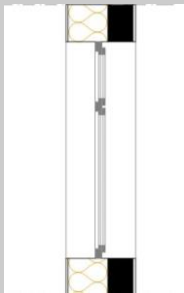
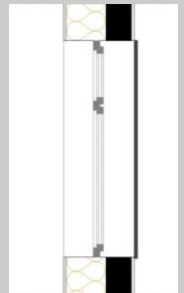
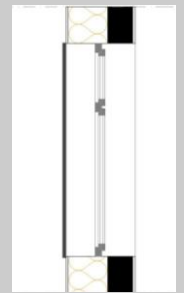
Табела 50. Утицај елемената сенчења на потребну енергију за хлађење и фреквентност прегревања

елементи сенчења	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања
кровна стреха, застори	1	4% преко 25°C
застори	1	4% преко 25°C
кровна стреха	10	25% преко 25°C
без елемената сенчења	20	36% преко 25°C

На основу анализе може се закључити да су застори кључан елемент у спречавању прегревања (Табела 50). Соларна контрола се најефикасније постиже спољним покретним засторима.

У програмском пакету Window 6.2 ²⁰² урађена је симулација утицаја положаја застора на коефицијент пролаза топлоте (Табела 51). На основу симулације можемо закључити да застори са спољне стране утичу на смањење коефицијента пролаза топлоте прозора.

Табела 51. Утицај застора на коефицијент пролаза топлоте прозора

Тип прозора	Шематски приказ	Пуњени аргоном	Нискоемисионо стакло	Коефицијент пролаза топлоте $U=W/m^2 K$
Прозор без застора		ДА	ДА	1.286
		НЕ	НЕ	2.668
Прозор са застором са унутрашње стране објекта		ДА	ДА	1.286
		НЕ	НЕ	2.338
Прозор са застором са спољашње стране објекта		ДА	ДА	1.122
		НЕ	НЕ	2.208

²⁰² Window 6.2, Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://windows.lbl.gov/software/software.html>

5.3.2.4 Упоредни приказ примене конвенционалних и традиционалних материјала

Одрживост грађевинског материјала може се проценити сагледавањем материјала кроз фазе производње, уградње и током оперативне фазе објекта, узимајући у обзир животни циклус материјала. Студије указују да је енергија која се користи за производњу грађевинског материјала мања од 20% енергије која се користи током педесет година у оперативној фази. Оперативна енергија на тај начин има много значајнији утицај на укупну употребљену енергију стога и утицај на животну средину.²⁰³

Данас постоји све већа свест о значају енергетске ефикасности објеката. У складу са вишим захтевима за топлотни комфор, дошло се до нових стандарда и изградње објеката са циљем да се потребна енергија сведе на минимум.

Како се стандарди за изградњу енергетски ефикасних објеката, унапређују све је мање енергије потребно у току експлоатације објекта, а потрошња енергије за производњу материјала који се користе у изградњи постаје значајна. Конвенционалне зграде у грађевинским материјалима имају уграђену енергију око 10-15% од укупне потрошене енергије током оперативне фазе.²⁰⁴ Ово је недавно идентификовано као важан феномен и нешто што ће променити природу дебате и одлучивања о поновној употреби зграда и енергетској ефикасности у наредним годинама.

Материјали су од суштинског значаја за изградњу, али они узрокују и значајне утицаје на животну средину.

Од индустријске револуције све је већа употреба индустријски стандардизованих материјала, који су данас постали доминантни, тако да се традиционалне технике и материјали губе из употребе. Све већа употреба нових индустријски произведених материјала доводи до хомогенизације услед истог конструктивног

²⁰³ *Thermal Mass Benefits for Housing, CCAA OFFICES, Australia 2065, ISSN 1447-199X, 2010., str.4*

²⁰⁴ Fernandes, J., Mateus, R., Bragança, L., *The potential of vernacular materials to the sustainable building design*, Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development – Correia, Carlos & Rocha (Eds) 2014. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00083-4, str. 623

приступа, тако да је изнедрила универзалну архитектуру која је у многим случајевима ван контекста локације.

Индустријски произведени материјали захтевају високу енергетску потрошњу током производње и имају значајне утицаје на животну средину, док природни материјали имају позитиван утицај током животног циклуса (Табела 52). Поред тога, централизована производња материјала подразумева велике енергетске захтеве за превоз, од тачке узимања сировина до дистрибуције готових производа. Транспорт захтева употребу необновљивих горива и користи велику количину енергената за транспортовање материјала произведених у фабрикама.

Табела 52. Карактеристике материјала са аспекта утицаја на животну средину

(извор: Fernandes, J., Mateus R. & Bragança, L., 2014)

Материјал	Енергија за производњу материјала (MJ eq./m ³)	Потенцијал глобалног загревања (kg CO ₂ eq./m ³)
гранит	1300	26
дрво	1058.88	57.7
набијена земља	942.5	37.7
слама	65	0.65
бетон	1449.63	264
челични профил	182286	2035800
шупља опека	4245	357
керамичке плочице	22185	1167
цреп	5865	535.5
полистирен	3271.13	341.25

Коришћењем традиционалних материјала као што су иловача, ћерпич, укупна потрошена енергија у згради може бити значајно смањена.

Природни производ, нпр. природни шкриљац има ниску уграђену енергију. Животни век природног шкриљца је два до три пута дужи од влакноцементних бетона или глинених покривача, а такође има потенцијал за поновну употребу.

Узимајући у обзир да су традиционални материјали уско повезани са локалним условима тако да имају знатно мање утицаја на животну средину, а њихова употреба значи и потенцијал да се смањи утицај на животну средину током животног циклуса зграде. Како се традиционални материјали узимају из непосредног окружења, то значи и смањење потрошње енергије за транспорт.

Истраживања традиционалних материјала иду у правцу њиховог популаризовања. Једно такво истраживање које се бави анализом традиционалних материјала, сламе, ћерпича, и мешавине глине и сламе, доказује да они могу у потпуности задовољити савремене стандарде. Уз помоћ данашње технологије ти материјали се могу даље унапредити и представљати добру алтернативу за одрживу градњу.²⁰⁵

Упоредна анализа објеката, хипотетичког модела зиданог конвенционалним и традиционалним материјалима дата је у табели 53.

На основу анализе видимо да елементи сачињени од традиционалних материјала имају мању осцилацију температуре између унутрашњих и спољашњих површина нетранспарентних елемената термичког омотача услед веће порозности материјала (фактор опадања, Табела 53).

²⁰⁵ Goodhew, S., Griffiths, R. Sustainable earth walls to meet the building regulations a School of Civil Engineering, University of Plymouth, Reynolds Building, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK, 2004., str. 13

Табела 53. Упоредна анализа елемената термичког омотача, изведених конвенционалним и традиционалним материјалима

елемент	Конвенционални материјали			Традиционални материјали		
под на тлу	слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		слојеви конструкције	подаци о термичкој маси	
	- к. плочице 8 mm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.226	- камен 10 cm - песак 15 cm - набијена земља, мешавина глине и сламе 55 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.29
	- цементна кошуљица 4 cm	фактор опадања	0.21		фактор опадања	0.01
	- АВ плоча 10 cm	кашњење осцилације температуре y/h	8.66		кашњење осцилације температуре y/h	0.47
	- п. фолија 1 mm	К вредност kJ/m^2K	183		К вредност kJ/m^2K	239
- екструдирани полистирен 14 cm						
	- х. изолација 4 mm					
	- бетонска плоча 6 cm					
	- шљунак 10 cm					
фасадни зид	слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		слојеви конструкције	подаци о термичкој маси	
	- перлит м. 3 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.174	бондрук конструкција - малтер 3 cm - ћерпич 12 cm - дрвени стуб - слама 20 cm - ћерпич 12 cm - малтер 3 cm (мешавина глине и сламе)	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.22
	- гитер блок 19 cm	фактор опадања	0.11		фактор опадања	0.17
	- полистирен 20 cm	кашњење осцилације температуре y/h	11.08		кашњење осцилације температуре y/h	12.94
	- баумит 15mm	К вредност kJ/m^2K	106		К вредност kJ/m^2K	54
надзидак ка негрејаном тавану	слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		слојеви конструкције	подаци о термичкој маси	
	- перлит м. 3 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.124	бондрук конструкција - малтер 3 cm - дрвени стуб - ћерпич 24 cm - вуна 30 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m^2K	0.11
	- шупља опека 12 cm	фактор опадања	0.18		фактор опадања	0.04
	- полистирен 30 cm	кашњење осцилације температуре y/h	10.56		кашњење осцилације температуре y/h	19.99
		К вредност kJ/m^2K	93		К вредност kJ/m^2K	54

	Конвенционални материјали			Традиционални материјали			
таваница ка негрејаном тавану	слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		
	- перлит м. 3 cm - ЛМТ таваница 20 cm - п. фолија 1 mm - минерална вуна 30 cm - п. фолија 1 mm	коэффициент пролаза топлоте W/m ² K	0.116		- вуна 30 cm - дрво 2,5 cm - тавањача - трска 5 cm - малтер 3 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m ² K	0.11
		фактор опадања	0.09			фактор опадања	0.12
		кашњење осцилације температуре у h	11.25			кашњење осцилације температуре у h	14.49
		К вредност kJ/m ² K	93			К вредност kJ/m ² K	0
кос кров	слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		слојеви конструкције	подаци о термичкој маси		
	- гипс картонске плоче 12.5 mm - п. фолија 1 mm - стаклена вуна 30 cm - п. фолија 1 mm - ваздушни простор - рог 10/14 cm - хидроизолација 1 mm - дрво 2,5 cm - цреп 2 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m ² K	0.124		- малтер 3 cm - трска 5 cm - вуна 30 cm - рог - дрво 2,5 cm - цреп 2 cm	коэффициент пролаза топлоте W/m ² K	0.11
		фактор опадања	0.89			фактор опадања	0.24
		кашњење осцилације температуре у h	3.9			кашњење осцилације температуре у h	12.97
		К вредност kJ/m ² K	10			К вредност kJ/m ² K	12

Како се за традиционалне материјале троши далеко мање енергије при њиховој производњи можемо закључити да овакав објекат има позитивне ефекте са аспекта утицаја на животну средину.

На основу анализе можемо закључити да објекат зидан традиционалним материјалима може, исто као и објекат зидан конвенционалним, задовољити високе стандарде за ниско енергетске куће (Табела 53). Објекат зидан конвенционалним материјалима емитује 7,26 kg/m² годишње CO₂, док објекат зидан традиционалним материјалима емитује 8,37 kg/m² годишње CO₂ (Табела 53).

Комбинације традиционалних материјала су многобројне, у овој анализи предност се даје материјалима на бази земље који су због састава земљишта (присуство иловаче) најчешће коришћени у традиционалној архитектури космајских насеља. Како би се увећала термичка маса објекта зиданог традиционалним материјалима у слојевима пода на тлу предвиђен је камен.

Табела 54. Упоредна анализа хипотетичког модела П+0, изведеног традиционалним и конвенционалним материјалима

Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе зима/лето kJ/m ² K	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² годишње
Хипотетички модел пројектован конвенционалним материјалима						
113.63	27	1	4% преко 25°C	465/505	Б	7.26
Хипотетички модел пројектован традиционалним материјалима						
113.63	33	1	5% преко 25°C	343/326	Б	8.58

Иако софтвер за анализу узима у обрачун само коефицијент пролаза топлоте за елементе термичког омотача (без осталих карактеристика материјала) и термичку масу објекта, може се закључити да мање изоловани објекти показују боље перформансе у аспекту фреквентности прегревања. Разлог је у томе што заптивенији објекти имају већи потенцијал за прегревање (због осетљивости на унутрашње добитке), из чега се даље може закључити да изолатерски материјали попут полистирена имају већи потенцијал да доведу објекат до прегревања у односу на традиционалне материјале које карактерише већа порозност и "дисање" материјала.

5.3.2.5 Енергетске перформансе објекта према пројекцијама климе

У анализи хипотетичког модела усвојени су климатски подаци дати у Правилнику о ЕЕ. Уколико се хипотетички модел пројектује према температурама за општину Сопот и Младеновац (Табеле 2, 3) енергија потребна за грејање биће умањена, док ће се повећати потребна енергија за хлађење (Табела 55). Према прогнозама раста температуре (Табела 2) објекти са нижим У вредностима (објекат зидан конвенционалним материјалима) је показао већи скок у прегревању од 4 - 7%, али и мањи пораст потребне енергије за хлађење услед већег параметра термичке масе (Табела 55.)

Табела 55. Упоредна анализа хипотетичког модела П+0, према климатским подацима за општину Сопот, Младеновац за 2016. и према прогнозама за 2050. годину

Површина објекта m ²	Потребна енергија за грејање KWh/m ² годишње	Потребна енергија за хлађење KWh/m ² годишње	Фреквентност прегревања %	Параметар термичке масе зима/лето kJ/m ² K	Енергетски разред	Емисија CO ₂ kg/m ² годишње
Општина Сопот						
113.63	27	2	4% преко 25°C	465/505	Б	8.59
Општина Младеновац						
113.63	23	2	5% преко 25°C	465/505	Б	7.71
2050. год. општина Младеновац објекат зидан конвенционалним материјалима						
113.63	18	4	7% преко 25°C	465/505	Б	7.95
2050. год. општина Младеновац објекат зидан традиционалним материјалима						
113.63	22	9	6% преко 25°C	343/326	Б	16.4

6.0. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је формирање референтних хипотетичких модела индивидуалног стамбеног објекта за насеља космајске области, кроз аспект аплицирања елемената традиционалне архитектуре, који својом структуром, формом и материјализацијом утичу на побољшање енергетских перформанси објеката.

Научни циљ истраживања је да кроз научну аргументацију сагледа и укаже на потенцијал транспоновања елемената традиционалне архитектуре у савременим концептима изградње индивидуалних стамбених објеката.

На основу предвиђања пораста температура, као последице глобалног загревања, закључак је да успоравање раста емисија CO₂ од стамбених објеката захтева темељну анализу и развој нових и обновљених кућа у складу са што вишим стандардима за енергетски ефикасне објекте.

Како архитекте имају значајан утицај на промовисање, осмишљавање и изградњу енергетски ефикасне куће, овом истраживању се приступило како би се извели закључци и дале препоруке, које могу бити примењене у пракси.

На основу спроведених анализа индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, могу се извести закључци кроз следеће аспекте:

- унапређења законских регулатива у области енергетске ефикасности,
- утицаја транспонованих елемената традиционалне архитектуре на енергетску ефикасност објекта,
- формирања препорука у реконструкцији и изградњи индивидуалних стамбених објеката.

6.1 Основни закључци и формирање препорука

На основу истраживања показано је да је ефекат термичке масе од великог значаја у пројектовању енергетски ефикасног објекта космајских насеља. Примена високе термичке масе обезбеђује ниску потрошњу енергије за грејање и хлађење и смањује потенцијално прегревање објекта (Табела 36). Пројектовање

објеката високог термичког капацитета, доприноси да се куће прилагоде климатским променама, очекиваним порастима температура.

У законској регулативи Србије не постоје препоручене вредности параметара термичке масе и потребно их је увести.

Термоизолација је најефикаснија мера са аспекта смањења потребне енергије за грејање, међутим при већим слојевима изолације повећава се фреквентност прегревања, присуство температура преко 25°C у објекту (Табела 38).

У анализи објеката према пројекцијама температура, може се закључити да дебљи слојеви изолације нису увек најповољније решење у погледу смањења потребне енергије за хлађење и прегревања објекта (Табела 35, 36).

Препорука је да се пројектовани објекти увек ускладе и провере према предвиђеним пројекцијама температура. На тај начин градиће се објекти који ће бити енергетски ефикасни у дужем временском периоду.

На основу анализе хипотетичког модела, према климатским подацима датим у законској регулативи и према климатским подацима преузетим из програмског пакета Meteorom, закључено је да промена улазних климатских параметара може битно утицати на одлуке приликом пројектовања. Пројектовани објекат, модел П+0, према климатским подацима за град Младеновац ће показати потрошњу енергије за грејање мању за 18% у односу на исти објекат пројектован према климатским подацима датих законском регулативом (Табела 48, 55). Може се закључити да климатски, улазни параметри битно утичу на енергетске перформансе објекта, стога је потребно обезбедити пројектантима климатске податке за све градове у Србији.

На основу изложеног разматрања и на основу претходних закључака датих у поглављу *Критички осврт на регулативе у области енергетске ефикасности*, могу се изнети препоруке за унапређење законске регулативе у Србији у области енергетске ефикасности:

- увести у елаборат енергетске ефикасности као обавезан прорачун потребне енергије за хлађење објеката,
- увести параметре термичке масе у прорачун потребне енергије за грејање и хлађење,
- у фази пројектовања поставити обавезан услов провере енергетских

перформанси објеката према пројекцијама климе,

- обезбедити климатске податке за све градове у Србији,
- усвајање Националног софтвера за енергетску ефикасност објеката.

Основна теза рада се заснива на истраживању и доказивању улоге и значаја присуства елемената архитектуре прошлости (кос кров, трем, застори и традиционални материјали) у формирању енергетски ефикасних објеката индивидуалног становања.

На основу спроведене анализе доказано је да примена косог крова има позитиван утицај не енергетске перформансе објекта. Улога косог крова са аспекта енергетске ефикасности, код индивидуалног стамбеног објекта, је у смањењу губитка топлоте преко поткровне таванице, формирањем тампон зоне унутар поткровног простора. Коришћењем поткровног простора, услед мањег односа површине корисног простора и запремине, могу се остварити уштеде у потребној енергији за грејање око 15% мерено по метру квадратном стамбеног простора (Табела 48).

Кровна стреха има улогу у смањењу потребне енергије за хлађење и у смањењу фреквентности прегревања. Сенчење објекта помоћу кровне стрехе ће утицати на смањење потребне енергије за хлађење за приближно 50% и на смањење фреквентности прегревања у објекту преко 25°C за 70%, уколико се пореди са објектом без елемената сенчења (Табела 50).

Трем као стилизовани транспоновани елемент традиционалне архитектуре, има најзначајнију улогу у постизању ниске потрошње енергије за грејање. У том смислу, најефикаснијом се показала оријентација трема ка југу. Трем у хипотетичком моделу представља основни елемент за прикупљање топлотне енергије, којом се објекат снабдева у хладном периоду године. Уколико би исти хипотетички модел пројектовали без транспарентних површина трема, за објекат би било потребно 41 KWh/m² енергије за грејање годишње. Застакљењем трема остварена је уштеда потребне енергије за грејање од 34 % (Табела 49).

У погледу енергетске ефикасности значајна је и улога дубине трема, где пројектована стреха дубине 3,5 m, штити објекат од сунчевог зрачења (Табела 46, Сл 44, 45).

Мера примене застора, као елемента традиционалне архитектуре, се показала кључном у смањењу потребне енергије за хлађење и смањење фреквентности прегревања (Табела 50). Елемент застора утиче на смањење коефицијента пролаза топлоте прозора за приближно 10%, у односу на прозор без елемената заштите од сунца (Табела 51).

Анализом је доказано, да је применом традиционалних материјала могуће постићи перформансе нискоенергетске куће, према данашњој домаћој регулативи (Табела 54).

Традиционални материјали троше значајно мање енергије у производњи и транспорту у односу на конвенционалне материјале који су данас присутни у изградњи објеката.

У том смислу, потребно је истаћи неке од предности коришћења традиционалних материјала у поређењу са индустријски произведеним, а то су:

- нема потребе транспорта или су дистанце од ресурса до дистрибуције материјала мале, па се безначајно тоши енергија, а тиме је мања емисија CO₂,
- мање енергије се троши у производном процесу и самим тим се емитује мање емисије CO₂,
- као природни материјали су обновљиви и биоразградиви,
- дуг животно циклус и мањи негативан утицај на животну средину.

Најзаступљенији тип објеката у постојећем стамбеном фонду космајских насеља су индивидуални стамбени објекти зидани седамдесетих и осамдесетих година, због чега су ови објекти одабрани као репрезентативни, на којима је спроведена анализа са енергетског аспекта која подразумева процену енергетских перформанси постојећег стања објеката и могућих мера унапређења.

На основу спроведене анализе, а у циљу енергетског унапређења стамбеног фонда космајских насеља потребно је предузети следеће мере:

- промовисати мере пасивног дизајна,
- побољшати топлотна својства термичког омотача,
- смањити инфилтрацију, топлотне губитке,
- повећати соларне добитке,

- унапредити термичку масу,
- промовисати природну вентилацију.

Препоруке у реконструкцији постојећих стамбених објеката:

- оријентација:
 - са обзиром да постојеће стамбене објекте карактерише мали удео транспарентних површина (до 11% од површине фасадног зида, Табела 28), потребно је размотрити могућност повећања отвора (нпр. претварањем прозорских отвора у балконска врата, застакљивањем тераса, Табела 36) нарочито на јужно оријентисаним фасадама, како би се остварили топлотни добици,
- добра топлотна изолација објекта:
 - од свих мера унапређења објекта, које су анализирани у овом истраживању, топлотна изолација се показала као најефикаснија мера, највећи утицај на смањење потребне енергије за грејање има изолација зида и крова (Дијаграм 25, 26 и 27),
- избегавање прегревања:
 - постојећи објекти имају високу термичку масу, али је потребно је поставити термоизолацију са спољне стране термичког омотача како би она дала своје ефекте у смањењу фреквентности прегревања и смањењу потребне енергије за хлађење,
 - у циљу засенчења користити елементе кровне стрехе, прозорске засторе и тремове (Табела 50),
- вентилација:
 - постојећи индивидуални стамбени објекти имају потенцијал за спровођење природне вентилације објеката; у космајским насељима спољни ваздух је квалитетан и ветар је присутан током целе године; температурне разлике у дневним и ноћним температурама су одговарајуће; однос унутрашње висине и ширине објекта је мањи од 1:5 (Табела 32),

- користити попречну вентилацију, свеж ваздух уводити на нижој коти (кроз доње делове отвора са поделом по хоризонтали), а ваздух из просторија изводити на вишој коти (горњи део прозора),
- у објектима који имају унутрашње степениште може се постићи вентилација ефектом димњака, тако што се изнад степенишне вертикале угради отвор који се отвара по потреби заједно за прозорима у приземљу објекта,
- димњаке, који услед промене енергената више нису у употреби, могуће је користити за вентилацију уградњом вентилатора,
- висока термичка маса:
 - уколико је потребно унапредити термичку масу, размотрити могућност застакљења балкона, тако да се термичка маса увећа увођењем армирано бетонске плоче балкона и дела фасадног зида у термички омотач објекта, висока термичка маса ће смањити ризик од прегравања објекта и потребну енергију за грејање и хлађење,
 - за сваки објекат који је предмет реконструкције потребно је размотрити ефекте изолације подне плоче или материјала подне облоге, на термичку масу објекта (Табела 36), изолација изнад подне плоче смањује термички капацитет објекта (Табела 39).

За хипотетички модел дизајниран је објекат који површином и спратношћу одговара просечном индивидуалном стамбеном објекту на територији космајских насеља. Анализом хипотетичког модела илустровано је понашање објекта променом праметара који утичу на енергетске карактеристике, на основу којих се формирају препоруке у изградњи породичних стамбених објеката.

У циљу унапређења изградње индивидуалних стамбених објеката космајских насеља, са аспекта енергетске ефикасности потребно је предузети следеће мере:

- промовисати мере пасивног дизајна,
- обезбедити максимално јужну оријентацију,
- висок стандард изолације и заптивеност,
- примена природне вентилације,

- адекватно засенчење објекта,
- промовисати употребу традиционалних материјала,
- изградња у духу регионализма.

Препоруке за изградњу породичних стамбених објеката:

- оријентација:
 - објекти оријентисани ка југу ће се постићи најбоље ефекте у аспекту смањења енергије за грејање,
 - у том смислу дужина фасаде према југу има мањи значај у односу на величину транспарентних површина, што је кључан фактор,
 - препорука је да удео транспарентних површина буде око 40% у односу на површину фасадног зида,
 - препорука је примена јужно оријентисаног, застакљеног трема, који би у хладном периоду акумулирао топлоту (Табела 49),
- заштита од доминантних ветрова:
 - према анализи традиционалних стамбених објеката, поука је да се фасадни зид постави управно на правац доминантног ветра, како би се смањили топлотни губици, најмање ефикасна оријентација је када су главни зидови под углом од 45° у односу на правац доминантног ветра, чиме се хладе велике површине термичког омотача (два фасадна зида),
 - на ветровитој фасади пројектовати мање отворе који се могу користити за попречну вентилацију објекта,
- добра изолација објекта:
 - препоручени слојеви изолације зида су 20 cm, изолација подне плоче 14 cm, изолација таваница и кровних равни 30 cm,
 - велики слојеви изолације, преко 30 cm, повећавају ризик од прегревања објеката (Табела 38),
- избегавање прегревања:
 - најбоља мера у спречавању прегревања је висока термичка маса објекта,
 - у смислу спречавања прегревања користити косе кровове, оптимизовати препусте кровних стреха, препорука је дубина кровних стреха од 90 cm,

- за јужно оријентисане отворе могу се применити фиксна сенила (срехе, еркери и балокни), а покретна сенила, засторе пројектовати за отворе оријентисане ка југу, истоку и западу,
- засторе постављати са спољне стране, како застори утичу на коефицијент пролаза топлоте, у току хладног периода, ноћу, препоручено је затварање застора како би се смањили топлотни губици (Табела 51),
- вентилација:
 - добро изоловани објекти захтевају пажљиво планирање неопходне вентилације објекта, којом се обезбеђује квалитет ваздуха и како би се избегло прегревање (Табела 38),
 - у том смислу препоручује коришћење ноћне вентилације, примена принципа попречне и коришћење ефекта димњак (Табела 46),
- висока термичка маса:
 - потребно је добро балансирати однос термичке масе са величином транспарентних површина,
 - за бољи ефекат термичке масе важни су завршни слојеви конструкције, стога је пожељно унутрашње зидове малтерисати, а не облагати дрветом или гипс картонским плочама, а плочу приземља пожељно је обложити керамичким плочицама или каменом,
 - препорука је пројектовање објеката средњег и високог параметра термичке масе, већих од $250 \text{ kJ/m}^2\text{K}$,
- примена традиционалних материјала:
 - размотрити потенцијал примене локалних материјала,
 - традиционални материјали су еколошки и обезбеђују квалитетан ваздушни комфор,
 - објекти грађени традиционалним материјалима ће дати боље перформансе у односу на унутрашње добитке,
 - елементе термичког омотача, зидане традиционалним материјалима, треба компоновати тако да се постигне што већи термички капацитет.

Традиционална архитектура има све карактеристике одрживе архитектуре и у том смислу представља потенцијал за истраживања и примену традиционалних принципа градње који су засновани на вековном искуству.

Аспекти одрживе градње која је заснована на принципима традиционалне архитектуре су:

- оптимизација потенцијала локације,
- очување регионалног и културног идентитета,
- минимизирање потрошње енергије,
- заштита и очување ресурса,
- коришћење еколошки прихватљивих материјала и производа,
- обезбеђивање здраве унутрашње климе.

6.2 Провера и образложење научних хипотеза

На основу спроведених анализа традиционалних и савремених индивидуалних стамбених објеката космајских насеља и на основу анализе изградње индивидуалних стамбених објеката, путем хипотетичких модела проверене су постављене научне хипотезе.

I хипотеза:

- *традиционална кућа Шумадије поседује позитивне карактеристике у смислу рационалног коришћења енергије и природних ресурса*

У изградњи традиционалних стамбених објекта су коришћени материјали из непосредног окружења (Табела 21). Традиционални материјали су врло мало обрађивани, а начин обраде је мануелни. У изградњи традиционалне куће није трошена енергија или је њена потрошња у транспорту, обради, уградњи и одржавању грађевинских материјала незнатна. Традиционална архитектура представља узор рационалног коришћења енергије и природних ресурса, чије принципе градње треба размотрити у савременом контексту. Анализом је потврђено да градња традиционалним материјалима може задовољити високе стандарде у изградњи енергетски ефикасних објеката (Табела 54).

На основу спроведене анализе наведена научна хипотеза је потврђена.

II хипотеза:

- *већина постојећих, савремених, индивидуалних стамбених објеката у насељима космајске области је изграђена не разматрајући контекст локације тако да нерационално користе енергију*

Постојећи стамбени фонд космајских насеља је сачињен од стамбених објеката који су велики потрошачи енергије, у просеку око 300 KWh/m² годишње, енергије за грејање (Табела 31). Велика потрошња настаје услед, лоше оријентације објекта у односу ветар и осунчање, неадекватног склопа елемената термичког омотача и услед малог удела транспарентних површина у укупном омотачу објекта.

Анализом постојећих индивидуалних стамбених објеката стамбеног фонда космајских насеља наведена научна хипотеза је потврђена.

III хипотеза:

- *масивни систем градње, којим су зидани објекти индивидуалног становања, обезбеђује добар потенцијал термичке масе, која правилно коришћена омогућава контролу унутрашње температуре објекта*

Објекти постојећег стамбеног фонда су зидани масивним системом градње, са армирано бетонским плочама и зидовима од пуне опеке или шупљих блокова од глине. На основу спроведене анализе репрезентативног постојећег објекта може се закључити да објекти поседују добар термички капацитет, са параметром термичке масе око 500 kJ/m²K (Табела 33).

Како би термичка маса била добро искоришћена основна мера је топлотна изолација објекта, која се обавезно поставља са спољне стране термичког омотача, како би спречила да се акумулирана топлота брзо отпусти кроз омотач зграде. Висока термичка маса ће објекат учинити мање осетљивим у односу на неповољну оријентацију, у смислу смањења могућности прегревања и потребне енергије за грејање и хлађење објекта (Табела 34, 35 и 36). Анализа репрезентативног модела постојећег стамбеног објекта показује како термичка маса заједно са унапређењем топлотне изолације и повећањем транспарентних површина повољно утиче на енергетске перформансе објекта (Табела 36).

Ово истраживање и добијени резултати потврдили су научну хипотезу.

IV хипотеза:

- *транспонованем елемената традиционалне архитектуре се унапређује квалитет индивидуалних стамбених објеката са енергетског аспекта, чиме се истиче регионални карактер*

Карактеристични елементи традиционалне архитектуре су традиционални материјали, кос кров, стреха, прозорски застори и трем.

На основу анализе хипотетичког модела који је анализиран кроз поређење модела зиданог конвенционалним и традиционалним материјалима, може се извести закључак да традиционални материјали једнако као и конвенционални могу задовољити важеће стандарде (Табела 54). На основу анализе може се претпоставити да ће већа порозност традиционалних материјала довести до дисања материјала, а самим тим и до мање заптивености чиме се избегава опасност од прегревања објекта услед унутрашњих добитака.

Стога традиционални материјали представљају елемент који у енергетском смислу показује изузетан потенцијал, као далеко мањи потрошачи енергије како у њиховој производњи тако и у периоду одржавања.

Управо традиционални материјали представљају одраз места на којем се гради, да ли је у питању шумовито, планинско, равничарско подручје, може се видети у примени дрвета, земље и камена у објектима традиционалне архитектуре, што доводи до диференцијације објеката и истицања регионалног карактера.

Елементи као што су кос кров, стреха, прозорски капци и трем, такође могу повољно утицати на енергетске перформансе објекта. У смислу коришћења кровног простора за становање могу се постићи значајна проширења стамбеног простора са смањењем потрошње енергије за грејање по квадратном метру корисног простора. Елемент трема може бити транспонован у савремену интерпретацију застакљеног простора који се може према годишњим добима трансформисати и на тај начин увећати квалитет стамбеног простора и позитивно се одразити на енергетске перформансе објекта. Елементи застора и стреха имају утицај у смислу засенчења објеката и смањења потребне енергије за хлађење и потенцијалног прегревања.

На основу спроведене анализе научна хипотеза је потврђена.

Остварени научни допринос огледа се у чињеници да ова докторска дисертација представља једно од првих истраживања која су у нашој средини спроведена на тему унапређења енергетске ефикасности породичних стамбених објеката мањих градских и сеоских средина у контексту регионалности.

Научни доприноси овог истраживања су:

- успостављање типологије традиционалних објеката индивидуалног становања космајских насеља базиране на параметрима енергетске ефикасности,
- систематизација постојећих савремених индивидуалних стамбених објеката космајских насеља у погледу енергетских перформанси (период од 1919. до 2011. године),
- научно аргументовање улоге и значаја примене искустава и архитектонских елемената традиционалне архитектуре у формирању енергетски ефикасних објеката индивидуалног становања,
- показаном методолошком приступу у архитектонском пројектовању енергетски ефикасних индивидуалних стамбених објеката са аплицираним традиционалним архитектонским елементима,
- формирање референтних – хипотетичких модела енергетски ефикасних индивидуалних стамбених објеката (за космајска насеља) са аплицираним традиционалним архитектонским елементима и формирање препорука за транспоноване традиционалних архитектонских елемената,
- формирање препорука за енергетску оптимизацију у реконструкцији и изградњи индивидуалних стамбених објеката за насеља космајске области.

На основу изнесених резултата, ово истраживање даје допринос у развоју приступа у пројектовању нових и реконструкцији постојећих стамбених објеката, користећи искуства традиционалне архитектуре.

Истраживање је отворило питања која је могуће додатно развијати у даљим истраживањима и то на националном, регионалном и посебно локалном нивоу, у домену формирања стратегије у архитектонском пројектовању у циљу промовисања изградње ниско енергетских кућа.

6.3 Ограничења у постизању енергетски ефикасних кућа у космајским насељима

Проблеми у изградњи енергетски ефикасних објеката су ограничена знања корисника и актера из грађевинске струке, и тешко прихватање нових техника изградње. На основу изложених ограничења и предложених приступа за њихово превазилажење, може се закључити да се велика пажња мора посветити пружању практичних информација и решења за изградњу енергетски ефикасних кућа. Дobar извор информација о стварним енергетским карактеристикама зграде би могао да помогне корисницима да доносе одлуке о томе како да смање своје трошкове, уштедом енергије и сагледају своје енергетске навике, што је један од циљева овог истраживања.

Основна ограничења у постизању енергетски ефикасних кућа:

- понуда грађевинских производа на тржишту; ово ограничење се првенствено односи на доступност и цену високо квалитетних дрвених рамова за прозоре са ниским вредностима коефицијената пролаза топлоте, претпоставља се да како расте потражња да ће се и доступност побољшати;
- ограничено знање актера из грађевинске струке, нарочито у примени традиционалних материјала и техника градње; потребно је едуковати актере у изградњи, кроз локалне радионице које су специјализоване за градњу различитим материјалима;
- ограничена знања корисника, неинформисаност корисника објеката, у погледу конкретних упутстава, концепата примене енергетских мера и њихових ефеката;
- финансијска ограничења, неопходно је обезбедити тачне информације о стварним трошковима и користима улагања укључујући и могуће субвенције,
- прихватање на тржишту, обезбедити објективно поређење са тренутном праксом,
- примена грађевинских прописа, укључити све актере, професионалце из грађевинске струке, произвођаче грађевинског материјала, извођаче радова у промоцију енергетски ефикасних кућа ради боље имплементације важећих прописа у тој области.

6.4 Даља истраживања

У објектима традиционалне архитектуре, значајно место имају природни, традиционални материјали који се примењују за њихову изградњу. Према искуствима и истраживањима јасно је да технике, врсте грађења и материјали заузимају једно од кључних места у традиционалној архитектури.

Веза између коришћења традиционалних материјала и регионалне архитектуре се потврђивала кроз историју. Примена традиционалних материјала је у складу са регионалном архитектуром, која проистиче из захтева конкретног места и у жељи да се очува идентитет и стварају препознатљиве амбијенталне целине.

Различитим креативним поступцима интерпретације, архитекте савременим архитектонским делима дају лични израз традиционалне архитектуре. У интерпретацијама, поступцима цитата, стилизације уочава се примена препознатљивих традиционалних архитектонских елемената, најчешће косог крова, трема и доксата, као и примена традиционалних материјала и конструкција, које добијају нове савремене функције. У креативним поступцима интерпретације традиционални материјали се користе и као цитат, симбол који асоцира, понекад само путем нашег искуства о том материјалу.

Чињеница да традиционални материјали долазе из одређених локалних и климатских услова у којима су примењени има предности у економичности.

Истраживања у овој области показују да постоји још потенцијала да се побољшају особине традиционалних материјала, унапређењем топлотне проводљивости без негативних утицаја на еколошке карактеристике материјала.

Даља истраживања ће се бавити утицајима који објекти имају на животну средину, испитивањима потенцијала традиционалних материјала у погледу одрживе градње кроз упоредну анализу два објекта, изграђених конвенционалним и традиционалним материјалима.

Са тог аспекта биће разматрана следећа питања:

- испитивање потенцијала локације, испитивање доступних материјала на конкретним локацијама који ће одредити и избор материјала за изградњу, што даље доводи до типологије објеката према областима са својим специфичностима у техникама градње,

- испитивање могућности примене нуспроизвода, насталих гајењем различитих биљних култура у различитим областима, у традиционалним материјалима,
- формирање препорука као подстицај у очувању и унапређењу заната, у циљу промовисања старих техника градње традиционалним материјалима и прилагођавање новим стандардима изградње,
- процена потребне енергије за израду, транспорт и одржавање објеката грађених традиционалним и конвенционалним материјалима,
- процена утицаја на животну средину објеката грађених традиционалним и конвенционалним материјалима,
- унапређење производа од традиционалних материјала,

ЛИТЕРАТУРА

1. Arif Kamal, M., An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions, Department of Architecture, Aligarh-202002, India, Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 55, No. 1, 2012.
2. Арсић, Миладин., Варош Младеновац, Градска библиотека, Младеновац, 1999.
3. Bill Dunster Architects, UK Housing and Climate Change, Heavyweight vs. lightweight construction Ove Arup & Partners Ltd, , London W1T 4BQ, January 2005.
4. Бролин, Б., Архитектура у контексту, Грађевинска књига , Београд, 1985.
5. Богдановић, Коста. Поетика визуелног, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2005.
6. BS 5925:1991, Code of practice for ventilation principles and designing for natural ventilation
7. Вентури, Роберт., Сложености и противречности у архитектури, Грађевинска књига, Београд, 2001.
8. Вујовић, Бранко., Београд у прошлости и садашњости, Сопот, Драганић, Београд, 2003.
9. Генерални урбанистички план Младеновца до 2021 године, Сл. Лист града Београда бр. 9, ISSN 0350-4727 28.05.2005.
10. Giedion, Sigfried., Простор, време, архитектура, Волумен у простору, Грађевинска књига, Београд, 1969.
11. Goodhew, S., Griffiths, R., Sustainable earth walls to meet the building regulations a School of Civil Engineering, University of Plymouth, Reynolds Building, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK, 2004.
12. Дероко, Александар., Народно неимарство, САНУ, Београд, 1968.
13. Dengel, Andy., Swainson, Michael., Overheating in new homes, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, Guide, ISBN 978-1-84806-306-8 , London, 2012.

14. De Saulles, T., *Thermal Mass Explained*, The Concrete Centre-MPA, UK, Riverside House, 4 Meadows Business Park, Station Approach, Blackwater, Camberley, Surrey GU17 9AB, 2012.
15. DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings
16. De Meulenaer, Veerle., Van der Veken, Jeroen., Verbeeck, Griet., Hens, Hugo. Laboratory of Building Physics, Comparison of measurements and simulations of a "PASSIVE HOUSE", Department of Civil Engineering, KU Leuven, Belgium, 2005.
17. Дробњаковић, Боривоје., Космај, 2004. репринт издања Насеља и порекло становништва, Српска краљевска академија, Младеновац, 2004.
18. Други акциони план за енергетску ефикасност Репблике Србије за период од 2013. до 2015. године, Службени гласник РС", бр. 98/2013, Београд, Јун 2010.
19. Energy Efficiency Best Practice in Housing Reducing overheating - a designer's guide, Energy Saving Trust. E&OE. CE129, London, 2005.
20. Energy impact of ventilation in buildings, IDMEC- Institute for Mechanical Engineering - Univ. of Porto Rua dos Bragas, 4050-123 Porto, Portugal
https://web.fe.up.pt/~vleal/VLfiles/2000_AIVC00_leal_final.pdf
21. Жегарац, Б., Традиционалне и савремене древне кровне конструкције, Регија Д.О.О, Београд, 2007.
22. Закон о потврђивању Кјото протокола, Службени Гласник Републике Србије, Међународни уговори, бр. 88/2007
23. Закон о планирању и изградњи Сл. Гласник Републике Србије 72/2009, 81/2009 и 24/20115
24. Закон о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014)
25. Zhu, L., Hurt, R., Correia, D., Boehm, R., De tailed energy saving performance analyses on thermal mass walls demonstrated in a zero energy house, Energy and Buildings 41, 2009.

26. Plete labeling and certification guide part A - European scenario, Provincia Autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per l'Energia, June 2010.
27. Илић Мартиновић, Оливера., Прилог проучавању традиционалне профане архитектуре космајских насеља. Изградња бр. 67, 2013.
28. Илић Мартиновић, Оливера., Веза традиционалних материјала и конструкција са савременим концептима изградње стамбених објеката на примеру космајских насеља, магистарски рад, Архитектонски факултет, 2010.
29. Илић Мартиновић, О., Милетић, М., (2014) Sustainability, identity and role of traditional materials, Међународна научна конференција Places and technologies 2014. Београд, 3-4. април 2014.
30. Investigation into Overheating in Homes, Literature Review, Department for Communities and Local Government, London, 2012.
31. Jaggs M., Scivyer, C., A practical guide to building airtight dwellings, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, Amersham, 2009., ISBN 978-1-84806-095-1
32. Janson, Ulla., Passive houses in Sweden, Experiences from design and construction phaseLund University, Lund Institute of Technology, Lund., ISSN 1651-8136 ISBN 978-91-85147-24-3, 2008.
33. Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Љ., Ђуковић Игњатовић, Н., Недић, М., Атлас породичних кућа Србије, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2012.
34. Jovanović-Popović, M., Radivojević, A., Ignjatović, D., Elezović., M. Attic extension and thermal renovation of the residential buildings (Case study), Spatium br. 13-14, 2006.
35. Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Љ., Ђуковић Игњатовић, Н., Недић, М., Национална типологија стамбених зграда Србије, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2013.
36. JUS U.C1.100 Корисна површина у стамбеним зградама
37. Kenneth, F., Модерна архитектура, Критичка повјест, Глобус Накладни Завод, Љубљана, 1992.

38. Којић, Бранислав., Стара градска и сеоска архитектура у Србији, Мајстори градитељи, Просвета, Београд, 1949.
39. Којић, Бранислав., Сеоска архитектура и руризам, Грађевинска књига, Београд, 1973.
40. Косорић, Весна., Еколошка кућа, Дрвени грађевински материјали, Грађевинска књига, Београд, 2008.
41. Kotic, T., Krstic-Furundzic, A., Rajcic, A., Maksimovic, D., Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade, Proceedings of the PLEA 2009. - Architecture, Energy and the Occupant's Perspective, Editors: C. Demers, A., Potvin, Les Presses de l'Universite. Laval, Quebec City, Canada, 2009., pp. 603-608.
42. Krstic-Furundzic, A., Djukic, A., (2013), "Assessment of suburban apartment buildings refurbishment from energy and environmental aspects", Proceedings of the 3rd International Exergy, Life Cycle Assessment and Sustainability Workshop & Symposium-ELCAS 3, Koroneos K., Rovas D., Dompras A. (Eds.), COST, UNEP/SETAC, Nisyros Island, Grčka
43. Krstic-Furundzic, A., Djukic, A., "Serbia", poglavlje u међународној монографији "European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment", edited by Phil Jones, Paulo Pinho, Jo Patterson, Chris Tweed, European Science Foundation-COST C23 Action, The Welsh School of Architecture, Cardiff University, Wales, UK, 2009.
44. Крстић - Фурунџић, А., Кос кров у домаћој стамбеној архитектури - традиционалан и савремен архитектонски елемент, Едиција-Архитектоника, коло А, свеска бр. 8, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 1995.
45. Крунић, Јован., Баштина градова средњег Балкана, О пореклу и развоју куће, Републички завод за заштиту споменика културе, Београд, 1996.
46. Low energy cooling Good Practice Guide 5, Islington, London
47. Максимовић, Бранко., Идејни развој српског урбанизма, САНУ, Београд, 1978.

48. Марић, Игор., Трансформација народне архитектуре централне Србије у процесу урбанизације у XIX и XX веку, докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2006.
49. Марић, И., Просторно обликоване карактеристике традиционалне народне архитектуре у Поморављу и њени утицаји на савремену архитектуру, Магистарски рад, Београд, 1999.
50. Michael Jaggs and Chris Scivyer, BRE., A practical guide to building airtight dwellings, Published by IHS BRE Press on behalf of the NHBC Foundation, ISBN 978-1-84806-095-1, Amersham, 2009.
51. Mlecnik, Erwin., Innovation development for highly energy-efficient housing, Opportunities and challenges related to the adoption of passive houses, The series Sustainable Urban Areas is published by IOS Press under the imprint Delft University Press, ISSN 1879-8330; 45 (online) ISBN 978-1-61499-236-3 (online), 2013.
52. Murphy, Mark., Ön Development Project: Integrating Low-Energy and Passive House Technology together with District Heating, Umeå University, Institution for Applied Physics and Electronics Civil Engineering Program in Energy Technology, Master's Thesis, Autumn 2008
53. Национална стратегија одрживог развоја, (Службени гласник РС бр. 55/05, 71/05-исправка и 101/07),
54. Ненадовић, С., Илустровани речник израза у народној архитектури, Просвета, Београд, 2002.
55. Норберг Шулиц, К., Становање, Грађевинска књига, Београд, 1990.
56. Obara, Henry. Energy Efficiency Drivers in Europe Regulations and other instruments open new horizons for Energy Management in buildings, Schneider Electric SA, France, 2009.
57. Одлука града Београда о снабдевању топлотном енергијом у граду Београду, Службени лист града Београда бр. 43/2007 и 2/2011.
58. Orme, M., Palmer, J., Irving, S., Control of Overheating in Well-Insulated Housing

59. Passive House, Institut Dr. Wolfgang Feist, Passive House Planning Package 2007,PHPP 2007, Requirements for Quality Approved Passive Houses, Tehnical Information PHI-2007/1(E), 2007.
60. The PassiveOn project, Passive House or Passivhaus? Italy: eERG Politecnico di Milano, Provincia di Venezia, Rockwool Italia, France: International Conseil Énergie (ICE), Germany: Passivhaus Institut,Portugal: Natural Works e Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), Spain: Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA),United Kingdom: School of the Built Environment, Nottingham University
61. Pacheco-Torgal, F. & Jalali, S., Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, Elsevier, 2012., ISSN 0950-0618
62. Paul Arnold Architects, *Energy efficiency in traditional buildings*, published by the Stationery office, Dublin, 2010.
63. Перовић, Милош., Историја модерне архитектуре, Антологија текстова, књига 3, Архитектонски факултет, Београд, 2005.
64. Петровић, Александар., Праисторија Срба, Култ огњишта, Пешић и синови, Београд, 2001.
65. Петровић, Божидар., Старе Српске куће као градитељски подстицај, Графопринт, Горњи Милановац, 2002.
66. Подрека, Борис., Текстуре, Завод за заштиту споменика културе Краљева, Краљево, 2003.
67. Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Популација Србије почетком 21. века ISBN 978-86-6161-149-0, Београд, 2015.
68. Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава, Подаци по општинама и градовима, Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-068-4, Београд 2013.
69. Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти енергената за грејање, Подаци по општинама и

- градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-084-4, Београд 2013.
70. Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-072-1, Београд 2013.
 71. Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови за стално становање према броју просторија у стану и површини, Подаци по општинама и градовима, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-045-5, Београд, 2013.
 72. Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Број и површина стамбених јединица, Подаци по насељима Република Србија, Републички завод за статистику, ISBN 978-86-6161-039-4, Београд 2013.
 73. Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда Сл. Гласник РС бр.61/2011 и 3/2012
 74. Први акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2010. до 2012. године, Београд, 2010.
 75. Правилник о енергетској ефикасности зграда, Сл. Гласник Р Србије бр. 61/2011
 76. Promotion of European Passive Houses Passive House Solutions The PEP-project is partially supported by the European Commission under the Intelligent Energy Europe Programme, EIE/04/030/S07.39990, 2006.
 77. Процена рањивости на климатске промене, Србија, WWF (Светски фонд за природу), Центар за унапређење животне средине, Београд, 2012.
 78. Пуцар, Мила., Биоклиматска архитектура, Застакљени простори и пасивни соларни системи, Застакљене веранде, балкони, лође и еркери у нашој народној архитектури, Институт за архитектуру и урбанизам, Београд, 2006.
 79. Радивојевић, Ана., Traditional rural houses in Serbia – thermal performances and potential for energy retrofit, архитектонски факултет универзитета у Београд,
<http://www.biovernacular.ac.cy/images/media/file/Ana%20Radivojevic.pdf>

80. Радовић, Дарко., Архитектура и поднебље - улога климе у формирању регионалности урбаног и архитектонског израза, Докторска дисертација, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 1990.
81. Revuelta-Acosta, J.D., Garcia-Diaz, A., Soto-Zarazua, G.M., Rico-Garcia, E. Adobe as a Sustainable material: A Thermal Performance, Division de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingenieria, Universidad Autonoma de Queretaro CP, Queretaro Mexico, Journal of Applied Sciences 10(19):2211-2216, 2010 ISSN 1812- 5654
82. Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009, United Nations, March 2010.
83. Република Србија, Републички хидрометеоролошки завод, метеоролошки годишњак 1. климатолошки подаци 2014.
84. Република Србија Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Годишњи извештај квалитета ваздуха у Републици Србији 2013. године, Агенција за заштиту животне средине, Београд, 2014.
85. SAP 2012, The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013. SAP 2012, The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2012 edition, Published on behalf of DECC by: BRE, Garston, Watford, WD25 9XX, 2013.
86. Sand, Henrik., Hjorth Lorenzen, Kirstine., Burgos Nittegaard, Christina. COWI A/S Survey of green legislation and standards in the construction area in the Nordic countries, Nordic Innovation Publication, Nordic Innovation, Stensberggata 25, NO-0170 Oslo, Norway, 2012.
87. Santamouris, M., Pavlou, C., Syneffa, A., Niachou, K., Recent Progress on Passive Cooling Techniques, Advanced Technological Developments to Improve Indoor Environmental Quality in Low Income Households, Group Building Environmental Studies, Physics Department, Univ. Athens, Athens, Greece, PREA Workshop, Santamouris et al, 2006.
88. Spasić, N., Petrić, J., The role and development perspectives of small towns in central Serbia, Spatium br. 13-14, 2006.

89. The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes, Part 1. A review of comfortable low energy homes, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007.
90. The passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes, Part 2 National proposals in detail: Passivhaus UK homes, Edited and compiled by: Brian Ford, Rosa Schiano-Phan, Duan Zhongcheng, School of the Built Environment, University of Nottingham, 2007.
91. Tope, Alyssa., Howe, Jeff., Frank, Matt., Bowyer, Jim., Stai, Sarah., Zoet, Adam., Bratkovich, Steve., Fernholz, Kathryn., Pushing passive house forward: moving beyond energy-efficiency , Dovetail, Partners, Minneapolis, 2012.
92. Thermal Mass Benefits for Housing, CCAA OFFICES, Australia 2065, ISSN 1447-199X, 2010.
93. Ђукић, Александра., Ступар, Александра., Суочавање са климатским променама: од европских стратегија до локалне реалности, Архитектура и урбанизам, 2011.
94. Fernandes, J., Mateus, R., Bragança, L. The potential of vernacular materials to the sustainable building design, Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development – Correia, Carlos & Rocha (Eds) 2014. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00083-4
95. Финдрик, Ранко., Народно неимарство, Музеј Старо село, Београд, 1994.
96. Цвијић, Јован., Балканско полуострво, САНУ, Београд, 2000.
97. Цвијић, Јован., Антропогеографски и етнографски списи, САНУ, Београд, 2000.
98. CEPHEUS - Project information No.36, Final Technical Report, Passive House Institute, Hanover, 2001.
99. CEPHEUS - measurement results from more than 100 dwelling units in passive houses, Passive House Institute, Rheinstr. 44/46 D-64283 Darmstadt, 2003.
100. Concrete for energy-efficient buildings: The benefits of thermal mass, Published by British Cement Association, British Ready-mixed Concrete Association, British Precast Concrete Federation and the Cement Admixtures Association, 2007.

101. CIBSE Guide A, Environmental design, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN-10: 1-903287-66-9 ISBN-13: 978-1-903287-66-8, London, 2006.
102. CIBSE Guide F, Energy efficiency in buildings, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, ISBN 1 903287 34 0, London, 2004.
103. Health and Environment Alliance, (HEAL), Загађење ваздуха и здравље у Србији, Чињенице, бројке и препоруке, Belgium, 2014.
104. Walsh, R., Kenny P., Brophy, V. Thermal Mass & Sustainable Buildings, Improving Energy Performance and Occupant Comfort, Irish Concrete Federation, 2006.
105. Wolfgang Feist (PHI), Dipl.-Ing. Søren Peper (PHI) Dipl.-Ing. Manfred Görg (enercity /Stadtwerke Hannover AG), CEPHEUS - Projectinformation No. 36, Final Technical Report, Passive Houses Institut, Hanover, 2001.

КОРИШЋЕНИ САЈТОВИ

http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_srbije.php,
<http://passiv.de>
<http://www.dgnb.de/en/>
<http://www.activehouse.info/about-active-house>
<http://living-future.org/lbc>
<http://www.cephus.de/>
<https://www.bre.co.uk>
http://www.frenchproperty.com/news/build_renovation_france/energy_standard_rt2012
<http://www.c2ccertified.org/>
<http://leed.usgbc.org/leed.html>
<http://www.ecobuild.co.uk/>
www.concretecentre.com
<http://windows.lbl.gov/software/software.html>
<http://www.biovernacular.ac.cy/images/media/file/Ana%20Radivojevic.pdf>
<http://www.aers.rs/FILES/Odluke/OCenama>
https://web.fe.up.pt/~vleal/VLfiles/2000_AIVC00_leal_final.pdf
<http://www.meteotest.com>, www.meteonorm.com

ПРИЛОГ 1.

Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела, куће породице Жујовић, Неменикуће

Passive House Planning SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate:	Data 20	Interior Temperature:	20.0 °C
Building:	porodичni stambeni objekat	Building Type/Use:	porodичni stambeni objekat
Location:	Sopot	Treated Floor Area A _{TFA} :	55.9 m ²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f _t	G _t kWh/a	kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1 Exterior Wall - Ambient	A	63.9	0.989	1.00	67.3	4254	
2 Exterior Wall - Ground	B			0.68			
3 Roof/Ceiling - Ambient	A	89.0	1.179	1.00	67.3	7057	
4 Floor Slab	B	37.6	0.691	0.68	67.3	1187	
5	A			1.00			
6	A			1.00			
7	X			0.75			
8 Windows	A	3.3	3.018	1.00	67.3	677	
9 Exterior Door	A	1.8	3.000	1.00	67.3	363	
10 Exterior TB (length/m)	A			1.00			
11 Perimeter TB (length/m)	P			0.68			
12 Ground TB (length/m)	B			0.68			
Total of All Building Envelope Areas		195.7				13538	242.2

Transmission Heat Losses Q_T

Ventilation System:

Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery η_{eff} = 0%

Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η_{SHX} = 0%

Effective Air Volume, V_v = 55.9 m² * Clear Room Height = 2.20 m = 123.0 m³

Energetically Effective Air Exchange n_v = 0.375 1/h (1 - 0.00) + 0.110 1/h = 0.485 1/h

Ventilation Heat Losses Q_V

V_v m³ * n_v 1/h * C_{Air} Wh/(m³K) * G_t kWh/a = kWh/a

123 * 0.485 * 0.33 * 67.3 = 1325 kWh/a

Total Heat Losses Q_T = (13538 + 1325) * Reduction Factor Night/Weekend Saving = 14863 kWh/a

Total Heat Losses Q_T

Orientation of the Area	Reduction Factor See Windows Sheet	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Radiation HP kWh/(m ² a)	kWh/a
1 North	0.40	0.00	0.00	1.67	0
2 East	0.23	0.77	1.11	446	87
3 South	0.26	0.77	1.11	504	110
4 West	0.07	0.77	1.11	267	16
5 Horizontal	0.40	0.00	0.00	466	0
Total					214

Available Solar Heat Gains Q_S

Internal Heat Gains Q_I = khd * Length Heat. Period * Spec. Power q * A_{TFA} = kWh/a

0.024 * 205 * 2.10 * 55.9 = 576 kWh/a

Internal Heat Gains Q_I

Free Heat Q_F = Q_S + Q_I = 790 kWh/a

Ratio of Free Heat to Losses = Q_F / Q_L = 0.05

Utilisation Factor Heat Gains η_G = (1 - (Q_F / Q_L)⁵) / (1 - (Q_F / Q_L)⁵) = 100%

Heat Gains Q_G

η_G * Q_F = 790 kWh/a

Annual Heat Demand Q_d

Q_L - Q_G = 14073 kWh/a

Limiting Value = 15 kWh/(m²a) Requirement met? No

Passive House Planning

SUMMER

Climate:
 Building:
 Location:
 Spec. Capacity: Wh/K pro m² TFA
 Overheating Limit: °C

Interior Temperature: °C
 Building Type/Use:
 Treated Floor Area A_{TFA}: m²

Building Element	Temperature Zone	Area m²	U-Value W/(m²K)	Red. Factor f _{r,Summer}	H _{Summer} Heat Conductance
1 Exterior Wall - Ambient	A	63.9	0.989	1.00	63.2
2 Exterior Wall - Ground	B			1.00	
3 Roof/Ceiling - Ambient	A	89.0	1.179	1.00	104.9
4 Floor Slab	B	37.6	0.691	1.00	26.0
5	A			1.00	
6	A			1.00	
7	X			0.75	
8 Windows	A	3.3	3.018	1.00	10.1
9 Exterior Door	A	1.8	3.000	1.00	5.4
10 Exterior TB (length/m)	A			1.00	
11 Perimeter TB (length/m)	P			1.00	
12 Ground TB (length/m)	B			1.00	

Exterior Thermal Transmittance, H_{T,e} W/K
 Ground Thermal Transmittance, H_{T,g} W/K

Heat Recovery Efficiency η_{HR}
 SHX Efficiency η*_{SHX}
 Effective Air Volume V_v m² * Clear Room Height m = m³

Summer Ventilation continuous ventilation to provide sufficient indoor air quality

Air Change Rate by Natural (Windows & Leakages) or Exhaust-Only Mechanical Ventilation, Summer: 1/h
 Mechanical Ventilation Summer: 1/h with HR (check if applicable)

Energetically Effective Airchange Rate n_v + * (1 -) + = 1/h

Ventilation Transm. Ambient H_{V,e} m² * 1/h * C_{Air} Wh/(m²K) = W/K
 Ventilation Transm. Ground H_{V,g} m² * 1/h * C_{Air} Wh/(m²K) = W/K

Additional Summer Ventilation for Cooling Temperature Amplitude Summer K

Select: Window Night Ventilation, Manual Mechanical, Automatically Controlled Ventilation
 Corresponding Air Change Rate 1/h (for window ventilation: at 1 K temperature difference indoor - outdoor)
 Minimum Acceptable Indoor Temperature °C

Orientation of the Area	Angle Factor Summer	Shading Factor Summer	Dirt	g-Value (perp. radiation)	Area m²	Portion of Glazing	Aperture m²
1 North	0.9	1.00	0.95	0.00	0.0	0%	0.0
2 East	0.9	0.00	0.95	0.77	1.1	42%	0.0
3 South	0.9	0.00	0.95	0.77	1.1	42%	0.0
4 West	0.9	0.00	0.95	0.77	1.1	42%	0.0
5 Horizontal	0.9	1.00	0.95	0.00	0.0	0%	0.0
6 Sum Opaque Areas							0.9

Solar Aperture Total m²/m²

Internal Heat Gains Q_i W/m² * A_{TFA} m² = W W/m²

Frequency of Overheating h_{≥ 25°C} at the overheating limit θ_{max} = 25 °C
 If the "frequency over 25°C" exceeds 10%, additional measures to protect against summer heat waves are necessary.

Daily Temperature Swing due to Solar Load kWh/d * 1000 1/K / (Wh/(m²K) * m²) = K

ПРИЛОГ 2.

Стамбени фонд космајских насеља

Табела 1. Стамбене јединице према броју домаћинстава и лица за општину Младеновац (извор: Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава 2013.)

Општина		Укупно	Стамбене јединице са			Број Дом.	Број лица у стану
			1 домаћинством	2 домаћинства	3 и више домаћинстава		
Младеновац	Настањени станови	16493	15643	769	81	17428	52494
	Настањене просторије	78	78	-	-	78	177
Градска насеља	Настањени станови	7858	7534	292	32	8217	23250
	Настањене просторије	34	34	-	-	34	77
Остала насеља	Настањени станови	8635	8109	477	49	9211	29244
	Настањене просторије	44	44	-	-	44	100

Табела 2. Стамбене јединице према броју домаћинстава и лица за општину Сопот (извор: Стамбене јединице према броју лица и домаћинстава 2013.)

Општина		Укупно	Стамбене јединице са			Број Дом.	Број лица у стану
			1 домаћинством	2 домаћинства	3 и више домаћинстава		
Сопот	Настањени станови	6672	6551	106	15	6810	20227
	Настањене просторије	38	34	4	-	78	108
Градска насеља	Настањени станови	662	637	19	6	659	1900
	Настањене просторије	4	2	2	-	6	13
Остала насеља	Настањени станови	6010	5914	87	9	6115	18327
	Настањене просторије	34	32	2	-	36	95

Од укупног броја станова у општини Младеновац 94,85% припада становима са једним домаћинством. Од укупног броја станова у градским насељима 95,88%, припада становима са једним домаћинством, а 93,91% у осталим насељима. 47,6% су станови у градском насељу, а 52,4% у осталим насељима.

Од укупног броја станова општине Сопот 98,19% припада стамбеним јединицама са једним домаћинством, у градским насељима 96,22%, а у осталим 98,40%.

9,92% станова је изграђено у градским насељима, а 90,08% станова у осталим.

ПРИЛОГ 3.

Стамбени фонд општине Младеновац

Табела 1. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за сва насеља општине Младеновац, (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

општина Младеновац сва насеља	укупно	пов. ст. m2	станови грађени									
			<1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005	2006 ≤	непоз. година
станови укупно	22095	1725760	298	716	2298	3639	4981	4039	1345	924	1386	2468
стамбене зграде са 1 станом	14791	1289686	230	577	1472	2182	3387	2771	1041	419	378	2333
стамбене зграде са 2 стана	1846	144972	29	63	181	353	595	343	93	57	40	92
стамбене зграде са 3 и више станова	5407	286795	39	69	638	1098	994	918	203	447	967	34
остале стамбене зграде	5	225	-	-	2	2	-	1	-	-	-	-
нестамбене зграде	46	4082	-	7	5	4	5	6	8	1	1	9
станови у зградама од тврдог материјала	20863	1672345	155	375	2003	3528	4942	4010	1339	922	1364	2224

Табела 2. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за градска насеља општине Младеновац (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

градска насеља	укупно	пов. ст. m2	станови грађени									
			<1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005	2006 ≤	непоз. година
станови укупно	9803	692423	125	235	1195	1887	1907	1605	454	624	1122	648
стамбене зграде са 1 станом	3431	333344	64	122	434	569	641	546	224	148	135	547
стамбене зграде са 2 стана	1046	78033	22	44	133	224	313	156	33	32	21	68
стамбене зграде са 3 и више станова	5312	280471	39	69	626	1091	953	899	194	444	966	31

остале стамбене зграде	5	225	-	-	2	2	-	1	-	-	-	-
нестамбене зграде	9	350	-	-	-	1	-	3	3	-	-	2
станови у зградама од тврдог материјала	9646	685769	112	211	1150	1869	1903	1605	453	624	1106	612

Табела 3. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за остала насеља општине Младеновац (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

остала насеља	укупно	пов. ст. m2	станови грађени									
			<1919	1919–1945	1946–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2005	2006 ≤	непоз. година
станови укупно	12292	1033337	173	481	1103	1752	3074	2434	891	300	264	1820
стамбене зграде са 1 станом	11360	956342	166	455	1038	1613	2746	2225	817	271	243	1786
стамбене зграде са 2 стана	800	66939	7	19	48	129	282	187	60	25	19	24
стамбене зграде са 3 и више станова	95	6324	-	-	12	7	41	19	9	3	1	3
нестамбене зграде	37	3732	-	7	5	3	5	3	5	1	1	7
станови у зградама од тврдог материјала	11217	986576	43	164	853	1659	3039	2405	886	298	258	1612

Табела 4. Заступљеност станова са једном стамбеном јединицом и станова према материјалу спољних зидова и години изградње, за насеља општине Младеновац (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

	станови грађени								
	<1919	1919–1945	1946–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2005	2006 ≤
станови укупно бр.	298	716	2298	3639	4981	4039	1345	924	1386
стамбене зграде са 1 станом, %	77,18	80,58	64,05	59,96	67,99	68,61	77,32	45,34	27,27

станови у зградама од тврдог материјала у свим насељима %	52	52,3	87,1	96,94	99,21	99,28	99,55	99,78	97,69
станови у зградама од тврдог материјала у градским %	89,6	89,78	96,3	95,70	99,79	100	99,78	100	98,57
станови у зградама од тврдог материјала у осталим насељима %	24,86	34,09	77,33	99,0	98,86	98,81	99,43	99,33	97,72

ПРИЛОГ 4.

Стамбени фонд општине Сопот

Табела 1. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за сва насеља општине Сопот (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

општина Сопот сва насеља	укупно	пов. ст. m ²	станови грађени									
			<1919	1919 – 1945	1946 – 1960	1961 – 1970	1971 – 1980	1981 – 1990	1991 – 2000	2001 – 2005	2006 ≤	непоз. година
станови укупно	14042	997018	162	383	825	1230	2196	1757	777	237	445	5967
стамбене зграде са 1 станом	12942	930935	145	326	767	1049	1924	1538	717	218	331	5870
стамбене зграде са 2 стана	574	38906	6	21	29	87	182	104	41	11	15	72
стамбене зграде са 3 и више станова	499	25955	11	35	27	92	85	112	14	8	99	16
остале стамбене зграде	5	204	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2
нестамбене зграде	22	1018	-	1	2	2	5	3	2	-	-	7
станови у зградама од тврдог материјала	12849	948104	62	196	638	1186	2162	1728	761	233	441	5381

Табела 2. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за градска насеља општине Сопот (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

градска насеља	укупно	пов. ст. m2	станови грађени									
			<1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005	2006 ≤	непоз. година
станови укупно	876	65837	17	14	56	145	176	179	67	34	101	87
стамбене зграде са 1 станом	450	42616	4	5	35	66	93	78	45	21	26	77
стамбене зграде са 2 стана	106	7272	2	6	8	11	30	15	13	6	5	10
стамбене зграде са 3 и више станова	320	15949	11	3	13	68	53	86	9	7	70	-
станови у зградама од тврдог материјала	866	65551	11	14	54	145	176	179	67	34	101	85

Табела 3. Станови према години изградње, врсти зграде, материјалу спољних зидова, за остала насеља општине Сопот (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

остала насеља	укупно	пов. ст. m2	станови грађени									
			<1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005	2006 ≤	непоз. година
станови укупно	13166	931181	145	369	769	1085	2020	1578	710	203	344	5880
стамбене зграде са 1 станом	12492	888319	141	321	732	983	1831	1460	672	197	305	5793
стамбене зграде са 2 стана	468	31634	4	15	21	76	152	89	28	5	10	62
стамбене зграде са 3 и више станова	179	10006	-	32	14	24	32	26	5	1	29	16
остале стамбене зграде	5	204	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
нестамбене зграде	22	1018	-	1	2	2	3	3	2	-	-	7
станови у зградама од тврдог материјала	11983	882553	51	182	584	1041	1986	1549	694	199	340	5296

Табела 4. Заступљеност станова са једном стамбеном јединицом и станова према материјалу спољних зидова и години изградње, за насеља општине Сопот (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у РС, Станови према врсти зграде)

	станови грађени								
	<1919	1919–1945	1946–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2005	2006≤
станови укупно бр.	162	383	825	1230	2196	1757	777	300	445
стамбене зграде са 1 станом, %	89,51	85,11	92,96	85,28	87,61	87,53	92,28	91,98	98,37
станови у зградама од тврдог материјала у свим насељима %	38,27	51,17	77,33	96,42	98,45	98,34	97,94	98,31	99,10
станови у зградама од тврдог материјала у градским %	64,70	100	96,4	100	100	100	100	100	100
станови у зградама од тврдог материјала у осталим насељима %	35,17	49,32	75,94	95,94	98,31	98,16	97,74	98,02	98,84

Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, Станови према врсти зграде, Подаци по општинама и градовима: "Зграде од тврдог материјала су зграде чији су спољни зидови изграђени искључиво или претежно од опеке, гитер блока, гас бетона, камена, бетона, обле грађе и других савремених грађевинских материјала и елемената. Зграде од слабог материјала су зграде чији су спољни зидови изграђени искључиво или претежно од набоја, ћерпича, плетара, дасака и сл., за просторије настањене из нужде и за друге настањене покретне и непокретне објекте."

ПРИЛОГ 5.

Структура станова

Табела 1. Настањени станови према броју соба, домаћинства и лица, за општину Младеновац (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. Стамбене јединице према броју лица и домаћинства)

Општина		Укупно	Површина станова у m ²	Станови према површини по лицу		
				1 домаћинством	2 домаћинства	3 и више домаћинства
Младеновац	Настањени станови	16493	1340680	15643	769	81
	1-собни	405	10478	387	16	2
	2-собни	2093	83841	2063	27	3
	3-собни	4642	270675	4507	126	9
	4-собни	4154	321957	3937	200	17
	5-собни и већи	5199	653729	4749	400	50

Табела 2. Настањени станови према броју соба, домаћинства и лица, за општину Сопот (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011. Стамбене јединице према броју лица и домаћинства)

Општина		Укупно	Површина станова у m ²	Станови према површини по лицу		
				1 домаћинством	2 домаћинства	3 и више домаћинства
Сопот	Настањени станови	6672	542483	6551	106	15
	1-собни	133	3171	132	1	-
	2-собни	716	28075	711	5	-
	3-собни	1653	96941	1619	28	6
	4-собни	1827	138647	1798	26	3
	5-собни и већи	2343	275649	2291	46	6

ПРИЛОГ 6.

Површина стана по лицу

Табела 1. Настањени станови према површини стана по лицу, за општину Младеновац и Сопот (извор: Попис становништва, домаћинства и станова 2011., Стамбене јединице према броју лица и домаћинства)

Општина		Укупно	Станови према површини по лицу						
			испод 10 m ²	10-14,9 m ²	15-19,9 m ²	20-29,9 m ²	30-39,9 m ²	40-59,9 m ²	60 m ² и више
Младеновац	Укупно	16493	642	2116	2472	4303	2565	2557	1838
	Градска насеља	7858	370	1106	1377	2027	1132	1134	712
	Остала насеља	8635	272	1010	1095	2276	1433	1423	1126
Сопот	Укупно	6672	288	762	828	1591	1029	1137	1037
	Градска насеља	662	21	83	91	179	97	124	67
	Остала насеља	6010	267	679	737	1412	932	1013	970

На нивоу Републике Србије затупљеност станова са једним лицем у стану у укупном броју настањених станова је 21,8% , општина Сопот је у том просеку док је општина Младеновац испод републичког просека. Просек за станове са шест лица у Републици Србији је 4,7%, општине космајских насеља су изнад тог просека (Прилог 3, Табела 1). У Републици Србији заступљеност станова са 10 m² по лицу је 3,6% општине космајских насеља су у том просеку, док је заступљеност станова од 60 m² по лицу за Републику Србију 11,8%. Општина Младеновац је у том просеку, док је општина Сопот изнад тог просека.

ПРИЛОГ 7

Развој савремене куће



*Сл. 1. Кућа у бондрук конструкцији, покривач - бибер цреп, Влашка,
зидана после 1919. Године*



Сл. 2. Куће из шездесетих година, Младеновац



Сл. 3. Куће из седамдесетих година, Младеновац



Сл. 4. Кућа по узору на модерну, Младеновац



Сл. 5. Куће у низу, Младеновац



Сл. 6. Реконструкција по узору на народно неимарство, Младеновац



Сл. 7. Реконструкција дунђерске куће, Младеновац



Сл. 8. Реконструкција куће зидане седамдесетих година, Младеновац

ПРИЛОГ 8

Систем грејања и врста енергената за грејање

Табела 1. Настањени станови са централним грејањем према врсти енергената за грејање

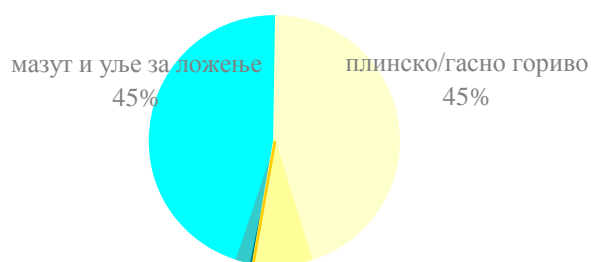
Настањени станови, укупно	Настањени станови, укупно	Настањени станови са централним грејањем	Настањени станови са централним грејањем за чије се грејање користи					
			угаљ	дрво	мазут и уље за ложење	плинско / гасно гориво	електрична енергија	друга врста енергије
Младеновац	16493	2050	25	91	2050	2050	334	4
Сопот	6672	-	-	-	-	-	-	-

Табела 2. Настањени станови са етажним грејањем према врсти енергената за грејање

општина	Настањени станови са етажним грејањем	Настањени станови са етажним грејањем за чије се грејање користи					
		угаљ	дрво	мазут и уље за ложење	плинско / гасно гориво	електрична енергија	друга врста енергије
Младеновац	2746	704	1190	14	1463	305	6
Сопот	1710	599	1116	3	448	109	3

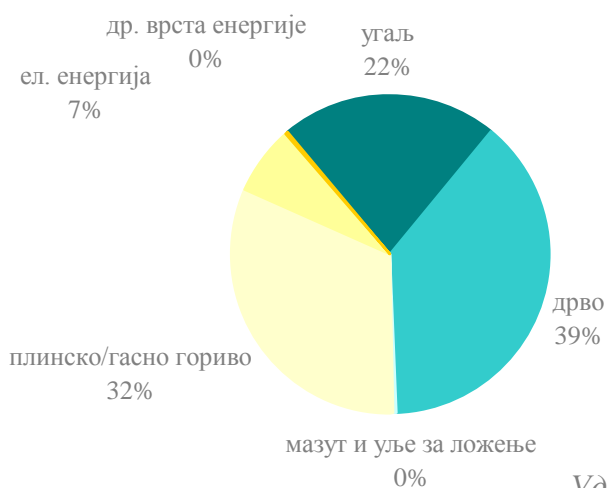
Табела 3. Настањени станови без инсталација централног и етажног грејања према врсти енергената који се користе за грејања

општина	Настањени станови који су прикључени на гас	Настањени станови без инсталација централног и етажног грејања	Настањени станови без инсталација централног и етажног грејања за чије се грејање користи					
			угаљ	дрво	мазут и уље за ложење	плинско / гасно гориво	електрична енергија	друга врста енергије
Младеновац	3423	11649	2460	8133	62	1817	2645	13
Сопот	594	4934	530	4394	2	162	473	1



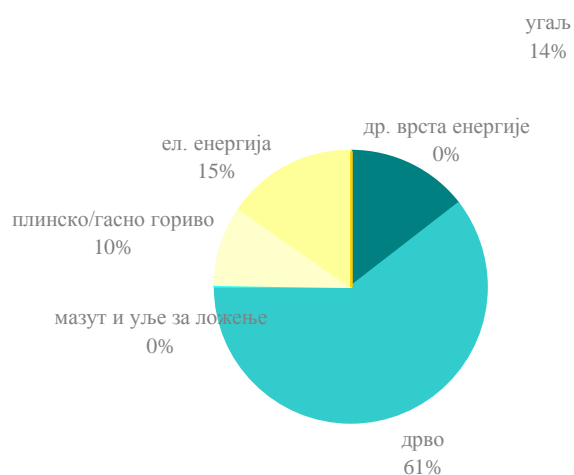
Дијаграм 1.

Удео енергената у становима са централним грејањем



Дијаграм 2.

Удео енергената у становима са етажним грејањем



Дијаграм 3.

Удео енергената у становима без централног и етажног грејања

ПРИЛОГ 9

Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела,
куће зидане 1972. године

Passive House Planning SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate:	Data 20	Interior Temperature:	20.0 °C
Building:	porodicni stambeni objekat	Building Type/Use:	porodicni stambeni objekat
Location:	Mladenovac	Treated Floor Area A _{TFA} :	174.3 m ²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor ζ	G _i kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	229.2	1.537	1.00	67.3	23701
2. Exterior Wall - Ground	B			0.53		
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	115.0	2.658	1.00	67.3	20562
4. Floor Slab	B	107.0	2.102	0.53	67.3	7965
5.	A			1.00		
6.	A			1.00		
7.	X			0.75		
8. Windows	A	18.9	3.007	1.00	67.3	3815
9. Exterior Door	A	4.1	3.000	1.00	67.3	836
10. Exterior TB (length/m)	A			1.00		
11. Perimeter TB (length/m)	P			0.53		
12. Ground TB (length/m)	B			0.53		
Total of All Building Envelope Areas		474.2				

Transmission Heat Losses Q_T

Total: 56879 kWh/a 326.3 kWh/(m²a)

Ventilation System:

Effective Air Volume, V_v A_{TFA} Clear Room Height

Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery η_{eff} = 0% 174.3 m² 2.50 m 435.7 m³

Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η_{SHX} = 0%

Effectively Effective Air Exchange n_e n_{v,system} Φ_{HR} n_{v,Res}

0.353 (1.00) + 0.084 = 0.437 1/h

Ventilation Heat Losses Q_V

V_v n_e c_{air} G_v

436 m³ 0.437 1/h 0.33 Wh/(m³K) 67.3 kWh/a 4230 kWh/a 24.3 kWh/(m²a)

Total Heat Losses Q_L

Q_T Q_V Reduction Factor Night/Weekend Saving

(56879 + 4230) * 1.0 = 61109 kWh/a 350.6 kWh/(m²a)

Available Solar Heat Gains Q_S

Orientation of the Area	Reduction Factor See Windows Sheet	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Radiation HP kWh/(m ² a)	kWh/a
1. North	0.40	0.00	0.00	167	0
2. East	0.43	0.77	5.27	239	420
3. South	0.14	0.77	2.76	489	145
4. West	0.43	0.77	10.18	469	1568
5. Horizontal	0.27	0.77	0.65	588	79
Total					2212

Internal Heat Gains Q_I

kh/d Length Heat. Period d/a Spec. Power q_i W/m² A_{TFA} m²

0.024 * 205 * 2.10 * 174.3 = 1797 kWh/a 10.3 kWh/(m²a)

Free Heat Q_F Q_S + Q_I = 4009 kWh/a 23.0 kWh/(m²a)

Ratio of Free Heat to Losses Q_F / Q_L = 0.07

Utilisation Factor Heat Gains η_G (1 - (Q_F / Q_L)⁵) / (1 - (Q_F / Q_L)⁶) = 100%

Heat Gains Q_G

η_G * Q_F = 4009 kWh/a 23.0 kWh/(m²a)

Annual Heat Demand Q_H

Q_L - Q_G = 57100 kWh/a 328 kWh/(m²a)

Limiting Value kWh/(m²a) Requirement met? (Yes/No)

15 No

Passive House Planning

SUMMER

Climate:	Data 20	Interior Temperature:	20 °C
Building:	porodnicni stambeni objekt	Building Type/Use:	porodnicni stambeni objekt
Location:	Mladenovac	Treated Floor Area A_{TFA} :	174.3 m ²
Spec. Capacity:	450 Wh/K pro m ² TFA		
Overheating Limit:	25 °C		

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Red. Factor $f_{r,Summer}$	H_{Summer} Heat Conductance
1. Exterior Wall - Ambient	A	229.2	1.537	1.00	352.3
2. Exterior Wall - Ground	B			1.00	
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	115.0	2.658	1.00	305.7
4. Floor Slab	B	107.0	2.102	1.00	224.8
5.	A			1.00	
6.	A			1.00	
7.	X			0.75	
8. Windows	A	18.9	3.007	1.00	56.7
9. Exterior Door	A	4.1	3.000	1.00	12.4
10. Exterior TB (length/m)	A			1.00	
11. Perimeter TB (length/m)	P			1.00	
12. Ground TB (length/m)	B			1.00	

Exterior Thermal Transmittance, $H_{T,e}$ 727.2 W/K
 Ground Thermal Transmittance, $H_{T,g}$ 224.8 W/K

Heat Recovery Efficiency η_{HR} Effective Air Volume V_e A_{TFA} * Clear Room Height = m³

SHX Efficiency η_{SHX}

Summer Ventilation continuous ventilation to provide sufficient indoor air quality

Air Change Rate by Natural (Windows & Leakages) or Exhaust-Only Mechanical Ventilation, Summer: 1/h

Mechanical Ventilation Summer: 1/h with HR (check if applicable)

Energetically Effective Airchange Rate n_v $n_{L,nat}$ + $n_{V,system}$ * (1 - Φ_{HR}) + $n_{V,Rest}$ = 1/h

Ventilation Transm. Ambient $H_{V,e}$ V_v * $n_{V,equiv,frac}$ * C_{Air} = W/K

Ventilation Transm. Ground $H_{V,g}$ * * = W/K

Additional Summer Ventilation for Cooling

Temperature Amplitude Summer K

Select: Window Night Ventilation, Manual Corresponding Air Change Rate 1/h
 Mechanical, Automatically Controlled Ventilation (for window ventilation: at 1 K temperature difference indoor - outdoor)

Minimum Acceptable Indoor Temperature °C

Orientation of the Area	Angle Factor Summer	Shading Factor Summer	Dirt	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Portion of Glazing	Aperture m ²	
1. North	0.9	1.00	0.95	0.00	0.0	0%	0.0	
2. East	0.9	0.09	0.95	0.77	5.3	63%	0.2	
3. South	0.9	0.55	0.95	0.77	2.8	66%	0.7	
4. West	0.9	0.12	0.95	0.77	10.2	62%	0.5	
5. Horizontal	0.9	1.00	0.95	0.77	0.7	44%	0.2	
6. Sum Opaque Areas							7.6	
Total							9.1	0.05

Solar Aperture

Internal Heat Gains Q_i q_i W/m² * A_{TFA} m² = W W/m²

Frequency of Overheating $h_{3 \geq \vartheta_{max}}$ at the overheating limit $\vartheta_{max} = 25$ °C

If the "frequency over 25°C" exceeds 10%, additional measures to protect against summer heat waves are necessary.

Daily Temperature Swing due to Solar Load k_{Whid} * 1000 / ($Spec. Capacity$ * A_{TFA}) = K

ПРИЛОГ 10

Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела,
Хипотетичког модела, спратности П+0

Passive House Planning SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate:	Data 20		Interior Temperature:	20.0 °C	
Building:	porodичni stambeni objekat		Building Type/Use:	porodичni stambeni objekat	
Location:	Beograd		Treated Floor Area A _{TFA} :	113.6 m ²	

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f	G _t kWh/a	Q _t kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	97.0	0.174	1.00	67.3	1134	
2. Exterior Wall - Ground	B			0.53			
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	134.5	0.116	1.00	67.3	1050	
4. Floor Slab	B	134.5	0.225	0.53	67.3	1070	
5.	A			1.00			
6.	A			1.00			
7.	X			0.75			
8. Windows	A	58.9	1.138	1.00	67.3	4509	
9. Exterior Door	A			1.00			
10. Exterior TB (length/m)	P			1.00			
11. Perimeter TB (length/m)	P			0.53			
12. Ground TB (length/m)	B			0.53			
Total of All Building Envelope Areas		424.8					

Transmission Heat Losses Q_t Total = 7762 kWh/a (68.3 kWh/m²a)

Ventilation System:	Effective Air Volume, V _V m ³	A _{TFA} m ²	Clear Room Height m	V _V m ³
Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery η _{eff}	0%	113.6	2.50	284.1
Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η _{soil}	0%			
Energetically Effective Air Exchange n	0.325	(1 - 0.00)	+ 0.036	0.361
V _V m ³	284	n _V 1/h	0.361	C _{air} kWh/(m ³ K)
				0.33
				G _t kWh/a
				67.3
				Q _t kWh/a
				2274
				20.0 kWh/m ² a

Total Heat Losses Q_L	Q _t kWh/a	Q _v kWh/a	Reduction Factor Night/Weekend Saving	Q _L kWh/a	Q _L kWh/m ² a
	7762	2274	1.0	10036	88.3

Orientation of the Area	Reduction Factor See Windows Sheet	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Radiation HP kWh/(m ² a)	Q _s kWh/a
1. North	0.39	0.56	2.31	167	84
2. East	0.44	0.56	10.61	360	950
3. South	0.52	0.56	36.00	525	5509
4. West	0.44	0.56	9.97	360	888
5. Horizontal	0.40	0.00	0.00	466	0
Total					7431
					65.4 kWh/m ² a

Available Solar Heat Gains Q_s

Internal Heat Gains Q_i	Length kh/d	Heat d/a	Period Spec. Power q W/m ²	A _{TFA} m ²	Q _i kWh/a	Q _i kWh/m ² a
	0.024	205	2.10	113.6	1171	10.3
Free Heat Q _f					Q _s + Q _i	8603
Ratio of Free Heat to Losses					Q _f / Q _L	0.86
Utilisation Factor Heat Gains η _G					(1 - (Q _f / Q _L) ⁵) / (1 - (Q _i / Q _L) ⁵)	89%
Heat Gains Q_G					η _G * Q _f	7660
Annual Heat Demand Q_d					Q _L - Q _G	2376
Limiting Value					15 kWh/m ² a	Requirement met? No

For buildings with a gain-loss-ratio above 0,7 you should use the Monthly Method (cf. manual).

Passive House Planning

SUMMER

Climate:
 Building:
 Location:
 Spec. Capacity: Wh/K pro m² TFA
 Overheating Limit: °C

Interior Temperature: °C
 Building Type/Use:
 Treated Floor Area A_{TFA}: m²

Building Element	Temperature Zone	Area m²	U-Value W/(m²K)	Red. Factor f _{T,Summer}	H _{Summer} Heat Conducance
1. Exterior Wall - Ambien	A	118.3	0.174	1.00	20.6
2. Exterior Wall - Ground	B			1.00	
3. Roof/Ceiling - Ambien	A	107.7	0.116	1.00	12.5
4. Floor Slab	B	107.7	0.225	1.00	24.2
5.	A			1.00	
6.	A			1.00	
7.	X			0.75	
8. Windows	A	21.6	1.136	1.00	24.6
9. Exterior Door	A			1.00	
10. Exterior TB (length/m)	A			1.00	
11. Perimeter TB (length/m)	P			1.00	
12. Ground TB (length/m)	B			1.00	

Exterior Thermal Transmittance, H_{T,e}

Ground Thermal Transmittance, H_{T,g}

WK
 WK

Heat Recovery Efficiency η_{HR} Effective Air Volume V_v m² * Clear Room Height m = m³
 SHX Efficiency η_{SHX}

Summer Ventilation continuous ventilation to provide sufficient indoor air quality

Air Change Rate by Natural (Windows & Leakages) or Exhaust-Only Mechanical Ventilation, Summer: 1/h

Mechanical Ventilation Summer: 1/h with HR (check if applicable)

Energetically Effective Airchange Rate n_v + * (1 -) + = 1/h

Ventilation Transm. Ambient H_{v,e} m³ * 1/h * 0.33 = WK
 Ventilation Transm. Ground H_{v,g} m³ * 1/h * 0.33 = WK

Additional Summer Ventilation for Cooling

Temperature Amplitude Summer K

Select: Window Night Ventilation, Manual Corresponding Air Change Rate 1/h
 Mechanical, Automatically Controlled Ventilation (for window ventilation: at 1 K temperature difference indoor - outdoor)
 Minimum Acceptable Indoor Temperature °C

Orientation of the Area	Angle Factor Summer	Shading Factor Summer	Dirt	g-Value (perp. radiation)	Area m²	Portion of Glazing	Aperture m²
1. North	0.9	0.00	0.95	0.56	2.3	64%	0.0
2. East	0.9	0.00	0.95	0.56	4.5	65%	0.0
3. South	0.9	0.00	0.95	0.56	11.0	82%	0.0
4. West	0.9	0.00	0.95	0.56	3.8	63%	0.0
5. Horizontal	0.9	1.00	0.95	0.00	0.0	0%	0.0
6. Sum Opaque Areas							0.3

Solar Aperture

Total m²/m²

Internal Heat Gains Q_i

Specif. Power q_i W/m² * A_{TFA} m² = W W/m²

Frequency of Overheating h_{g ≥ g_{max}} at the overheating limit g_{max} = 25 °C
 If the "frequency over 25°C" exceeds 10%, additional measures to protect against summer heat waves are necessary.

Daily Temperature Swing due to Solar Load kWh/d * 1/k / (Wh/(m²K) * m²) = K

ПРИЛОГ 11

Прорачун потребне енергије за грејање и хлађење референтног модела,
Хипотетичког модела, спратности П+Пк

Passive House Planning SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND

Climate:	Data 20	Interior Temperature:	20.0 °C
Building:	porodичni stambeni objekat	Building Type/Use:	porodичni stambeni objekat
Location:	Beograd	Treated Floor Area A_{TFA} :	167.0 m ²

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Temp. Factor f	G _i kWh/a	per m ² Treated Floor Area
1. Exterior Wall - Ambient	A	139.0	0.159	1.00	67.3	1485
2. Exterior Wall - Ground	B			0.53		
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	146.7	0.119	1.00	67.3	1179
4. Floor Slab	B	134.5	0.226	0.53	67.3	1076
5.	A			1.00		
6.	A			1.00		
7.	X			0.75		
8. Windows	A	64.6	1.140	1.00	67.3	4955
9. Exterior Door	A			1.00		
10. Exterior TB (length/m)	A			1.00		
11. Perimeter TB (length/m)	P			0.53		
12. Ground TB (length/m)	B			0.53		
Total of All Building Envelope Areas		484.8				

Transmission Heat Losses Q_T

Total	8695	52.1
-------	------	------

Ventilation System:

Effective Air Volume, V_V m ³	167.0	Clear Room Height m	2.50	417.5		
Effective Heat Recovery Efficiency of Heat Recovery η_{eff}	0%					
Efficiency of Subsoil Heat Exchanger η_{SHX}	0%					
Energetically Effective Air Exchange n 1/h	0.300	ϕ_{HR}	0.00	$n_{V,Res}$ 1/h	0.037	0.337

Ventilation Heat Losses Q_V

V_V m ³	418	n_V 1/h	0.337	C_{Air} Wh/(m ² K)	0.33	G_i kWh/a	67.3	3121	18.7
----------------------	-----	-----------	-------	---------------------------------	------	-------------	------	------	------

Total Heat Losses Q_L

Q_T kWh/a	8695	Q_V kWh/a	3121	Reduction Factor Night/Weekend Saving	1.0	11815	70.8
-------------	------	-------------	------	---------------------------------------	-----	-------	------

Available Solar Heat Gains Q_S

Orientation of the Area	Reduction Factor See Windows Sheet	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Radiation HP kWh/(m ² a)	kWh/a	
1. North	0.35	0.56	4.23	214	177	
2. East	0.44	0.56	10.61	360	950	
3. South	0.51	0.56	39.84	534	6097	
4. West	0.44	0.56	9.97	360	888	
5. Horizontal	0.40	0.00	0.00	466	0	
Total					8113	48.6

Internal Heat Gains Q_I

Length Heat. Period Spec. Power q kWh/d	0.024	d/a	205	W/m ²	2.10	A_{TFA} m ²	167.0	kWh/a	1721	10.3
---	-------	-----	-----	------------------	------	--------------------------	-------	-------	------	------

Free Heat Q_F

$Q_S + Q_I$	9834	58.9
-------------	------	------

Ratio of Free Heat to Losses

Q_F / Q_L	0.83
-------------	------

Utilisation Factor Heat Gains η_{HG}

$(1 - (Q_F / Q_L)^2) / (1 - (Q_T / Q_L)^2)$	90%
---	-----

Heat Gains Q_G

$\eta_{HG} * Q_F$	8847	53.0
-------------------	------	------

Annual Heat Demand Q_{H1}

$Q_L - Q_G$	2968	18
-------------	------	----

Limiting Value kWh/(m²a) **15** Requirement met? **NO**

Passive House Planning

SUMMER

Climate:	Data 20	Interior Temperature:	20 °C
Building:	porodnicni stambeni objekat	Building Type/Use:	porodnicni stambeni objekat
Location:	Beograd	Treated Floor Area A _{TFA} :	138.6 m ²
Spec. Capacity:	391 Wh/K pro m ² TFA		
Overheating Limit:	25 °C		

Building Element	Temperature Zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Red. Factor f _{T,Summer}	H _{Summer} Heat Conduction
1. Exterior Wall - Ambien	A	154.2	0.160	1.00	24.7
2. Exterior Wall - Ground	B			1.00	
3. Roof/Ceiling - Ambient	A	119.9	0.120	1.00	14.4
4. Floor Slab	B	107.7	0.226	1.00	24.3
5.	A			1.00	
6.	A			1.00	
7.	X			0.75	
8. Windows	A	33.5	1.138	1.00	38.1
9. Exterior Door	A			1.00	
10. Exterior TB (length/m)	A			1.00	
11. Perimeter TB (length/m)	P			1.00	
12. Ground TB (length/m)	B			1.00	

Exterior Thermal Transmittance, H_{T,e} = 77.3 W/K
 Ground Thermal Transmittance, H_{T,g} = 24.3 W/K

Heat Recovery Efficiency η_{HR} = 0%
 SHX Efficiency η_{SHX} = 0%

Effective Air Volume V_v = A_{TFA} * Clear Room Height = 138.6 m² * 2.50 m = 347 m³

Summer Ventilation

Air Change Rate by Natural (Windows & Leakages) or Exhaust-Only Mechanical Ventilation, Summer: 0.50 1/h
 Mechanical Ventilation Summer: 1/h with HR (check if applicable)

Energetically Effective Airchange Rate n_v = $\frac{n_{L,nat}}{1h} + \frac{n_{V,system}}{1h} * (1 - \Phi_{HR}) + \frac{n_{V,Rest}}{1h} = 0.500 + 0.000 * (1 - 0.000) + 0.000 = 0.500$ 1/h

Ventilation Transm. Ambient H_{V,e} = $\frac{V_v}{m^3} * \frac{n_{V,equiv}}{1h} * C_{Air} = \frac{347}{m^3} * 0.500 * 0.33 = 57.2$ W/K
 Ventilation Transm. Ground H_{V,g} = $\frac{V_v}{m^3} * \frac{n_{V,equiv}}{1h} * C_{Air} = \frac{347}{m^3} * 0.000 * 0.33 = 0.0$ W/K

Additional Summer Ventilation for Cooling

Temperature Amplitude Summer = 0.0 K
 Select: Window Night Ventilation, Manual
 Mechanical, Automatically Controlled Ventilation
 Corresponding Air Change Rate = 0.09 1/h (for window ventilation: at 1 K temperature difference indoor - outdoor)
 Minimum Acceptable Indoor Temperature = 22.0 °C

Orientation of the Area	Angle Factor Summer	Shading Factor Summer	Dirt	g-Value (perp. radiation)	Area m ²	Portion of Glazing	Aperture m ²
1. North	0.9	0.00	0.95	0.56	4.2	63%	0.0
2. East	0.9	0.00	0.95	0.56	10.6	73%	0.0
3. South	0.9	0.00	0.95	0.56	14.8	77%	0.0
4. West	0.9	0.00	0.95	0.56	3.8	63%	0.0
5. Horizontal	0.9	1.00	0.95	0.00	0.0	0%	0.0
6. Sum Opaque Areas							0.4

Solar Aperture Total = 0.4 m² = 0.00 m²/m²

Internal Heat Gains Q_i = Specif. Power q_i * A_{TFA} = 2.10 W/m² * 139 m² = 291 W = 2.1 W/m²

Frequency of Overheating h_{3 ≥ 9max} = 0.0% at the overheating limit 9_{max} = 25 °C
 If the "frequency over 25°C" exceeds 10%, additional measures to protect against summer heat waves are necessary.

Daily Temperature Swing due to Solar Load = $\frac{\text{Solar Load kWh/d}}{1k} / (\frac{\text{Spec. Capacity Wh/(m}^2\text{K)}}{139}) = \frac{2.4}{1000} / (\frac{391}{139}) = 0.0$ K

БИОГРАФИЈА ДОКТОРАНТА

мр Оливера Илић Мартиновић, дипл. инж. арх.

Биро за пројектовање и извођење радова *Студио А*

Младеновац

Лични подаци:

Име и презиме: Оливера Илић Мартиновић
Адреса становања: Јанка Катића 38, 11400 Младеновац
Контакт телефон: 064 296 05 95
Е-mail: olivera_i@yahoo.com
Држављанство: РС
Датум рођења: 17. 03. 1976.
Место рођења: Београд

Образовање и усавршавање:

Високо образовање:

Последипломске студије: Магистарске студије на Архитектонском факултету

Универзитета у Београду

Смер: Архитектонско - урбанистичко пројектовање

Звање: Академски назив магистар техничких наука

Датум одбране магистарске тезе: 04. 10. 2010.

Високо образовање:

Завршени факултет: Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Звање: Дипломирани инжењер архитектуре

Датум дипломирања: 26. 09. 2003.

Средње образовање: Завршена средња школа: Гимназија, Младеновац

Смер: Друштвено - језички

Поседује лиценце одговорног пројектанта (300), одговорног извођача радова (400) и одговорног инжењера енергетске ефикасности (381)

Професионално искуство:

Радно искуство: 13 година

2005 - до данас

Послодавац: Биро за пројектовање и извођење радова *Студио А*
ул. Црквена 39, Младеновац

Радно место: Власник бироа и одговорни пројектант

Послови:

- Организација програма и плана рада у области пројектовања и извођења грађевинских радова
- Вођење финансијске документације
- Израда пројеката породичних стамбених, вишепородичних стамбено - пословних, пословних објеката и објеката специфичних намена
- Надзор грађевинских радова
- Извођење грађевинских радова објеката специфичних намена, адаптације и реконструкције пословних простора

Период 2008.

Послодавац: Скупштина општине Младеновац

Радно место: Члан комисије за планове

Послови: Стручна контрола планских докумената

2003 - 2005.

Послодавац: Самостална грађевинска радња *Инжењеринг*
ул. Живка Јовановића бр. 3, Кораћица

Радно место: Пројектант

Послови:

- Израда техничке документације породичних стамбених и вишепородичних стамбено - пословних објеката

Списак стручних и научних радова:

Радови објављени у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

M24:

- Olivera Ilic Martinovic (2016) „Research on the potential of traditional and contemporary family houses with the aim to create a low-energy house“, Journal: Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering Vol. 14, N°1/2016, ISSN 0354-4605

Конференције:

M33

- Илић Мартиновић, О., Милетић, М. (2013) *Perception of the role and placement of the materials within space formation in contemporary architecture*, 6th International Scientific Conference Contemporary Materials 2013, Symposium A: Science of matter, condensed matter and physics of solid states, Banja Luka, 4-6. July 2013. Department of Natural and Mathematical Studies of the Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska. pp. 101 ISBN 978-99938-21-45-8.
<http://www.savremenimaterijali.info/index.php?idsek=164&savremenimaterijali=Ucesnici/i/program/rada/>
- Милетић, М., Илић Мартиновић, О., (2013). Sustainable and multi-purpose materials within the thermal envelope of the building contemporary materials usage aimed at improving the energy efficiency of the structures, 6th International Scientific Conference Contemporary Materials 2013, Symposium A: Science of matter, condensed matter

and physics of solid states, Banja Luka, 4-6. July 2013. Department of Natural and Mathematical Studies of the Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska. pp. 100 ISBN 978-99938-21-45-8.

<http://www.savremenimaterijali.info/index.php?idsek=164&savremenimaterijali=Ucesnici/i/program/rada/>

- Илић Мартиновић, О. Милетић, М., (2014) Sustainability, identity and role of traditional materials, Proceedings of the 1st International Academic Conference on Places and Technologies, "Places and Technologies 2014", editors: Vaništa Lazarević, E., Krstić-Furundžić, A., Djukić, A., Vukmirović, M., Faculty of Architecture, University of Belgrade, Belgrade, 3-4 април 2014, pp. 441-447 (ISBN 978-86-7924-114-6, COBISS.SR-ID 206380812).

Радови објављени у часописима од националног значаја:

M51

- мр Илић Мартиновић, Оливера. (2013) Прилог проучавању традиционалне профане архитектуре космајских насеља, часопис Изградња 67, Податак о издавачу, 2013., бр. 03-04 март-април, стр. 146-158,UDK728.3/.6(497.11); 72:398(497.11) ISSN0350-5421

Магистарски рад:

M72

- Веза традиционалних материјала и конструкција са савременим концептима материјализације стамбених објеката на примеру космајских насеља, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2010.

Изјава о ауторству

Потписани-а
Оливера Илић Мартиновић
број индекса 2003/21

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:
Транспоновање традиционалних архитектонских елемената у објекте индивидуалног становања са аспекта 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 докторанта

У Београду, 08.08.2016. године



Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора:

Оливера Илић Мартиновић

Број индекса: 2003/21

Студијски програм:

Архитектонско-урбанистичко пројектовање

Наслов рада:

Транспоновање традиционалних архитектонских елемената у објекте индивидуалног становања са аспекта енергетске ефикасности

Ментор:

Александра Крстић-Фурунџић

Потписани/а Оливера Илић Мартиновић

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 докторанта

У Београду, 08.08.2016. године



Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Транспоновање традиционалних архитектонских елемената у објекте индивидуалног становања са аспекта 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

Потпис докторанта

У Београду, 08.08.2016. године