

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Гјорги А. Димков

**РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛИ БОНДРУЧНИХ
И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ ОБЈЕКТА ЗА
СКОПСКУ ОБЛАСТ**

докторска дисертација

Београд, 2020.

UNIVERZITET U BEOGRADU

ARHITEKTONSKI FAKULTET

Gjorgji A. Dimkov

**REFERENTNI MODELI BONDROČNIH I
LAKIH MONTAŽNIH OBJEKATA ZA
SKOPSKU OBLAST**

doktorska disertacija

Beograd, 2020.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Gjorgji A. Dimkov

**REFERENCE MODELS FOR THE
BONDRUCK AND LIGHT-WEIGHT
ASSEMBLAGE BUILDINGS IN
SKOPJE'S AREA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020.

МЕНТОР:

- Др Александра Крстић - Фурунџић, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

- Др Јелена Ивановић Шекуларац, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду, председник Комисије

- Др Александра Крстић - Фурунџић, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

- Др Тамара Теофиловска Бојациева, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета „Менаџмент и инжењерске технологије“ у Скопљу

ДАТУМ ОДБРАНЕ: _____

ПОСВЕЋЕНО
МОЈОЈ БОГОРОДИЦИ

Гјорѓи А. Димков

РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛИ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ ОБЈЕКТА ЗА СКОПСКУ ОБЛАСТ

(А П С Т Р А К Т)

Неколико деценија уназад, грађевинарство карактерише висок технолошки развој. Јавни објекти грађени су од стакла и челика, то јест од материјала који представљају резултат савремене технологије, типичне за ово време. Стамбени објекти су и даље грађени од бетона и опекарских производа, применом скоро истих техника као 70-тих година 20-ог века. Поставља се питање да ли ће бити могуће да дрво има већу примену у савременом грађевинарству у градњи стамбених објеката? Данас се ова сировина употребљава мање или више декоративно у архитектури.

Главни аргументи у напорима да се повећа позитивна слика о дрвеним производима су да је дрво еколошко, здраво, социјално прихватљиво, као и стилско, лепо и јединствено. Производња нових кућа базирана употребом дрвета може бити успешна једино ако су укупни трошкови конкурентни наспрот градњи другим материјалима.

Дрво је постало популаран материјал и за куће и за ентеријере друштвених објеката. Све анкете показују да људи радо прижељкују коришћење дрвета у њиховом окружењу.

Инвеститори веома често повезују појам „индустријске“ производње - са појмом лошег квалитета. Истина треба бити апсолутно супротна: производња елемената од дрвета и целих кућа у систему индустријске градње, мора произвести бољи квалитет наспрот грађењу на лицу места на градилишту.

У оквиру истраживања је урађена компаративна анализа искустава у изградњи и експлоатацији бондручних и префабрикованих лаких монтажних објеката на бази примера из Скопске области, у намери да се покажу предности изградње овог типа објеката у односу на објекте изграђене класичним начином градње, како са техничко-технолошког, тако и са енергетског аспекта. Главни

циљ истраживања је дефинисање референтног модела за вредновање бондручних и лаких монтажних објеката, обухватајући неколико параметара (перформанси): спољашњи изглед (финална обрада), топлотна и звучна изолација, отпорност на пожар, економичност, конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења), везивна средства и повезивање елемената, флексибилност и уштеда енергије.

Упоредном анализом одређених система за изградњу бондручних и лаких монтажних објеката ствара се могућност за истраживање нових форми и креативних иновацијских концепата конструктивних система и архитектуре породичне куће. Анализирањем система на овај начин, препознаће се и утврдити вредности и предности ових система, чиме се могу истински реafirмисати традиционалне архитектонске форме развијањем једне савремене варијанте, како по питању примењених материјала, тако и по питању нивоа материјализације и обраде.

Истраживање је спроведено следећим опитим, посебним методама и специфичним методским поступцима и техникама: историјски метод, компаративни метод, анализа, синтеза, студија случаја, интервју.

Кључне речи: референтни модел, бондручне, монтажне, конструктивни систем, процес изградње, спољашњи изглед, топлотна и звучна изолација, отпорност на пожар, економичност, везивна средства и повезивања, флексибилност, уштеда енергије.

Научна област: Архитектура и урбанизам.

Ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда.

УДК број: 624.011.1(497.17 Skoplje)(043.3)

Gjorgji A. Dimkov

REFERENCE MODELS FOR THE BONDRUCK AND LIGHT-WEIGHT ASSEMBLAGE BUILDINGS IN SKOPJE'S AREA

(A B S T R A C T)

During the past few decades, construction has been characterized by high technological development. Public buildings are built of glass and steel, that is, of materials that are the result of modern technology, typical in this day and age. Residential buildings are still built of concrete and brick products, using mostly the same techniques as in the 1970's.

The question is whether it will be possible to have a greater application of wood in modern construction of residential buildings? At present, this resource is being used more or less decoratively in architecture.

The main arguments in the efforts to increase the positive image of wooden products are that wood is ecological, healthy, socially acceptable, as well as stylish, beautiful and unique. The production of new houses based on the use of wood can be successful only if the total costs are competitive against the construction of other materials.

Wood has become an increasingly popular material for houses and the interiors of public buildings. All surveys indicate that people appreciate wood in their living surroundings.

Investors often associate the concept of "industrial" production - with the concept of poor quality. The truth should be absolutely the opposite: the production of wooden elements and whole houses in the system of industrial construction must produce better quality as opposed to on-site construction.

The research is based on the comparative analysis of the experiences in building process and exploitation of bondruck and prefabricated assemblage buildings, by the examples in Skopje's area; with attempt to demonstrate the advantages of this type of buildings in relation with the classical buildings - both from the technical-technological and from the energy savings aspect.

The primary goal of this research is to form a model for valuation the bondruck and light-weight assemblage systems, including several parameters

(performances): appearance (finishes), thermo and sound insulation, fire resistance, economics, structural system and construction process (technology of building), joints and connections, flexibility and energy savings.

During the valuation and comparison of the determinate systems according to already defined model, there has been opened a possibility to research new forms and creative innovative concepts for the structural systems and the single family house architecture.

By analyzing the systems with this method, the values and the advantages of the bondruck and light-weight assemblage systems are recognized, and there is possibility for a truly re-affirmation of the traditional architectural form with a development of a contemporary variant, relative to applied materials and to level of the materialization and the finishes.

The research is realized by the general, particular methods and specific procedures and techniques: analysis, comparison, synthesis, individual terrain researches and measuring, case study, interview.

Key words: *reference model, valuation, bondruck, assemblage, structural system, construction process, appearance, thermo and sound insulation, fire resistance, economics, joints and connections, flexibility, energy savings.*

Scientific area: *Architecture and Urbanism.*

Specific research field: *Architectural constructions, materials and building physics.*

UDC: *624.011.1(497.17 Skoplje)(043.3)*

САДРЖАЈ

АПСТРАКТ СА КЉУЧНИМ РЕЧИМА НА СРПСКОМ ЈЕЗИКУ

АПСТРАКТ СА КЉУЧНИМ РЕЧИМА НА ЕНГЛЕСКОМ ЈЕЗИКУ

САДРЖАЈ РАДА

СПИСАК СЛИКА И ТАБЕЛА

ПРЕДГОВОР

1. УВОД	1
1.1. Проблем и предмет истраживања	7
1.2. Научни циљеви и задаци истраживања	8
1.3. Основне научне хипотезе.....	9
1.4. Научне методе истраживања	11
1.5. Научна оправданост истраживања, очекивани резултати и њихова практична примена	12
1.6. Критички осврт досадашњих истраживања	14
1.7. Структура рада	17
2. УСВАЈАЊЕ КРИТЕРИЈУМА ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА ЗА ИНДИВИДУАЛНЕ СТАМБЕНЕ ОБЈЕКТЕ	19
2.1. Критеријуми техничког аспекта	19
2.1.1. Конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)	19
2.1.2. Спољашњи изглед (финална обрада)	25
2.1.3. Топлотна и звучна изолација	27
2.1.4. Отпорност на пожар	30
2.1.5. Економичност	32
2.1.6. Везивна средства и повезивање елемената	32

2.1.7. Флексибилност.....	35
2.2. Критеријуми везани за енергетски аспект	37
2.2.1. Уштеда енергије.....	37
2.3. Модел за вредновање бондручних и лаких монтажних система	38
3. АНАЛИЗА И ВРЕДНОВАЊЕ ПРИМЕРА СИСТЕМА ИЗ СКОПСКЕ ОБЛАСТИ	42
3.1. Анализа и вредновање традиционалне градске бондручне куће у Скопској области у периоду 19-ог и раног 20-ог века	42
3.1.1. Анализа и вредновање са техничког и технолошког аспекта	45
3.1.1.1. Конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења) ...	45
3.1.1.2. Спољашњи изглед (финална обрада)	49
3.1.1.3. Топлотна и звучна изолација	51
3.1.1.4. Отпорност на пожар	51
3.1.1.5. Економичност	52
3.1.1.6. Везивна средства и повезивање елемената	52
3.1.1.7. Флексибилност	53
3.1.2. Анализа и вредновање са енергетског аспекта	53
3.1.2.1. Уштеда енергије	53
3.2. Анализа и вредновање система „Треска“ – Скопље	54
3.2.1. Анализа и вредновање са техничког и технолошког аспекта	57
3.2.1.1. Конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења) ...	57
3.2.1.2. Спољашњи изглед (финална обрада)	60
3.2.1.3. Топлотна и звучна изолација	62
3.2.1.4. Отпорност на пожар	63
3.2.1.5. Економичност	64
3.2.1.6. Везивна средства и повезивање елемената	65
3.2.1.7. Флексибилност	66

3.2.2. Анализа и вредновање са енергетског аспекта	68
3.2.2.1. Уштеда енергије	68
3.3. Кратак преглед карактеристика система	69
4. КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ТРАДИЦИОНАЛНЕ БОНДРУЧНЕ КУЋЕ И „ТРЕСКА“ СИСТЕМА ЗА ЈЕДНОПОРОДИЧНЕ СТАМБЕНЕ ОБЈЕКТЕ У СКОПСКОЈ ОБЛАСТИ	72
4.1. Компаративна анализа примера са техничког и технолошког аспекта	73
4.2. Компаративна анализа примера са енергетског аспекта	78
4.3. Дефинисање недостатака и предности	78
4.4. Разматрање резултата и формирање параметара за дефинисањем референтног модела	88
5. ДЕФИНИСАЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ РЕФЕРЕНТНОГ МОДЕЛА И ФОРМИРАЊЕ ПРОЈЕКТАНТСКИХ ПРЕПОРУКА	90
5.1. Дефинисање референтног модела бондручног и лаког монтажног система за једнопородичне стамбене објекте у Скопској области	90
5.2. Анализа и вредновање перформанси референтног модела бондручног система	90
5.2.1. Анализа и вредновање техничких и технолошких перформанси референтног модела бондручног система	94
5.2.2. Анализа и вредновање енергетских перформанси референтног модела бондручног система	96
5.3. Анализа и вредновање перформанси референтног модела лаког монтажног система	98
5.3.1. Анализа и вредновање техничких и технолошких перформанси референтног модела лаког монтажног система	105
5.3.2. Анализа и вредновање енергетских перформанси референтног модела лаког монтажног система	110
5.4. Анализа и вредновање перформанси објекта изведеног на класичан начин	111
5.4.1. Анализа и вредновање техничких и технолошких перформанси објекта изведеног на класичан начин	116

5.4.2. Анализа и вредновање енергетских перформанси објекта изведеног на класичан начин	118
5.5. Компаративна анализа референтног модела бондручног и лаког монтажног објекта и објекта изведеног на класичан начин	118
5.6. Дискусија резултата и формирање препорука	122
6. ЗАКЉУЧАК	128
6.1. Основни закључци	128
6.2. Правци даљег истраживања	134
БИБЛИОГРАФИЈА	136
ПРИЛОЗИ	143
Прилог 1. Енергетски пасош референтне куће Т1 у насељу Бардовци	143
Прилог 2. Енергетски пасош референтне куће Т2 у насељу Радишани	144
Прилог 3. Енергетски пасош куће Т3 у насељу Козле	145
БИОГРАФИЈА АУТОРА	146
ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ	150
ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА	151
ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ	152

СПИСАК СЛИКА

Слика 1. 48 дрвених стубова носе кров дрвене цамије у Беифлехиру, Турска (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	4
Слика 2. Пример дрвене вишеспратне куће у Истамбулу (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	4
Слика 3. Вишеспратна дрвена кућа у старом делу Истанбула стара око 300 година (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	4
Слика 4. У Северној Америци, стил бондручних конструкција је стандардни метод за вишеспратне стамбене и комерцијалне објекте, чак и у густо насељеним центрима великих градова (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	5
Слика 5. Највећа дрвена црква у свету се налази у Керимакиу, Финска. Завршена је 1847. године и поседује 3.000 места за посетиоце (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	6
Слика 6. Унутрашњи изглед цркве у Керимакиу, Финска (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	6
Слика 7. Изглед класичне брвнаре (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	19
Слика 8. Класична двоспратна полу-балванска конструкција (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	21
Слика 9. Модерна скелетна дрвена конструкција са двоспратним стубовима и међуспратним гредама (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>).....	21
Слика 10. Дрвена бондручна конструкција са једноспратним стубовима (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	22
Слика 11. Бондручна конструкција са двоспратним стубовима и међуспратним гредама (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	22
Слика 12. Панелна дрвена конструкција (<i>The World of Timber Architecture, 2006</i>)	22
Слика 13. Изградња хотела Кроне у Ворарлбергу (Аустрија) системом модуларних ћелија (<i>Architektur, 1999</i>).....	24
Слика 14. Градска кућа у Скопљу, изграђена 1836. године и још увек у функцији (национални ресторан) (извор: <i>мр Гјоргеји Димков</i>)	43

Слика 15. и Слика 16. Затворени тип градске куће, Скопље, 19-ти век. Бондрук систем је примењен на првом спрату. Приземље је зидано каменом. (<i>Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014</i>).....	44
Слика 17. и Слика 18. Градске куће са тремом-чардаком, Скопље крајем 19-ог века (<i>Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014</i>)	44
Слика 19. Стара кућа у селу Кучково (<i>Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014</i>)	45
Слика 20. Детаљ решења еркера са косницима (<i>Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014</i>)	46
Слика 21. Трговачки центар у насељу Скопље-Север (<i>извор: мр Гјорѓи Димков</i>)	56
Слика 22. Детаљ типског панела (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	57
Слика 23. Детаљ спољашњег панела финалном облогом од равног салонита (етернитом) (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	60
Слика 24. Детаљ спољашњег панела са малтером као финалном облогом (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	60
Слика 25. Детаљ спољашњег панела са фасадном опеком као финалном облогом (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	60
Слика 26. Аксонометријски приказ панелног система са уским панелима (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	61
Слика 27. Детаљ повезивања кровне решетке са фасадним панелом изведеног системом „Треска“ - Скопље (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	66
Слика 28. Приземни објекти изведени системом „Треска“ где је примењен унутрашњи варијабилитет диспозиције стана (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	67
Слика 29. Једносратни објекти изведени системом „Треска“ где је примењен спољашњи варијабилитет диспозиције стана (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	68
Слика 30. Еркер формиран постепеним избацивањем греда са међуспратне конструкције подупрте косницима: традиционални бондручни систем (слика а.), савремена варијанта (слика б.) (<i>извор: мр Гјорѓи Димков</i>)	82

Слика 31. Деталъ ерекера формираног малим избацивањем профилисаних чела греда са међуспратне конструкције: традиционални бондручни систем (слика а.), савремена варијанта (слика б.) (извор: <i>мр Гјорѓи Димков</i>)	83
Слика 32. Савремена варијанта традиционалног бондручног система. Деталъ конзолно избаченог бондручног зида код објекта са сутереном или приземљем (извор: <i>мр Гјорѓи Димков</i>).....	84
Слика 33. Основа приземља савремене варијанте традиционалног бондручног система (према примеру старе куће у селу Кучково) (извор: <i>мр Гјорѓи Димков</i>)	85
Слика 34. Основа спрата савремене варијанте традиционалног бондручног система (према примеру старе куће у селу Кучково) (извор: <i>мр Гјорѓи Димков</i>)	86
Слика 35. Детаљи спојева фасадних зидова савремене варијанте традиционалног бондручног система (према примеру старе куће у селу Кучково) а. Деталъ „сендвич“ зида са завршном фасадном облогом од камена. б. Деталъ фасадног зида изведеног бондручним системом (извор: <i>мр Гјорѓи Димков</i>)	87
Слика 36. Фотографија референтне стамбене куће у стамбеном насељу Бардовци (извор: <i>ГЕО-ИНГ</i>)	91
Слика 37. Референтна кућа Т1: а. основа подрума, б. основа приземља (извор: <i>ГЕО-ИНГ</i>)	91
Слика 38. Спољашњи изглед референтне куће са улазне стране (извор: <i>ГЕО-ИНГ</i>)	92
Слика 39. Спољашњи изглед референтне куће са бочне стране (извор: <i>ГЕО-ИНГ</i>)	92
Слика 40. Вертикални пресек са означеним елементима конструкције (извор: <i>ГЕО-ИНГ</i>)	92
Слика 41. Фотографија референтне стамбене куће у стамбеном насељу Радишани (извор: <i>мр Гјорѓи Димков</i>).....	101
Слика 42. Референтна кућа Т2: а. Основа приземља. б. Основа 1. спрата (Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)	102
Слика 43. Спољашњи изглед референтне куће Т2 са улазне стране (Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)	103
Слика 44. Спољашњи изглед референтне куће Т2 са задне стране (Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)	103

Слика 45. Вертикални пресек са означеним елементима структуре (<i>Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)</i>)	103
Слика 46. Детаљ типског панела и спајања са челичним скелетом (<i>Practicum III, 2006, стр. 52</i>)	106
Слика 47. Фотографија куће Т3 у стамбеном насељу Козле (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	111
Слика 48. Основа приземља куће Т3 (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	112
Слика 49. Основа 1. спрата куће Т3 (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	112
Слика 50. Основа поткровља куће Т3 (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	113
Слика 51. Вертикални пресек са означеним елементима структуре (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	113
Слика 52. Спољашњи изглед референтне куће Т3 са улазне стране (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	114
Слика 53. Спољашњи изглед куће Т3 са бочне стране (<i>извор: др Димитар Папастеревски</i>)	114

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Приказ Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система	40
Табела 2. Приказ Модела за вредновање традиционалне бондручне куће у селу Кучково	70
Табела 3. Приказ Модела за вредновање панелног система „Треска“ – Скопље...71	
Табела 4. Компарација на основу параметра „конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)“	73
Табела 5. Компарација на основу параметра „спољашни изглед (финална обрада)“	74
Табела 6. Компарација на основу параметра „топлотна и звучна изолација“	74
Табела 7. Компарација на основу параметра „отпорност на пожар“	75

Табела 8. Компарација на основу параметра „економичност“	76
Табела 9. Компарација на основу параметра „везивна средства и повезивања елемената“	77
Табела 10. Компарација на основу параметра „флексибилност“	78
Табела 11. Компарација на основу параметра „уштеда енергије“	78
Табела 12. Компарација освојених поена за све параметре Модела за вредновање	88
Табела 13. Преглед примењених елемената склопа референтне куће Т1 у стамбеном насељу Бардовци	93
Табела 14. Преглед карактеристика типичних једнопородичних стамбених кућа у Скопској области, изведених лаким монтажним системом	99
Табела 15. Преглед примењених елемената склопа референтне куће Т2 у стамбеном насељу Радишани	104
Табела 16. Преглед примењених елемената склопа куће Т3 у насељу Козле	115
Табела 17. Приказ Модела за вредновање референтне куће Т1 у насељу Бардовци	119
Табела 18. Приказ Модела за вредновање референтне куће Т2 у насељу Радишани	120
Табела 19. Главне предности и потребе префабрикованог начина градње објеката	123

ПРЕДГОВОР

Бондручни и системи градње лаких монтажних објеката представљају значајно подручје у архитектури за које данас на Балкану постоји мали интерес.

Примена квалитетних грађевинских материјала је суштинска, што се тиче изградње, развој грађевинарства је заснован на остварењу квалитетног животног простора, и потребно је узети у обзир све утицаје грађевинских производа на здравље човека и животну средину.

Префабрикована градња омогућава краће време трајања градње и због тога и мању вредност инвестиција. Поред тога, повољне енергетске перформансе ових система градње помажу значајном смањењу потрошње енергије.

„Карактеристика бондручних система као и система градње лаких монтажних објеката су безбедност, дуготрајност и добре перформансе у погледу отпорности на пожар, што их чини компаративним са конструкцијама изграђеним конвенционалним грађевинским материјалима. Одређени системи обезбеђују добру стабилност у трусним подручјима за време трајања потреса.“¹

Истраживање у оквиру докторске дисертације представља наставак истраживања које је кандидат урадио у оквиру свог магистарског рада. Један од закључака магистарског рада је да у условима када не постоје потребе за брзом и масовном градњом вишепородичних стамбених објеката (као што је то било због масовних разарања након Другог светског рата или након катастрофалног земљотреса у Скопљу 1963. године), будућност индустријализованог префабрикованог начина изградње стамбених објеката у Скопској области базираће се на изградњи индивидуалних стамбених објеката по систему „лаке“ префабрикације, као алтернатива класичног начина изградње који је широко распрострањен и присутан у менталитету домаћих инвеститора и становништва.

Ово још више долази до изражаја због чињенице да индустријализовани префабриковани начин изградње обезбеђује повећање продуктивности, ефикасност изградње и остваривање економичности, а припадност „отвореном“

¹ *The World of Timber Architecture - Challenges - Advantages - Solutions*. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 3

систему грађења предпоставља масовну, специјализовану и уравнотежену индустријску производњу свих грађевинских елемената и подсистема.

Иако серијски произведени, исти грађевински елементи у различитим комбинацијама могу дати различите структуре, облике и естетске ефекте. „Отворени“ системи омогућавају унутрашњи варијабилитет и производњу компонената за шире тржиште. Распоред просторија, њихово повезивање и опрема, су у искључивој надлежности самог корисника, који самим тим, структуру стана подређује структури своје породице и њиховим потребама, па креирајући овим начином свој животни простор са правом се може рећи да човек креира свој „дом“.

Овим приликом бих хтео да изразим и захвалност мом ментору проф. др. Александри Крстић-Фурунцић, за њену сарадњу око дефинисања основних елемената докторске дисертације: наслова, образложење теме и садржаја пријаве (елабората) упућене Већу последипломских студија и Наставно-научном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду, с циљем одобрења теме; за сугестије и разрешења дилема која су произашла током израде докторске дисертације. Такође бих хтео да изразим захвалност проф. др. Јелени Ивановић Шекуларец за свој напоран рад током прегледа дисертације и допринос њеном значајном побољшању.

На крају, велика захвалност и члановима моје фамилије, чије разумевање и неизмерна подршка су ме подстицали током реализације задатка који сам поставио себи.

1. УВОД

Дрво је једноставан, традиционални грађевински материјал који је био занемарен деценијама, сада је на путу да постане „high-tech“ грађевински материјал будућности. Неколико година су научници тражили нове начине употребе дрвета као грађевинског префабрикованог материјала, свесни чињенице да техничке иновације могу створити неопходне услове за еколошке реформе у грађевинској индустрији.

Из разлога што људи сада живе дуже, и они који граде дрветом размишљају о условима које дрво може остварити на дужи временски период, а уведене иновације морају бити високо квалитетне.

Предности дрвених конструкција

У многим регионима света, изградња дрветом има традицију стару стотину, чак и хиљаду година, када је богатство и близина шума чинило овај материјал лако доступним. У току индустријализације у 19-ом веку, у многим крајевима света овај традиционални материјал је био замењен другим материјалима.

У ближој прошлости, дрво је још једном постало важно, захваљујући савременим истраживањима која су дала научне основе о његовим некад интуитивно схваћеним предностима. Таква истраживања укључују испитивања способности раста дрвета и његове микроскопске структуре, као и примену овог знања у употреби дрвених конструктивних делова и система.

„У неким земљама развој се поклопио са растом еколошке свести и повећана је осетљивост за здрав живот. Наука је признала значај дрвета у односу на атмосферу, као једно складиште угљен диоксида чиме је потенцирана еколошка важност употребе дрвета уопште. Ова позитивна сазнања су резултовала повећаном употребом дрвета за изградњу.

Истовремено, технологија у дрвној индустрији развијала се и даље. Широка лепеза нових дрвених грађевинских материјала, везивних средстава и конструктивних система, помогли су да изградња дрветом унапреди.“²

² *The World of Timber Architecture - Challenges - Advantages - Solutions*. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 6

Дрво - „high-tech“ грађевински материјал

Данас се од дрвета прерадом добија велики број различитих дрвних производа и грађевинских материјала. Сушење у пећи је један од најбитнијих фактора што се тиче добијање квалитета. Дрвени производи су класификовани у односу на чврстоћу и могу бити произведени скоро у свакој димензији.

Пропорционално сопственој тежини, дрво има одлична својства чврстоће. Његова мала тежина омогућава конструктивна решења под условима која није могуће реализовати другим материјалима. Такође, његова мала тежина у односу на друге конструктивне грађевинске материјале, као што је на пример бетон, омогућава да димензије темеља буду тиме смањене и због тога, конструкције могу бити решаване једноставно без конструктивних или техничких компликација.

„Одређене дрвене конструкције могу да савладају распоне и веће од 100м. Има разних примера таквих структура у Европи, Америци, Јапану итд. Пројектовање савремених дрвених конструкција одвија се компјутерски.“³

Дрво - материјал за сва чула

Током више стотина година, искуство је показало да је дрво здрав материјал за становање. Дрво је широко распрострањено, хигроскопно, и пречишћава ваздух - његова способност да регулише влажност има позитивне ефекте стварања услова комфора у једној просторији.

„Одлична изолациона способност дрвених конструкција у комбинацији са одговарајућим изолационим материјалима, његова површинска топлота, способност апсорпције звука, немање електростатског пражњења и ниски ниво електричне проводљивости, креирају пријатну атмосферу. Дрвене конструкције штите против одређених врста електромагнетних таласа који могу негативно утицати на људско здравље.

Дрво је материјал за сва чула: присуство етарских уља изазива пријатан мирис, има естетске вредности, има атрактивну боју и добре акустичке карактеристике - дрво има позитиван ефекат и на тело и на психу. Научници су

³ *The World of Timber Architecture* - Challenges - Advantages - Solutions. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 8

доказали да бактерије опстају много дуже на вештачким материјалима, него на дрвету.“⁴

Интернационална култура изградње дрветом

Модерни бондручни системи узимају у обзир и искуства традиционалне архитектуре. Ниједан други материјал није пратио човечанство од самог настанка до данас.

Почевши од бронзаног доба, екстензивни шумски региони повезани Средоземним морем били су изложени сечи из више разлога: за изградњу кућа, храмова и мостова, за загревање, за изградњу комерцијалних и ратних бродова, за производњу оружја и изградњу тврђава. Пре 3.000 година Јужна Шпанија је била, као пример, главни извозник скуповених метала и руде у Медитеранском региону, и, за топлеење ових метала, биле су неопходне велике количине дрвета.

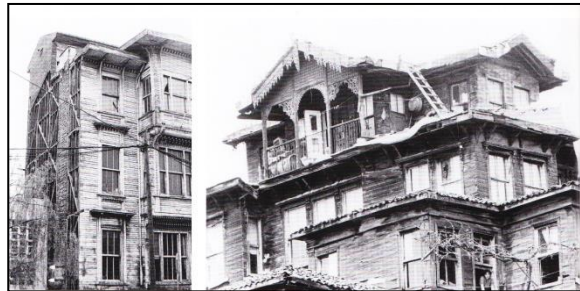
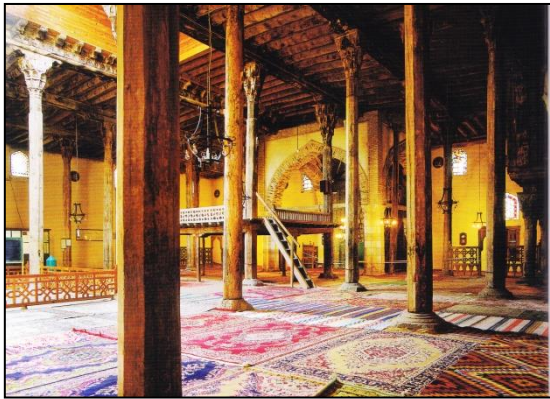
Камен, ћерамида и дрво су били грађевински материјали који су се примењивали још у античком периоду. Ово је био случај и у конструкцијама у старом Египту, у античкој Грчкој и у Малој Азији. У Троји су биле примењене скелетне конструкције од дрвета са сушеном опеком као материјалом за зидну испуну. У објектима Микене, дрво је било комбиновано са каменом. Колоне стубова су биле већином израђене од дрвета ослоњене на каменим темељима, мада су током времена исте биле замењене каменим. Плафони и кровови су били израђени од дрвета скоро у свим случајевима.

Област између Месопотамије и Индијског подконтинента карактерише градња у комбинацији камена, опеке, ћерамиде и дрвета, мада су репрезентативне конструкције у ранијим градовима биле првенствено урађене од камена. Куће припадника средње класе биле су израђене од дрвета. Изградња објеката са касније развијала под утицајем културе Месопотамије и Сирије.

Као резултат ширеења Турске на Балкану, налазимо остатке вишеспратних градских кућа израђених од дрвета, често грађених веома близу или спојене једна уз другу, подигнуте између 16-ог и 19-ог века. Чак су и џамије биле израђене од дрвета (слике 1., 2. и 3.). У региону источног Медитерана где су шуме биле веома

⁴ *The World of Timber Architecture* - Challenges - Advantages - Solutions. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 8

ретке, дрво је било коришћено пре много векова с циљем веће отпорности кућа на честе земљотресе.



Слика 2. Слика 3.

Слика 1.

Слика 1. 48 дрвених стубова носе кров дрвене цамије у Беифлехиру, Турска

Слика 2. Пример дрвене вишеспратне куће у Истанбулу

Слика 3. Вишеспратна дрвена кућа у старом делу Истанбула стара око 300 година
(*The World of Timber Architecture, 2006*)

Бондручне конструкције – традиција која се наставља

У САД и Канади, ако искључимо облакодере, велики проценат свих нових објеката је изграђен од дрвета, укључујући и седмоспратне градске пословне објекте (слика 4.). Фасаде ових објеката су уобичајено декорисане да изгледају као да су од камена или бетона. Пожарна безбедност је обезбеђена системима за заштиту од пожара и системима за гашење пожара (шпринклерска мрежа), алармним уређајима и степеништима за евакуацију.



Слика 4. У Северној Америци, стил бондручних конструкција је стандардни метод за вишеспратне стамбене и комерцијалне објекте, чак и у густо насељеним центрима великих градова
(*The World of Timber Architecture*, 2006)

Бондручни систем има своје предности у вези сеизмичке отпорности. Постоје и регулативе у одређеним сеизмичким зонама које дефинишу искључиво употребу бондручних конструкција. Мада су нека домородачка америчка племена имала дугу традицију грађења у дрвету, са доласком Европљана у Америку конструктивни систем градње у дрвеном бондручном и скелетном систему почиње да се развија. „Модерни архитектонски развој је почео са Валтером Гропиусом, Конрадом Вашсманом, Френк Лојд Рајтом, Рудолфом Шиндлером, и касније Чарлсом Муром и архитектама из његове компаније, укључујући Турнбула, Грифина и Хеслупа.“⁵ Модерну архитектуру у дрвету карактерише једноставност конструкције, детаља и дизајна.

У релативно хладним регионима у које спадају Скандинавија и већи део Русије, природа је снажно утицала на начин становања. У Скандинавији, изградња дрветом има непрекинуту традицију као део њеног обележја. Током историје су биле примећене конструкције од облица – балвана подигнуте у време Викинга,

⁵ *The World of Timber Architecture* - Challenges - Advantages - Solutions. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 22

дрвене цркве (слике 5. и 6.), чак и цели градови израђени од дрвета. Примена дрвета данас, на северу Скандинавије, представља део свакодневног живота и проналази нови израз у архитектури која је успоставила место између повратка природи и „high-tech“ модерне. Ову дијалектику можемо видети не само у породичним кућама, него и у већим пројектима јавног карактера као што су аеродроми, олимпијски стадиони, парламенти, концертне дворане, спортски објекти, као и резиденцијална вишеспратна бондручна насеља.



Слика 5. Највећа дрвена црква у свету налази се у Керимакиу, Финска. Завршена је 1847. год и посеђује 3000 места за посетиоце

(The World of Timber Architecture, 2006)



Слика 6. Унутрашњи изглед цркве у Керимакиу, Финска

(The World of Timber Architecture, 2006)

1.1. Проблем и предмет истраживања

Могу се издвојити следећи разлози који у актуелном моменту налажу потребу да интерес архитеката буде усмерен ка изградњи дрвених монтажних кућа:

1. Истраживањем нових форми и креативних иновативних концепата конструктивних система и архитектуре породичне куће, може се отворити простор за деловање архитеката који, у таквом друштвеном и професионалном окружењу, би могли подићи ниво локалне архитектуре на ниво европских стандарда.

Стимулисањем овог типа грађења и његовом контролом, могао би се разрешити значајни део актуелних друштвено-економских проблема (запошљавање, развитак високо-организоване и „чисте“ мале грађевинске привреде са свеобухватном логистиком око планирања, пројектовања и изградње породичних кућа различитог вида; заустављање „дивље градње“, неравномерног просторног и економског развоја целе територије државе итд.).

2. Спознаја вредности и предности бондручних и система градње лаких монтажних објеката води ка реафирмацији традиционалне архитектонске форме кроз развијање и примену једне савременије, квалитетније варијанте, по питању квалитета њене материјализације. На такав начин могла би се формирати веза која недостаје у континуитету развоја од традиционалне ка савременој архитектонској форми.

3. Развојем и применом аутентичног, аутохтоног система градње лаких монтажних објеката, као програмске стратегије државе, снажно би се афирмисало и њено опредељење ка актуелном светском тренду залагања за изградњу квалитативно новог концепта животног простора који треба да постане фундамент једног одрживог друштва. Уједно, то је и кључна претпоставка у концептима за одржив развој друштва у које су уграђене стратегије кроз које савремено друштво, без разлике у погледу његовог економског и материјалног предзнака, ће моћи да пронађе одговор на питања на који начин да реши загађење животне и природне средине.

4. Ефикасно решавање проблема у условима потреба за ургентни привремени смештај у ванредним условима и ситуацијама (елементарне непогоде, земљотреси, миграције итд.).

У оквиру истраживања је урађена компаративна анализа искустава у изградњи и експлоатацији бондручних и система градње лаких монтажних индивидуалних стамбених објеката, на бази примера из Скопске области, у намери да се покажу предности овог типа објеката, како са аспекта рационалности, тако и са аспекта ефикасности у грађењу и постизању термоизолационих перформанси, са циљем да се укаже на разлоге због којих се и инвеститори у Скопљу и Македонији требају оријентисати ка замени изградње зиданих објеката индустријализованим префабрикованим начином изградње дрвеним индивидуалним стамбеним објектима.

Овде је вредно напоменути да данас, иако спорадично, већ постоји неколико фирми у Скопској области које производе овакав тип објеката и као такве их пласирају на грађевинском тржишту, али начин њихове производње представља само резање дрвених конструктивних елемената у радионици и њихово монтирање на градилишту по принципима формирања бондручног конструктивног система, док се о савременој индустријализованој производњи комплетно монтажних објеката уопште не може говорити.

1.2. Научни циљеви истраживања

Чињеница је да су у Скопској области дрвене куће мало заступљене у свакодневној градитељској пракси због непостојања развијене индустрије за производњу префабрикованих индивидуалних стамбених објеката и због доминације класичног начина изградње. У овој територијалној области експериментално-теоријска истраживања, нарочито она базирана на модерним концепцијама са циљем да дају сигурну и рационалну употребу дрвених кућа нису била изведена до сада у обиму као што је то урађено у овом истраживању. Узимајући ово у обзир, основна сврха истраживања је стицање одређених практично-применљивих сазнања која ће произаћи кроз резултате истраживања као јасан доказ о предности изградње индивидуалних стамбених објеката по

систему лаке префабрикације у односу на изградњу оваквих објеката на класичан начин.

Главни циљ истраживања је научно аргументовано дефинисање референтног модела са аспекта техничких и енергетских перформанси и методологије за вредновање бондручних и система градње лаких монтажних објеката за индивидуално становање, узимајући у обзир параметре (перформансе) везане за: конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења), спољашњи изглед (финална обрада), топлотну и звучну изолацију, отпорност на пожар, економичност, везивна средства и повезивање елемената, флексибилност и уштеду енергије. Циљ је формирање препорука за пројектовање индивидуалних стамбених објеката у бондручним и лаким монтажним системима са циљем повећања рационалности градње и енергетске ефикасности.

Модел за вредновање је формиран на основу анализа примера традиционалне градске бондручне куће у Скопској области, као и систем лаких монтажних стамбених објеката фабрике „Треска“ из Скопља. За све њих, вредновање је вршено помоћу методолошких поступака и техника наведених у даљем тексту образложења теме.

1.3. Основне научне хипотезе

У овом истраживању полази се од следећих хипотеза:

1. *Спроведеном обимном компаративном анализом могуће је формирати референтни модел за вредновање бондручних и лаких монтажних објеката са техничког и енергетског аспекта, за климатске услове у Скопској области.*

Показани потенцијали бондручних и система градње лаких монтажних објеката у домену развоја савремене форме породичне куће и културе становања, али и као важан сегмент у одржавању континуитета примене традиционалних начина градње, већ дужи временски период доприносе актуелности примене ових система у свету. Увид у артефакте онога што ова архитектура представља у развијеним земљама као САД, Аустралија и нордијске земље Европе, наводи на закључак да је реч о креативном подручју које има широко прихваћену позицију у савременој архитектури, са препознатљивим потенцијалима формирања здраве и одрживе животне средине.

Градитељи, било да су у приватном, комерцијалном или јавном сектору, сада су оријентисани према дуготрајним, еколошким, високо-квалитетним и економски-исплативим решењима. Дрво као грађевински материјал испуњава у целости све ове захтеве. Као обновљиви грађевински материјал - дрво је еколошки материјал и захваљајући савременим технологијама, могуће је унапредити конструктивне и дизајнерске потенцијале дрвета.

На основу спроведене компаративне анализе, а на бази препознатих потенцијала и параметара, за климатске услове у Скопској области могуће је формирати референтни модел за вредновање бондручних и лаких монтажних објеката са техничког и енергетског аспекта.

2. Резултати компаративних анализа указаће на предност оваквог начина градње објеката у односу на класичне склопове са аспекта економичности, флексибилности, техничких, топлотних и звучно изолационих перформанси, као и енергетске уштеде, што је од нарочите важности имајући у виду чињеницу све већег недостатка и високе цене различитих видова енергије које се користе у индивидуалном становању код нас.

У оквиру истраживања урађена је компаративна анализа искустава у изградњи и експлоатацији бондручних и лаких монтажних индивидуалних стамбених објеката, на бази примера из Скопске области, у намери да се покажу предности овог типа објеката, како са аспекта рационалности, тако и са аспекта ефикасности у грађењу и постизању термоизолационих перформанси, са циљем да се укаже на разлоге због којих се и инвеститори у Скопској области требају оријентисати ка замени изградње зиданих објеката са индустријализованим префабрикованим начином градње дрвених индивидуалних стамбених објеката. Карактеристика бондручних система као и система градње лаких монтажних објеката су безбедност, дуготрајност и добре перформансе у погледу енергетске ефикасности, што их чини компаративним са конструкцијама изграђеним са конвенционалним грађевинским материјалима. Анализа и вредновање техничких и енергетских перформанси референтног модела бондручног и лаког монтажног система за једнопородичне стамбене зграде и компаративна анализа са објектом изведеним на класичан начин указаће на предност градње оваквих објеката лаким монтажним системима.

3. На основу резултата истраживања формираће се предлог за модификовани традиционални бондручни систем и решење са савременим материјалима која испуњавају савремене захтеве за топлотну, као и звучну изолацију, обликовне карактеристике, сигурност конструктивног система и технологије грађења, односно флексибилност и уштеду енергије за климатске услове у Скопској области.

Спознаја вредности и предности бондручних и система градње лаких монтажних објеката води ка реафирмацији традиционалне архитектонске форме кроз развијање и примену једне савременије, квалитетније варијанте, по питању њене материјализације. На такав начин могла би се формирати веза која недостаје у континуитету развоја од традиционалне ка савременој архитектонској форми.

1.4. Научне методе истраживања

У овом истраживању, сагласно карактеру проблема и области истраживања, коришћено је неколико научних метода истраживања:

- анализа садржаја - истраживање референтне литературе, обилазак и снимање одабраних локација и мерења на терену, студија случаја (case study), интервју;

- историјски метод, који је коришћен како би се добила тачна сазнања о одвијању одређених друштвених процеса, узимајући у обзир хронологију развоја, узрочне и последичне зависности проблема који се истражују. Главни инструменти ове методе су објављена дела и текстови о истраживаном подручју, пројекти и техничка документација;

- компаративни метод, у циљу успостављања веза између појавних облика једне генералне појаве у блиским или сродним областима, путем конструисања позитивне или негативне аналогије. Овај метод је заступљен зато што су предмет истраживања различити бондручни и лаки монтажни системи који су упоређивани са различитих аспеката;

- метода симулације спроводи се компјутерским софтверима у циљу анализе енергетских карактеристика репрезентативних модела дрвене монтажне зграде и објекта класичног склопа. Упоредном анализом квантитативних показатеља енергетских перформанси донети су закључци;

- синтеза добијених резултата.

Теоријски део истраживања подразумева дефинисање методологије и критеријума за вредновање префабрикованих дрвених зграда, док практичан обухвата нумеричке симулације. Након синтезе и упоредне анализе претходно прикупљених података и добијених резултата анализа, установљени су основни принципи и закључци – установљени референтни модели и дефинисане препоруке за пројектовање лаких монтажних објеката са задовољавајућим перформансама са техничког, енергетског и обликовног аспекта у климатским условима Скопске области.

1.5. Научна оправданост истраживања, очекивани резултати и њихова практична примена

Задатак рада је да истражи могућности унапређења и пласирања примене бондручних и лаких монтажних система за изградњу једнопородичних стамбених објеката чиме би се традиционални архитектонски концепти градње на савремен начин увели у домаћу праксу градње стамбених објеката, са циљем унапређења техничких и енергетских перформанси и остварења одговарајућег комфора боравка и тиме очувања животне средине. То указује да је тема савремена, актуелна и научно истраживање се може применити у пракси.

Основни научни допринос овог истраживања биће приказан кроз дефинисање референтног модела за вредновање, односно успостављање и усвајање параметара и критеријума за вредновање бондручних и лаких монтажних објеката за индивидуално становање.

Допринос се препознаје у томе што примена дефинисаног референтног модела за вредновање овог типа објеката може унапредити методолошки процес пројектовања. Узимајући у обзир референтни модел, пројектанти ће током фазе пројектовања бити у могућности да одреде и усвоје за даљу разраду, затим и за реализацију, ону варијанту куће која је, након спроведеног вредновања према већ дефинисаном моделу, окарактерисана као оптимална опција. Очекује се да ће то утицати и на промену става садашњих и будућих инвеститора према овом типу објеката.

Основни научни резултат и допринос овог истраживања је дефинисање методолошког поступка за вредновање и формирање референтних модела и препорука за пројектовање који ће омогућити научно засновано доношење одлука о избору система и начина на који ће се градити објекат. Очекује се да ће се тиме указати на предности система лаких монтажних објеката, било да се ради о индивидуалним стамбеним објектима или о објектима са другом наменом.

Остали очекивани резултати истраживања и њихова практична примена су следећи:

- вредновање и компарација одређених бондручних и лаких монтажних објеката према дефинисаном моделу за вредновање, односно према појединим параметрима, отварају могућност за истраживање нових форми и концепата конструктивних система и архитектуре породичних кућа;

- истраживањем ће се показати вредности и предности бондручних и лаких монтажних објеката што може представљати путоказ ка реафирмацији традиционалне архитектонске форме;

- добијање препорука за решавање (побољшавање или елиминисање) практичних проблема присутних код већ изграђених објеката овог типа у граду Скопљу и у осталим деловима ове области;

- подстицање развоја домаће индустрије за производњу лаких монтажних објеката и развоја делатности и заната који ће неопходно пратити ову индустрију;

- повећање рационалности и енергетске ефикасности приликом изградње лаких монтажних објеката.

Истраживање ће отворити нова питања, за које се сматра да ће бити подстицај за нова научна истраживања. Тако, уколико постоје одговарајући релевантни извори информација, модел вредновања се може проширити са потребним бројем допунских параметара. Резултати овог истраживања могу имати примену у пројектантским бироима, грађевинским фирмама и грађевинској индустрији. Они треба да подстакну изградњу лаких монтажних објеката и њихов развој, да буду подлога за креирање модела за вредновање архитектонских објеката са другачијом наменом.

1.6. Критички осврт на досадашња истраживања

Висока цена стамбеног простора, већ дуже време представља национални проблем. Ефикасно и економично грађење стамбених објеката налаже и потребу истраживања са циљем да се пронађу нови материјали, нове методе конструисања и извођења.

У неким деловима света, дрвене куће за становање имају дугу традицију. У САД, Канади, Немачкој, Финској, Шведској и другим земљама, та традиција изградње дрвених кућа обезбеђује разноликост система, квалитета и масовност, што је, између осталог, и резултат великог броја теоријских и експерименталних истраживања.

Истраживање у оквиру докторске дисертације се ослања на неколико референтних књига стране и домаће литературе у области дрвених зграда наведене у наставку текста.

За истраживања у докторској дисертацији значајно је издање аутора: Херцога, Натерера, Волца, Швейтцера и Винтера, под називом „Holzbau Atlas“ (Атлас дрвених зграда), која даје релевантне информације о изградњи зграда дрветом и дрвеним материјалима, са детаљним поглављем о принципима пројектовања, екологији, грађевинској физици са фокусом на топлотну и звучну заштиту и заштиту од пожара. Поред текстуалног образложења, књига садржи значајан број техничких цртежа изведених објеката, претходно објављених у часопису „Detail“ што је изузетна подлога за истраживање специфичних система у конкретним условима.

У књизи „Дрвене конструкције у мојој архитектонској пракси“, објављеној 2014. године, проф. др Војислав Кујунџић истиче филозофију креативног приступа пројектовању конструкција кроз свеобухватне анализе, студије и избор система са аспекта функције и обликовања архитектонских објеката и њихове изградње, а која претходе неизбежној статичкој, динамичкој и свакој другој инжењерској провери и доказу стабилности усвојеног система. Овакав приступ се може сматрати универзалним и прихватљивим за истраживање у оквиру ове докторске дисертације.

Књига из 2008. године под називом „Дрвене конструкције у архитектури“ аутора Марте С. Селимбеговић, третира подручје конструкцијског конципирања и

дизајнирања објеката којима је основна носива конструкција дрвена. Обликовно и функционално обрађују се системи дрвених конструкција у зградама различитих распона и димензија, те њихово механичко понашање с прорачуном и димензионисањем конструкције темељење на Еврокоду 5.

Две књиге истог аутора, Снежане Митровић под називом „Металне и дрвене конструкције 1 и 2“, издате 2010. и 2011. године, имају изложено на систематичан начин основне карактеристике савремених металних и дрвених конструкција и обраде методе прорачуна њихових појединачних елемената.

Књига аутора: Салаха Елдиен Омера и Звонимира Жагара, издата 2007. године под називом „Конструкције од дрвета“, садржи класификацију дрвене грађе и дрвених производа за грађевинарство, врсте тесарских везова и везних средства, дрвених монтажних објеката, као и анализу својства дрвета, његове основе статичке специфичности и основне процесе механичке и површинске обраде дрвета.

У књизи аутора Даворина Лончерића под називом „Технологија дрвета“ издатај 2007. године, су обрађене особине дрвета у обиму интересантном за савремене дрвене конструкције. Наглашене су добре и лоше особине дрвета са аспекта грађе, физичких, хемијских и механичких особина. Коришћен је стандард Еврокод 5. Исти аутор 2007. године издаје и књигу под називом „Дрвене конструкције“ у којој су детаљно описани прорачуни елемената дрвених конструкција, спојеви, спајала, нумеричке примере и таблице аутора, а на основу препорука Еврокодова које се темеље на пробабилистичком приступу анализе сигурности грађевинских конструкција.

Књига неколико аутора: М. Гојковића, Б. Стевановића, М. Комненовића, С. Кузмановића и Д. Стојића, издата 2007. године под називом „Дрвене конструкције“, у којој је свеукупна материја дрвених конструкција изложена кроз више међусобно зависних поглавља преко примера из праксе, јасно илуструје свакодневну проблематику из ове области грађевинске струке. Нешто више простора дато је класичним дрвеним конструкцијама. Дати су изводи из важећих Стандарда за пројектовање и извођење дрвених конструкција, као и из стандарда Еврокод 5.

Истраживања у домаћој литератури у области дрвених зграда, се односе углавном на конструктивни аспект. Вршена су истраживања за поједине конструкције и елементе под дејством краткотрајног и дуготрајног статичког оптерећења.

У области дрвених кућа вршена су истраживања само за испитивање носивости појединих елемената дрвених кућа. Резултат таквих истраживања је појава нових везивних средстава (лепила, металне назубљене плоче) и увођење економичнијих форми носача („I“ - носача и слично).

У оквиру међународног истраживачког пројекта „Динамичка анализа дрвених решеткасто-рамовских конструкција“ из 2004. године, где је носилац пројекта био Институт за земљотресно инжењерство и инжењерске сеизмологије Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ из Скопља, извршена су обимна експериментална и аналитичка истраживања са стране проф. др Кирила Граматикова. Резултати тог рада у форми његове докторске дисертације под називом „Експериментална и аналитичка истраживања дрвених решеткасто-рамовских носача“, дају могућност за формирање пројектних критеријума и развијање примене овог вида конструкција у сеизмички активним регионима и индустријску производњу у великим серијама.

Основни захтеви градње објеката регулисани су ставом (2) трећег члана другог дела Закона о грађењу Републике Македоније (чији је основни текст објављен у Службеном веснику РМ бројем 130/09) и односе се на: механичку отпорност, стабилност и сеизмичку заштиту, заштиту од пожара, санитарну и здравствену заштиту, заштиту радне и животне средине, заштиту од буке, сигурност током употребе објекта, ефикасност коришћења енергије и топлотну заштиту, неометан приступ и кретање око и унутар објекта, и техничке карактеристике грађевинских материјала који се користе за изградњу објекта.

Дрво може остати конкурентан материјал за изградњу стамбених објеката само са применом нових система, или постојећих са значајно модификованим карактеристикама. Поступно смањење старих шума налаже да мање квалитетно дрво мора бити примарни дрвени ресурс. Време грађења резаном грађом и изобиљем материјала, као и коришћење простих столарских веза је прошлост - светско тржиште намеће примену нових техника и технологија.

У области дрвених конструкција, дрвене куће представљају конструктивни склоп који дуже време почива на бази емпиријских сазнања. Резултат тога је предимензионисаност појединих елемената објекта, односно неекономичност. У земљама са развијеним савременим технологијама градње дрвене куће се не конструишу на бази искуства, већ су производ савремених метода прорачуна конструктивних и енергетских перформанси и научних истраживања.

Истраживање у овом раду у области материјализације дрвених кућа ће допринети прикупљању потребних информација и података неопходних за увођење савременог начина пројектовања овог типа објеката у Скопској области.

1.7. Преглед садржаја рада

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 и задатке научног рада, основне научне хипотезе, приказ научних метода истраживања и даје процену научне оправданости и очекиваних резултата истраживања.

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

** Усвајање критеријума за вредновање бондручних и лаких монтажних система за индивидуалне стамбене објекте, у поглављу се дефинишу критеријуми за вредновање са техничког и технолошког, као и са енергетског аспекта.*

** Анализа и вредновање примера система из Скопске области, у поглављу се даје преглед анализе и вредновања одабране традиционалне градске бондручне куће у Скопској области у периоду 19-ог и раног 20-ог века и преглед анализе и вредновања система „Треска“ - Скопље са увидом у њихове карактеристике према установљеним критеријумима.*

** Компаративна анализа традиционалне бондручне куће и “Треска” система за једнопородичне стамбене објекте у Скопској области, у поглављу се*

врши упоређивање и вредновање одабраних примера, дефинишу се недостаци и предности, разматрају се резултати упоредне анализе и формирају параметри за дефинисање референтног модела.

Прва четири поглавља су теоријска истраживања, док пето поглавље са насловом *Дефинисање и вредновање референтног модела и формирање пројектантских препорука*, поред теоријског представља и практично истраживање. У поглављу се врши дефинисање, анализа и вредновање референтног модела бондручног и лаког монтажног система и анализа и вредновање перформанси објекта изведеног на класичан начин за једнопородичне стамбене објекте у Скопској области. Врши се компаративна анализа референтних модела, разматрају се резултати упоредне анализе и формирају се препоруке за пројектовање и извођење.

Закључак, шесто поглавље представља последњу фазу истраживања у којој се проверавају научне хипотезе, изводе основни закључци, и дају правци даљих истраживања.

2. УСВАЈАЊЕ КРИТЕРИЈУМА ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА ЗА ИНДИВИДУАЛНЕ СТАМБЕНЕ ОБЈЕКТЕ

У овом делу истраживања акценат је стављен на критеријуме техничко-технолошког и енергетског аспекта који су усвојени за формирање Модела за вредновање бондручних и лакних монтажних система.

2.1 Критеријуми техничког и технолошког аспекта

2.1.1. Конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)

Преглед дрвених конструктивних система

Брвнаре

Реч брвнара је изведена од словенског „брв“ - балван, греда. То је најстарији дрвени конструктивни систем, употребљен за изградњу стамбених кућа (слика 7.), као и за изградњу мостова, религијских објеката и вишеспратних стамбених зграда.



Слика 7. Изглед класичне брвнаре (The World of Timber Architecture, 2006)

Традиционалне методе повезивања углова жлебовима, чивијама и слично, су још увек у употреби и у данашњим условима али се изводе прецизније напреднијим машинама. Модерне везе на угловима дозвољавају креирање зидова под углом већим од 90°. За бољу стабилност балвана у оквиру самих зидова, у употреби су и лепљени балвани. Има разлике између пуних дрвених зидова брвнаре и вишеслојних зидних конструкција са присуством топлотне изолације. Постоји недостатак прецизније завршне обраде зидова брвнаре, тако да су у отворима (прозорима и вратима), стубовима и у везама са каменим деловима, неопходна додатна везивна средства.

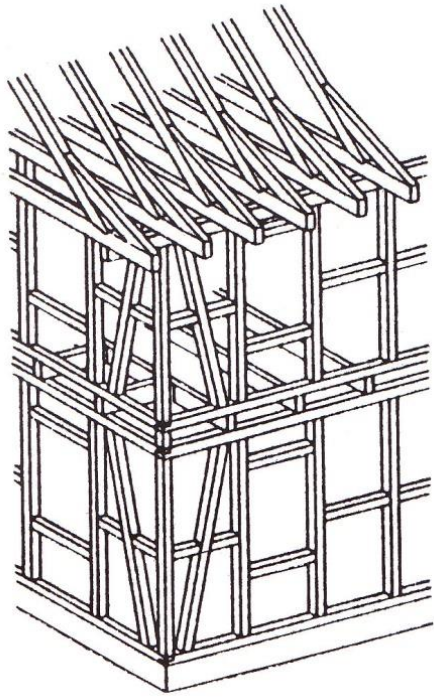
Ваздушна пропустљивост једнослојних масивних дрвених зидова брвнаре мања од 1% је могућа само ако је спроведена специјална процедура приликом обраде дрвета и зависи од садржине влаге након инсталирања, која генерално не треба бити већа од 20%.

Велика дрвена маса једнослојних зидова брвнаре са њиховим хигијенским квалитетима доприноси стварању собне атмосфере и еколошком осећају становања.

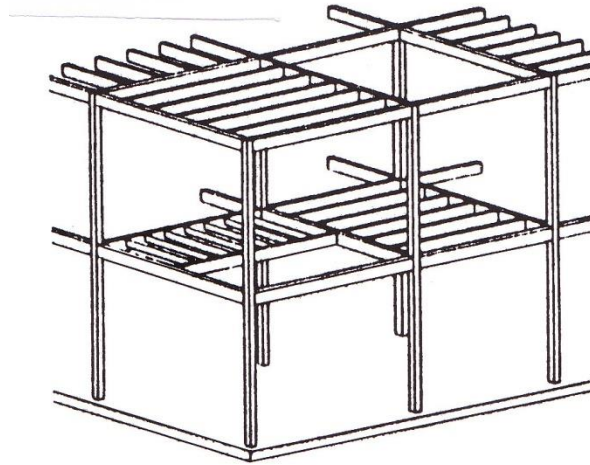
Полу-балванске рамове конструкције

Традиционални конструктивни тип са географским варијацијама, био је првобитно распрострањен у Централној Европи. Сада се употребљава само спорадично. Ипак, развој компјутерско-контролисаних процесних машина је допринео да чак и техничка повезивања и врсте које се употребљавају за овај тип конструкција, буду поново економски исплатива.

Конструкције са праговима, стубовима, дијагоналама и венчаницама, граде се спрат за спратом, са дијагоналама на угловима објекта, тако постављеним да је дејство ветра усмерено директно ка гредама (слика 8.). Могу се додати и други различити материјали, али ово најчешће резултује незадовољавајућим термоизолационим вредностима, тако да је обавезна додатна интервенција са унутрашњим и спољашним облагањем.



Слика 8.



Слика 9.

Слика 8. Класична двоспратна полу-балванска конструкција

Слика 9. Модерна скелетна дрвена конструкција са двоспратним стубовима и међуспратним гредама

(The World of Timber Architecture, 2006)

Скелетне конструкције

Код ових типова конструкција, вертикални линијски носиви елементи су генерално подвргнути прихватању и преношењу оптерећења. Компоненте које сачињавају зид су постављене између стубова.

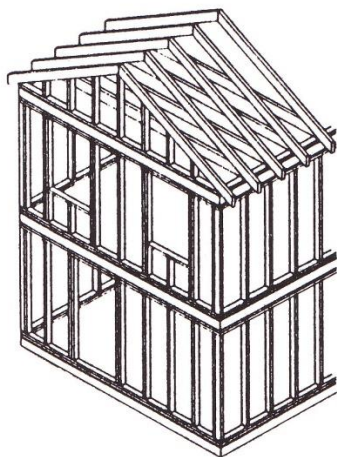
Носиви скелет сачињен од стубова и греда, као и међуспратним и кровним гредама (слика 9.), може бити подигнут у модуларном распону до 8 метара. Ово оставља велику слободу у дизајну и адаптивности функционалне шеме.

У дрвеним скелетним конструкцијама, лепљено-ламелирани дрвени елементи првенствено су употребљени у случајевима већих распона, и такви

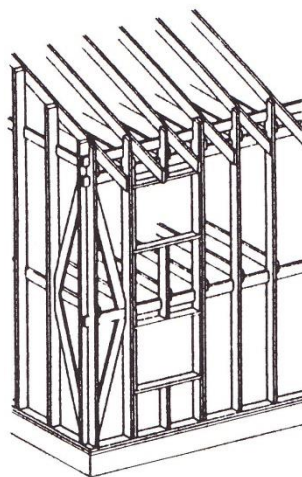
елементи могу бити слободно димензионисани и могу имати различите форме (као пример - округле стубове).

Бондручне конструкције са једносратним стубовима

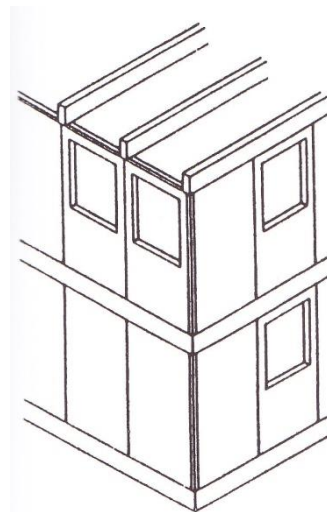
У Северној Америци дрвене бондручне конструкције су водећи конструктивни систем. Платформа по принципу једна међусратна конструкција за другом, употребљава се за објекте до 8 спратова. У Европи она је адаптирана локалним пропорцијама и доказана је као брз, економичан и безбедан конструктивни систем (такође и у земљотресним регионима). Принцип је једноставан: стубови високи колико и спрат стоје на релативно малим међусобним модуларним растојанима од 62,5см (ова димензија је произашла интернационалним стандардизираним димензијама табле, с циљем да се сведу на минимум отпатци приликом њиховог резања); заједно са доњим и горњим гредама формирају зидни рам који је ојачан облогама са обе стране конструктивном фурнирском плочом (шпер плочом), OSB-таблама или мањим таблама (слика 10.).



Слика 10.



Слика 11.



Слика 12.

Слика 10. Дрвена бондручна конструкција са једносратним стубовима

Слика 11. Бондручна конструкција са двосратним стубовима и међусратним гредама

Слика 12. Панелна дрвена конструкција
(*The World of Timber Architecture, 2006*)

Предности овог конструктивног метода су видљиве у малим стандардизованим дрвеним пресецима и једноставним повезивањима ковањем. Овај тип производње започиње механичким повезивањем стандардног масивног конструктивног дрвета и дрвених табли на самом градилишту и завршава се префабрикованим комплетним зидним, међуспратним и кровним елементима, који се веома брзо постављају помоћу дизалице.

Растојање између стубова је испуњено изолацијом или функционалним материјалима неопходним према стандардима за топлотну, звучну и пожарну безбедност. Чак и инсталирање разних водова и цеви је изведено између стубова. Потребно је додатно финално облагање и споља и унутар зида. Дрвена бондручна конструкција је одговарајућа за изградњу и вишеспратних објеката, јер се формира спрат за спратом. У том процесу, готова међуспратна конструкција служи као радна платформа током изградње следећег спрата.

Бондручне конструкције са двоспратним стубовима

Ово је бондручна конструкција код које су стубови унутар зидне конструкције продужени кроз два или више спратова (слика 11.). Ова конструкција одговара Америчком „ballon frame“ систему.

Панелна дрвена конструкција

Док је код дрвених бондручних кућа цела конструкција израђена ручно на самом градилишту, дрвени панелни елементи произведени су индустријски и затим монтирани на градилишту. Ово је добро познати принцип „префабриковане куће“, развијен нарочито у периоду након Другог светског рата. Зидни панели могу бити израђени у мањим димензијама (слика 12.) или у димензијама целе фасаде. Прозори и врата уобичајено су већ постављени пре него што панели буду донети на градилиште.

Просторне конструкције (хелијски системи)

С циљем да се још више повећа степен префабрикације, елементи објекта су произведени „индустријски у затвореним модулима са две, три или четири стране, са међуспратним конструкцијама и подовима, затим транспортовани на градилиште и причвршћени за конструкцију“⁶ (слика 13.).

⁶ *The World of Timber Architecture - Challenges - Advantages - Solutions*. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 32



Слика 13. Изградња хотела Кроне у Ворарлбергу (Аустрија) системом модуларних ћелија (Architektur, 1999)

Процес изградње (технологија грађења)

Дрвене куће нису само економичне и еколошке, оне такође обезбеђују и платформу за интегрисање модерних технолошких система као што су: контролисана вентилација и ваздушна екстракција, постављање топлотних и соларних панела, који се сада инсталирају као стандардна пракса.

Типска лака дрвена конструкција је састављена из рамова и учвршћених структура са додатом облогом. Тип рама може да варира од дужих, даље постављених, до ближе постављених лаких дрвених елемената који су чешће заступљени у рамовским конструкцијама. Процес изградње може да започне бетонском плочом на којој су рамови фиксирани, или постављањем стубова-постамената или просторним темељима за ношење стубова или носача.

Елементи дрвене конструкције могу бити префабриковани или израђени на самом градилишту. Савремене конструктивне технике генерално фаворизују префабрикацију елемената и делова конструкције ван градилишта који се могу преносити на градилиште, уз мали степен израде на самом градилишту за оне елементе који зависе од неког индивидуалног дизајна.

Дрвени конструктивни елементи су лаки по тежини и лако се могу транспортовати појединачно. Понекад и фактори транспорта и ограничења у саобраћају лимитирају величину елемената који могу бити транспортовани у случају већих пројеката. У том случају, елементи се повезују или се спајају на самом градилишту. Састављање се изводи различитим темпом - од једног дана до неколико недеља – у зависности од степена префабрикације и величине објекта.

Овај део првог параметра у оквиру Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система је вреднован на основу начина израде елемената система. Уколико се сви елементи система производе ван градилишта у радионичким условима за префабрикацију елемената, анализирани систем ће бити вреднован максималним шест индексних поена; уколико се један део елемента система израђује као префабриковани, а други део на самом градилишту, анализирани систем ће бити вреднован са три индексна поена; и уколико систем користи елементе искључиво произведене на самом градилишту, исти ће бити вреднован једним индексним поеном.

2.1.2. Спољашњи изглед (финална обрада)

Уколико говоримо о естетском аспекту, дрво поседује природну атрактивност коју људи лако прихватају. Његова палета боја, структура и текстура, чини га материјалом са квалитетима које људи генерално сматрају визуално пријатним и пријатним на додир. Бондручни и лаки монтажни објекти могу имати спољашњи изглед традиционалан или чак и ултра модеран. У зависности од употребљене облоге, спољашност може истаћи дрвену конструкцију или је маскирати (као на пример зид обложен фасадном опеком).

Објекти израђени од дрвета могу се градити у свим климатским зонама, а дрвене конструкције дозвољавају различита дизајнерска решења. Бондручни објекти се могу наћи у веома хладним климатским условима као што су Скандинавија или Канада, као и у веома топлим тропским пределима у Југоисточној Азији, а њихова спољашност ће варирати у зависности од климатских услова и дизајна који се жели постићи.

Дрво на фасади заштићено кровном стрехом не захтева чешће одржавање. Спољашне фасаде се једноставно требају реновирати након неколико година у зависности од завршне обраде фасадних зидова. Директно изложени елемент дрвета може бити нетретиран, ако је предвиђени детаљ конструкције правилно пројектован и на тај начин заштићен применом пројектантских мера .

„Завршни третман треба да продужи век трајања дрвета: да га учини трајнијим код спољашних утицаја, да га заштити од инсеката и штеточина или повећа отпорност на хабање при експлоатацији у унутрашњем простору (лакови

за подове). На тржишту постоји широка лепеза производа за завршне третмане са бројним неопходним еколошким производима базираним на води, који чине дрво трајнијим и надопуњују његову естетику.“⁷

Архитекти се све више одлучују за дрвену облогу код реновирања старих, као и код изградње нових објеката са циљем постизања савременог, природног изгледа, безвремене елеганције и једноставности.

„Без обзира на естетске предности, облагање лаким дрвеним материјалима чини постављање ове облоге и транспорт једноставнијим. У реконструкцији постојећег објекта могуће је применити дрвену облогу у комбинацији са изолационим материјалом и на тај начин обезбедити боље услове комфора у објекту. Дрвена облога може бити причвршћена за сваки спољашњи зид, дрвени, бетонски или зидани и она је популарна како за објекте за становање, тако и за објекте за индустрију или јавног карактера.“⁸

У оквиру Модела за вредновања бондручних и лаких монтажних система овај параметар је вреднован на основу могућих понуђених врста материјала за финалну облогу које нуди анализирани систем у свом производном програму. Сваки понуђени материјал појединачно ће бити вреднован са по једним индексним поеном.

Овај параметар у оквиру Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система је вреднован и на основу могућности прилагођивања анализираних система у односу на финалну обраду фасадних зидова:

- уколико систем даје само једну врсту завршне обраде, систем ће бити вреднован минималним једним индексним поеном;
- уколико систем мора и може да се прилагоди за примену различитих облога од предвиђених, систем ће бити вреднован са два индексна поена и
- уколико систем омогућава примену различитих финалних облога, систем ће бити вреднован са максимална три индексна поена.

⁷ <<http://buildwise.org/library/energy/sustainable/green-technical-guide/fs34h.pdf>>

⁸ *Tackle Climate Change: Use Wood*, 2006, str. 62

2.1.3. Топлотна и звучна изолација

„Топлотно понашање зграда исказује интеракцију структуре грађевне и технологије грејања и хлађења, узимајући у обзир понашање корисника и постојеће метеоролошке услове локације. Циљ мора да буде да се обезбеди највиши могући ниво удобности са најмање могуће потрошеном количином енергије.“⁹

Дрво је природни изолатор због присуства ваздушних шупљина унутар његове ћелијасте структуре. Већина врста дрвета су екстремно ниски топлотни проводници у односу на друге грађевинске материјале (проводљивост алуминијума је око 1.700 пута већа, челика 400, бетона 10, опеке и стакла 6 пута већа); али масивни изолациони материјали, попут минералне вуне, могу имати тек трећину проводљивости дрвета. Из разлога што се већина дрвених објеката граде као бондручни, простор између рамова може несметано прихватити различите врсте изолација. Лаке дрвене конструкције могу бити дизајниране са мање или више изолације, у зависности од захтева. „Ниска топлотна проводљивост дрвета минимизира појаву топлотних мостова, што може смањити укупну „U“ вредност омотача објекта.“¹⁰

Приликом вредновања објеката изграђених бондручним или лаким монтажним системима, треба узети у обзир следеће чињенице које утичу на топлотну и звучну изолованост: конструкције пода на тлу, међусобне везе различитих конструктивних елемената, димензије и тип употребљене столарије и застакљивање истих, употребљених заштитних елемената против превеликог сунчевог зрачења (ролетне и сл.) итд. Ово може бити тема још ширег истраживања, али у оквиру овог истраживања различити системи који су анализирани, вредновани су само у односу коефицијента „U“ [W/(m²K)] пролаза топлоте спољашних зидова, пода на тлу и кровом објекта.

У оквиру Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система, овај део трећег параметра је вреднован на основу могућих понуђених врста материјала за топлотну изолацију које нуди одговарајући анализирани систем. Сваки понуђени материјал засебно биће вреднован са по једним индексним

⁹ Herzog, et al., *Holzbaue atlas*. Birkhauser – Edition DETAIL, 2003, str. 64

¹⁰ <<http://buildwise.org/library/energy/sustainable/green-technical-guide/fs34h.pdf>>

поеном. Такође, системи ће бити вредновани и на основу „U“ вредности фасадног зида анализираних система (наравно, она може варирати у зависности од земље и климатских услова где би се Модел требао употребити, пре свега због припадности различитим климатским зонама и утврђеним различитим стандардима која регулишу ово поглавље).

Следеће вредновање је дато према стандардима МКС EN ISO 6946 усвојеним у Македонији (дакле, оно би важило ако би се Модел употребио у Македонији) и Препорукама за вредности коефицијента „U“ пролаза топлоте спољашних зидова за различите градове у Европи (EURIMA - Студија), које за град Скопље износи $U=0.25$ [W/(m²K)]. Према истим Препорукама, „U“ вредност слојева кровне конструкције за град Скопље износи $U=0.22$ [W/(m²K)], док „U“ вредност слојева пода на тлу износи $U=0.33$ [W/(m²K)].¹¹

Уколико је „U“ вредност фасадног зида анализираних система једнака или мања од $0,25$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован са три индексна поена; уколико је „U“ вредност између $0,25$ и $0,35$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован са два индексна поена; и уколико је „U“ вредност већа од $0,35$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован једним индексним поеном.

Уколико је „U“ вредност слојева кровне конструкције једнака или мања од $0,22$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован са три индексна поена; уколико је „U“ вредност између $0,22$ и $0,30$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован са два индексна поена; и уколико је „U“ вредност већа од $0,30$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован једним индексним поеном.

Уколико је „U“ вредност слојева пода на тлу једнака или мања од $0,33$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован са три индексна поена; уколико је „U“ вредност између $0,33$ и $0,40$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован са два индексна поена; и уколико је „U“ вредност већа од $0,40$ [W/(m²K)], систем ће бити вреднован једним индексним поеном.

Под звучном заштитом објекта се подразумева његова могућност да заштити своју унутрашњост од буке произведене изван њега, и да спречи да бука настала у једној просторији објекта продре у другу, то јест, уколико ипак прође, да буде што мањег интензитета.

¹¹ <<http://www.arh.ukim.edu.mk/images/Obuki/EnergetskaEfikasnost.pdf>>

“Звучна изолација постаје све важнија за квалитет становања. Због своје важности, звучна заштита се мора пажљиво планирати и поставити, независно од методе градње.”¹²

„Бука која настаје у једном објекту је врло различита, што исто важи и за начин њеног преношења у другу просторију. Добра звучна заштита се не може постићи само једном примењеном мером.“¹³

Добро пројектован и изведен преградни зид, било да је решаван по принципу задовољавања тражене властите тежине, или комбинацијом више материјала и ваздушних слојева (као једнослојног или вишеслојног зида), неће у потпуности решити проблеме заустављања преноса звучних таласа, ако нису добро разрешене и везе ових зидова са другим конструктивним елементима: међуспратним конструкцијама, носивим и фасадним зидовима и сл.

„Крута веза представља мост за пренос звука и звучне енергије. Произилази закључак да су непожељне круте везе између изолационе преграде и околних конструкција. Насупрот овоме - препоручује се еластична веза која ће прекинути путовање звука, а вибрације ће бити амортизоване. Као погодни материјали за овакву еластичну везу се препоручују: гума, плута, вештачка гума на бази пластичних производа и слично; које добро заустављају звук са вишим фреквенцијама.“¹⁴ У лаким дрвеним конструкцијама, зидне шупљине обезбеђују „ваздушни јастук“ који апсорбује интензитет звука, и све док нема других мостова за пренос звука, ово је ефикасна баријера. Акустичне баријере се могу допунити уметањем изолационих материјала у зидну шупљину.

Део трећег параметра Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система који се односи на звучну изолацију, биће вреднован на основу чињенице да ли су примењени удвојени дрвени профили код дилатационог зида између два стана или између два објекта изведених анализираним системом, због потребе заустављања преношења звука и спречавања круте везе између њих.

¹² Herzog, et al., *Holzbau atlas*. Birkhauser – Edition DETAIL, 2003, str. 68

¹³ Gezele - Sile, *Zvuk, toplota, vlaga: osnove, iskustva i praktična uputstva za visokogradnju*. Građevinska knjiga, Beograd, 1979, str. 3

¹⁴ Љупчо Филиповски, Владимир Бошковски, *Архитектонски конструкции I*. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 2005, стр. 313

Систем који употребљава овакве удвојене профиле ће бити вреднован једним индексним поеном.

2.1.4. Отпорност на пожар

Пожари у зградама угрожавају живот и здравље људи и утичу на животну околину. С циљем спречавања формирања и ширења пожара, постоје захтеви за заштиту од пожара (који су садржани и у македонском Закону о градњи) у којима се истиче да „грађевински објекти морају бити такви да:

- спречавају појављивање пожара,
- спречавају ширење ватре и дима,
- обезбеђују спашавање људи и животиња,
- омогућују ефективно гашење пожара.“¹⁵

Постоје два аспекта перформансе отпорности на пожар који се тичу објеката: реакција на ватру и отпорност на ватру.

Реакција на ватру се односи на запаљивост материјала, односно на допринос развоју и ширењу ватре.¹⁶ Грађевинска регулатива прописује перформансе материјала употребљених у зидовима и плафонима у просторијама и оне су предмет анализе у овом истраживању. У многим ситуацијама дрво може бити употребљено у његовом природном стању - нетретирано, али оно може бити и третирано како би достигло његове противпожарне перформансе: или импрегнацијом или површинским облагањем успоривачима горења.

Отпорност на ватру је мерило перформансе конструктивних елемената једног објекта против потпуно развијеног пожара.

„Иако је дрво лако запаљиво, његово понашање у току пожара је врло предвидљиво - оно се не топи и не губи своју снагу одмах, тако да, перформансе дрвених структура могу бити прорачунате као део пројектног процеса.“¹⁷

¹⁵ Herzog, et al., *Holzbau atlas*. Birkhauser – Edition DETAIL, 2003, str. 71

¹⁶ Džidić, Sanin, *Reakcija na vatru i otpornost na požar - Diskusije i dileme*, Association of Structural Engineers of Serbia 15th CONGRESS, At Zlatibor, Serbia, 2018. Volume: Proceedings, ISBN 978-86-6022-069-3, str 466-479

¹⁷ *Design with wood* - inspiration and information for the interior designer. Wood for good, 2008, str. 8

Тамо где се дрво употребљава екстензивно као спољашна апликација и око куће, морају бити консултовани стандарди за противпожарну отпорност како би се утврдило да ли су потребне неке специјалне конструкције. Свака категорија пожарног ризика - од најнижег до екстремног - има ниво потребне конструкције који дефинише где може дрво бити употребљено и које детаље је потребно решити пројектом. За разлику од већине других материјала, у случају пожара, дрво по својој површини формира угљенисану површину која обезбеђује заштиту унутрашње структуре, тако да дрвени елементи могу остати потпуно носиви током трајања пожара.

„Ми верујемо дрвету као грађевинском материјалу. Дрво је правилан избор, тако дуготрајно колико су пожарна заштита и захтеви грађевинских регулатива прописани сагласно томе. Дрвена конструкција чини наш рад лакшим јер остаје стабилна дуго времена, сагоревајући полако, уравнотежено и предвидљиво. Њена предвидљивост нас ставља у позицију да је контролишемо, тако да можемо ући у објекат и угасити пожар. Пад дрвене конструкције је предвидљив, док ће једна челична конструкција изгубити своју стабилност неочекивано. Зато мислимо да су модерни дрвени објекти добра ствар.“¹⁸ Ово је изјавио Вилфриед Хаффа, командант добровољне ватрогасне бригаде Риетхеим-Веилхеим у Немачкој, чији је технички центар изграђен од дрвета.

Четврти параметар Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система који се односи на отпорност на пожаре анализираних система, биће вреднован на основу пожарне издржљивости система, изражено у минутима.

Тако, уколико систем има пожарну издржљивост мању од 30 минута исти ће бити вреднован минималним једним индексним поеном; уколико је пожарна издржљивост између 30 и 60 минута, тај систем ће бити вреднован са два индексна поена; уколико је пожарна издржљивост система између 60 и 90 минута, исти ће бити вреднован са три индексна поена; и уколико је пожарна издржљивост већа од 90 минута, тај систем ће бити вреднован са максималних четири индексна поена.

¹⁸ *Tackle Climate Change: Use Wood*, 2006, str. 61

2.1.5. Економичност

Лаке дрвене конструкције су релативно једноставне за извођење. Извођачи радова су добро упознати са дрветом као материјалом и његовом употребом. Оно је лако за обраду и лако за остваривање веза између елемената. Ово доприноси економској оправданости цене радне снаге, а уједно је и изградња бржа. Уколико је императив градити у кратком времену и уз добар дизајн, може се обезбедити становање са малим дугорочним трошковима. Изградња дрветом нуди много могућности да се уштеди у финансијском погледу. Дрвене конструкције се могу префабриковати. Ово доприноси краћем времену за изградњу и правовременом завршетку свих радова, независно од временских услова или због прекида у току градње.

„Стандардне дрвене грађевинске компоненте могу се испоручити једнако лако као и комплетне монтажне дрвене конструкције или унапред урађени зидни елементи. Посебно везивање дрвених елемената и обраду рачунарским процесима чини израду економичнијом и гарантује тачност током изградње на самом градилишту и квалитет саме конструкције.“¹⁹

Овај параметар Модела за вредновање бондручних и лакских монтажних система ће бити вреднован на основу неколико аспеката: за добијање до 5% корисног простора више у односу на градњу у масивном систему, такв анализирани систем ће добити један индексни поен, за добијање више од 5% оствареног корисног простора у односу на градњу у масивном систему, систем ће добити два индексна поена. Уколико има смањени грађевински отпад у односу на масивну градњу, посебно на лицу места, или ако су конструкције лакше, или ако је изградња бржа, или ако је примењен „суви“ поступак монтирања, ти системи ће бити вредновани са по једним индексним поеном за сваки од наведених аспеката.

2.1.6. Везивна средства и повезивања елемената

И поред тога што се о дрвету, за облагање и повезивање може наћи велики број информација у литератури, током динамичне анализе дрвених кућа могао се употребити само мали део њих. Узимање у обзир крутости је новијег

¹⁹ *The World of Timber Architecture - Challenges - Advantages - Solutions*. Holzabsatzfonds, German Timber promotion Fund, 2006, str. 59

датума. У почетку, ова крутост је била усвојена као еластична, али истраживања у последње време указују на високу нееластичност ових веза, нарочито кованих.

Основни критеријум код дрвених кућа које имају метална везивна средства: пластично понашање везе и капацитет дисипације енергије могу се узети у прорачун под условом да се динамички параметри одреде експериментално. Сеизмичко понашање дрвених елемената или конструкције не може се предвидети узимајући у обзир само елементе, већ укупну конструкцију заједно са везивним средствима, укључујући и повезивања конструкције са темељима.

„У циљу обезбеђења дуктилног понашања конструкције, од нарочитог значаја је избор дуктилних веза које морају имати мању носивост него дрвени елементи. Дуктилност везивног средства (својство материјала да поднесе пластичну деформацију без лома), која се одређује засебним испитивањем, треба искористити правилно, јер већина везивних средстава има већу способност за деформацију од дозвољене. Због тога, попуштање једне везе може проузроковати попуштање других, или, појаву лома дрвета пре очекиване дуктилне способности због губљења носивости прве везе.“²⁰

Понашање и вредновање (имајући у обзир пре свега време потребно за монтажу и демонтажу елемената система) најчешће употребљиваних везних средстава у лаким дрвеним објектима објашњено је у даљем тексту рада.

„Ексери, оптерећени на смицање, генерално дају дуктилне везе које имају способност да прихвате много циклуса континуираног оптерећења. Међутим, треба избегавати везе ексерима и танким лимовима где долази до локалног лома лима (у случају да су усвојени ексери са већим пресеком) и везе ексерима које су директно оптерећени на чупање. Поред овога, повезивање елемената ексерима као везивним средствима је споро и потребни су прорачуни за сваку везу посебно.“²¹

²⁰ Кирил Граматиков, *Експериментални и аналитички истражувања на дрвени решеткасто-рамковни носачи* - докторска дисертација, Институт за земјотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија на Универзитетот „Кирил и Методиј“ - Скопје, Скопје, 1990, стр. 11

²¹ Кирил Граматиков, *Експериментални и аналитички истражувања на дрвени решеткасто-рамковни носачи* - докторска дисертација, Институт за земјотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија на Универзитетот „Кирил и Методиј“ - Скопје, Скопје, 1990, стр. 17

Због овога, у Моделу за вредновање бондручних и лакких монтажних система ово примењено средство за повезивање биће вредновано једним индексним поеном.

„Вијци мањих димензија се понашају слично ексерима. Вијци са пречником до 12мм се могу савити, а да не проузрокују лом дрвета, чиме се обезбеђује дуктилно понашање и дистрибуција оптерећења у свим вијцима. Уколико се употребљавају вијци са већим пресеком, крутост вијака уобичајено проузрокује крути лом дрвета, нарочито када су компоненте оптерећења нормалне у односу на годове дрвета. Велики пресек рупа за вијке у дрвету може убрзати лом дрвета, тако да недостатак дуктилности појединих вијака може довести до повећаног оптерећења вијака. Повезивање елемената система је брже у односу на ексере као везивно средство, могућа је и бржа демонтажа елемената.“²² Зато, ово примењено везивно средство у Моделу за вредновање бондручних и лакких монтажних система биће вредновано са два индексна поена.

„Назубљене плоче тешко формирају дуктилну везу. Уобичајени ломови се појављују због попуштања, то јест одвајања дрвета заједно са зупцима до њихове дубине продирања. При томе моментално се појављује комплетан губитак носивости. Испитивања показују да комбиновано напрезање на затезање и смицању које делује у таквој вези, може проузроковати лом или општећење пуно раније, осим у случају када је комбиновано оптерећење предвиђено прорачуном. Повезивање елемената система је брже у односу на ексере и вијке као везивна средства, могућа је и бржа демонтажа елемената.“²³

Ово примењено средство у Моделу за вредновање бондручних и лакких монтажних система ће бити вредновано са три индексна поена. Уколико се у систему употребљавају челична везна средства као средства за повезивања елемената, такав систем ће бити вреднован са четири индексна поена, и на крају, уколико се елементи система повезивају само помоћу столарских веза, систем ће бити вреднован једним индексним поеном.

²² Кирил Граматиков, *Експериментални и аналитички истражувања на дрвени решеткасто-рамковни носачи* - докторска дисертација, Институт за земјотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија на Универзитетот „Кирил и Методиј“ - Скопје, Скопје, 1990, стр. 18

²³ Кирил Граматиков, *Експериментални и аналитички истражувања на дрвени решеткасто-рамковни носачи* - докторска дисертација, Институт за земјотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија на Универзитетот „Кирил и Методиј“ - Скопје, Скопје, 1990, стр. 18

2.1.7. Флексибилност

Флексибилност конструктивног система изградње у дрвету, даје могућност веће разноликости у погледу: оријентације објекта на локацији, његове функционалне шеме, броја просторија, дизајну ентеријера и његове укупне спољашњости, могућности топлотне изолационе моћи зидова код дрвене зграде који омогућавају да зидови могу бити тањи у односу на масивну градњу, чиме се омогућује максимално и до 10% више простора у односу на масивну градњу. Објекти треба да омогућавају адаптивност и промену током експлоатације од стране њихових власника.

„Лаке дрвене конструкције смањују време монтаже, а мала тежина делова значи да они могу бити испоручени чак и на места са строго рестриктивним приступима.“²⁴

Флексибилност бондручних и лаких монтажних система која је предмет истраживања ове докторске дисертације је анализирана у односу на структуру стана. Један од најзначајнијих фактора који доприноси квалитету становања, схваћено као еволутивни процес, јесте варијабилитет диспозиције стана. У суштини, овај појам уводи четврту димензију у архитектуру, то јест – временску компоненту, а појавио се као функција развоја породице и њених стамбених потреба.

Варијабилитет диспозиције стана може бити:

- унутрашњи,
- спољашњи и,
- унутрашњи и спољашњи.

„Унутрашњи варијабилитет представља могућност једне или више промена диспозиција групе просторија или целог стана, под условом да се не мења укупна површина и да се не врше измене у конструктивном систему стана.

Спољашњи варијабилитет представља могућност промене диспозиције стана с циљем смањења или повећања укупне површине, то јест броја просторија у стану, али такође под условом да се не врше измене у конструктивном систему (осим делимично у фасадним зидовима и преградним зидовима између два стана).

²⁴ *Tackle Climate Change: Use Wood*, 2006, str. 65

Трећи случај је када је могућ истовремено и унутрашњи и спољашњи варијабилитет.²⁵

Међу неповољним системима за грађење, који искључују свакакву могућност варијабилитета, спадају панелни монтажни систем и хелијски (просторни) монтажни систем, који се данас најчешће примењују код индустријализованих начина грађења. Звучи парадоксално да баш ови системи који се базирају на индустријализованим методама, искључују варијабилитет, који сам по себи представља метод индустријализованог и монтажног грађења. Међутим, с обзиром на чињеницу да ови системи својом крутошћу негирају први и основни услов варијабилитета – слободан диспозициони план – ови системи представљају корак назад и у односу на традиционалне системе грађења.

Системи који омогућавају унутрашњи варијабилитет стана, осим што могу увек одговорити новим потребама и промени структуре породице, обезбеђују и квалитет једне битне социолошке димензије у становању, а то је идентификација човека са станом.

Распоред просторија, њихово повезивање и опремање, су у искључивој надлежности корисника, који на тај начин, структуру стана подређује структури своје породице и њиховим потребама. При томе, кориснику је омогућено да опремање уради по свом избору са елементима за уградњу. Елементи требају бити компатибилни, то јест да се могу лако премештати, допуњавати и мењати.

Овај параметар Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система ће бити вреднован на основу варијабилности диспозиције стана који нуди анализирани систем. Уколико систем нуди само унутрашњу или само спољашњу варијабилност, исти ће бити вреднован са по три индексна поена, а уколико систем нуди и унутрашњу и спољашњу варијабилност, такав систем ће бити вреднован са шест индексних поена.

²⁵ Гјоргји Димков, *Компаративна анализа на реализираните градежни системи во станбената населба „Аеродром“ - Скопје со индустриска префабрикација - аспекти на флексибилност и економичност* - магистерски труд. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 2005, стр. 19

2.2. Критеријуми везани за енергетски аспект

Без енергије нема живота. Користимо је за кретање, рад, транспорт итд. Енергија нам је потребна за грејање, хлађење, за припрему топле воде и сл. Становници Земље су све више свесни последица које настају неумереним и нерационалним коришћењем енергије. У Европској унији и САД, захваљујући квалитеном информисању и едукацији, постоји свест код шире популације о потреби уштеде енергије и значају коришћења обновљивих извора енергије.

Значај пројектовања и управљања енергијом у објектима данас, није потребно посебно наглашавати. Недостатак енергије и константни пораст њене цене и цене енергената, климатске промене и загађивање околине због нерационалне потрошње енергије, су проблем са којим се суочавамо више но икада. Порастом животног стандарда расте и потрошња енергије, и то, како за грејање, тако и за хлађење, нарочито масовним увођењем климатизације објеката.

Због велике потрошње енергије у објектима, енергетске и еколошке уштеде и самоодржива изградња данас постаје приоритет савремене архитектуре и енергетике. Ово подручје је препознатљиво као подручје са највећим потенцијалом за смањење укупне потрошње енергије на националном нивоу, чиме се директно утиче на угодан и квалитетан боравак у објектима, њихов дужи животни век, као и допринос у заштити животне средине.

2.2.1. Уштеда енергије

Објекти су велики појединачни потрошачи енергије, а тиме и велики загађивачи околине. Због дугог животног века објеката, њихов утицај на околину у којој живимо је исто тако дуг и континуиран и не смемо га занемарити. Задовољавање „3Е“ форме (енергија, економија, екологија), је нови услов који се поставља пројектантима и грађевинцима. „Са једне стране сусрећемо се са проблемом нове градње која је усаглашена са новим животним стандардом и одрживим развојем, а са друге стране са проблемом осавремењавања постојећих зграда које у великој мери не задовољавају данашње стандарде (троше пуно енергије и загађују околину), па тиме постају велики проблем.“²⁶

²⁶ <<http://iv-dizajn.com.mk.htm>>

Лаки дрвени објекти, изграђени стандардним грађевинским методама, лако испуњавају регулативу о топлотној изолацији. Објекти са дрвеном конструкцијом са додатном изолацијом, омогућавају изградњу енергетски ефикасних објеката. Мањи капацитет система за грејање и хлађење објекта значи и знатно смањене текућих трошкова за потрошњу енергије.

Дрвене бондручне конструкције су погодне за употребу различитих дебљина изолационих слојева. Већи капацитет носивости дрвета омогућава употребу бондручне конструкције са низом двоетажних стубова, а простор између може бити испуњен изолацијом. Специјално направљени лепљени удвојени стубови су оптимални за минималне топлотне мостове и омогућавају постављање континуираних изолационих слојева. Дебљине зидова у овом случају су мање у поређењу са стандардним масивним дрвеним конструктивним системима, и на овај начин се дошло до уштеде у корисном простору.

Објекти од дрвета у будућности неће само штедети енергију, него ће и сами генерисати укупну енергију која им је потребна. Поред изолације у спољашњим зидовима, већ су на располагању савремене технологије употребе обновљивих извора енергије.

Овај параметар Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система биће вреднован на основу чињенице да ли анализирани систем нуди ниске трошкове за грејање и хлађење, као и утрошак енергије током производње елемената или за енергију за одржавање зграде. Сваки од ових наведених аспеката биће вреднован са по три индексна поена, имајући у обзир степен важности ових карактеристика система.

2.3. Модел за вредновање бондручних и лаких монтажних система

Стандардима ISO/TS 21929-1 (2006) су установљени оквири и правци одрживости у току изградње објеката, који су дефинисани у квантитативним, квалитативним и дескриптивним мерним системима. “Параметри се изражавају путем вредности добијених комбинацијом различитих мерљивих варијабли, при

чему су основна три циља параметара: поједностављање, квантификација и комуникација.”²⁷

С циљем утврђивања валидности параметара Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система, спроведен је интервју са десетином архитеката-пројектаната и грађевинских инжињера са вишегодишним искуством у области пројектовања и изградње бондручних и лаких монтажних објеката, при чему је потврђена потреба присуства свих наведених параметара Модела, а уједно нису предложени нови. Дистрибуција поена у оквиру сваког појединачног параметра је у циљу вредновања неког бондручног или лаког монтажног објекта или система. Формирана је мерна скала и понуђени су одговори који описују квалитативне вредности одговарајућих параметара, а за које су задате квантитативне вредности од 0 до 18 поена.

У Табели 1. дат је табеларни приказ **Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система** где су за параметре (перформансе) који формирају модел дате одговарајуће варијантне карактеристике, односно варијанте решења, а вредности тих карактеристика изражене су индексним поенима.

Напомена: Укупна сума индексних поена у табели износи 100 поена, али ово не значи да неки анализирани систем може бити максимално вреднован са 100 поена, него минимум са 17 поена, а максимум са 71 поен из разлога што у оквиру различитих карактеристика параметара система, он може бити вреднован само на основу неке (а не свих) приказаних карактеристика.

²⁷ Kibert, C.J., *Forward: Sustainable Construction at the Start of the 21st Century*. International Electronic Journal of Construction (IeJC), 2003.

Табела 1. Приказ Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система

МОДЕЛ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА			
Назив бондручног или лаког монтажног система			
р.бр.	КРИТЕРИЈУМИ	ВАРИЈАНТЕ РЕШЕЊА	вредност (поени)
1.	КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ И ПРОЦЕС ИЗГРАДЊЕ (ТЕХНОЛОГИЈА ГРАЂЕЊА)	<p><i>Конструктивни систем:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> † скелетна конструкција † бондручна конструкција са једносратним стубовима - бондручна конструкција са двосратним стубовима † конструкција панелима † просторна конструкција (хелијски систем) <p><i>Процес изградње (технологија грађења):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - префабриковани елементи - делимична префабрикација и делимична израда на самом градилишту - елементи израђени на самом градилишту 	<p>6</p> <p>3</p> <p>1</p>
2.	СПОЉАШЊИ ИЗГЛЕД (ФИНАЛНА ОБРАДА)	<ul style="list-style-type: none"> - летве - даске - шиндра - водотпорна шперплоча - камен - фасадна опека - етернит - хераклит - комби-плоче - пластични малтер - систем даје једну врсту завршне обраде, - систем се мора и може прилагодити за примену различитих облога од предвиђених, - систем омогућава примену различитих финалних облога. 	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>
3.	ТОПЛОТНА И ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА	<p>Топлотна изолација</p> <p><i>употребљени материјали:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Експандирани Полистирен (EPS) - стаклена вуна - минерална вуна - камена вуна - ваздушни простор <p><i>„U“ вредност фасадног зида:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - < 0,25 [W/(m2K)] - 0,25-0,40 [W/(m2K)] - >0,40 [W/(m2K)] <p><i>„U“ вредност крова:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - < 0,22 [W/(m2K)] - 0,22-0,30 [W/(m2K)] - >0,30 [W/(m2K)] <p><i>„U“ вредност пода на тлу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - < 0,33 [W/(m2K)] - 0,33-0,40 [W/(m2K)] - >0,40 [W/(m2K)] <p>Звучна изолација</p> <ul style="list-style-type: none"> - удвојени дрвени профили код дилатационог зида 	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p>

4.	ОТПОРНОСТ НА ПОЖАР	<i>Пожарна издржљивост:</i> - < 30 минута - 30-60 минута - 60-90 минута - > 90 минута	1 2 3 4
5.	ЕКОНОМИЧНОСТ	- уштеда радне руке - < 5% више корисног простора у односу на масивну градњу - > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу - брже грађење - смањени грађевински отпад - лакше конструкције - „суви“ поступак монтирања	1 1 2 1 1 1 1
6.	ВЕЗИВНА СРЕДСТВА И ПОВЕЗИВАЊА ЕЛЕМЕНАТА	- ексери - вијци - назубљене плоче - челични спојеви - столарске везе	1 2 3 4 1
7.	ФЛЕКСИБИЛНОСТ	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи - спољашњи - унутрашњи и спољашњи	3 3 6
8.	УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ	- ниски трошкови грејања / хлађења - ниски трошкови енергије током производње елемената - ниски трошкови енергије за одржавање објекта	3 3 3

У зависности од броја освојених поена на бази вредновања анализираних система Моделом за вредновање бондручних и лаких монтажних система, предложено је вредновање система према следећим категоријама:

- Систем слабијег квалитета од 17 до 34 поена,
- Систем задовољавајућег квалитета од 35 до 52 поен и
- Систем изузетног квалитета од 53 до 71 поен.

3. АНАЛИЗА И ВРЕДНОВАЊЕ ПРИМЕРА СИСТЕМА ИЗ СКОПСКЕ ОБЛАСТИ

У овом делу истраживања акценат је стављен на анализу и вредновање традиционалне градске бондручне куће у Скопској области и „Треска“ система за лаке монтажне једнопородичне стамбене објекте.

3.1. Анализа и вредновање традиционалне градске бондручне куће у Скопској области у периоду 19-ог и раног 20-ог века

Градови у Македонији током историје су се развијали у извесним социјалним, културним и економским условима, базираним на традиционалном начину живота. Такав је пример и са градом Скопље. „У 5-ом веку Скупи постаје главни град префектуре Дарданије и епископска резиденција. У 11-ом веку се спомиње и скопски владика, а у 14-ом веку је престоница великог царства српског цара Душана. Први турски султани још док нису били освојили Цариград, имали су Скопље као једну од европских турских престоница (султан Бајазит је имао престоницу и у Едрењу и у Скопљу).“²⁸ Историјски развој града у Римском, рано Византијском, рано хришћанском, средновековном периоду и нарочито у времену Отоманског владања, створио је солидне основе за формирање урбаних структура градова. У времену владавине Отоманске империје дешава се пораст трговине и заната што је допринело и повећању економске моћи хришћанског становништва, које је почело градити своје куће са вишим стандардима живљења и побољшаним функционалним и естетским вредностима.

„Хришћанско становништво је заузимало брдовите делове градова и градило у изузетно густим урбаним структурама, док су муслимани живели у низинама, где су њихове куће имале велика дворишта посађена зеленилом. Куће су биле груписане у такозваним махалама које су задовољавале све економске и социјалне потребе становништва. Махале су уобичајено имале централне делове са фонтаном, продавницама, пекаром, мостом и слично.“²⁹

²⁸ Марула Николоска, *Градските куќи од 19 век во Македонија (просторна организација)*, Републички завод за заштита на спомениците на културата, Скопје, 2003, стр. 20

²⁹ Petar Namičev, Ekaterina Namičeva, *Traditional city house in Northeastern Macedonia*, P. Namičev, Skopje, 2014, str. 7

„Град Скопље у 18-ом и 19-ом веку је важан центар Отоманске администрације. Већи део града је био насељен на левој обали реке Вардар (стари део), а мањи део на десном (новом) делу. У овом периоду Скопље има око 48.000 становника, 1150 дућана, 50 пекара, 45 ханова, 3 бање. Поред великог броја објеката јавног карактера, био је и велики број породичних кућа (око 5.000), како муслиманског становништва, тако и урбане буржоазије хришћанског дела популације (слика 14.). Најбогатије муслиманске куће су биле лоциране поред реке Вардар, док су богати хришћани градили своје простране куће у источном делу града. Подела суседских јединица је била по етничкој линији, а ређе су биле помешане заједно. Најгушће насељена је била лева обала Вардара, претходно развијена са инфраструктурним системом и повезаношћу пијацом.“³⁰

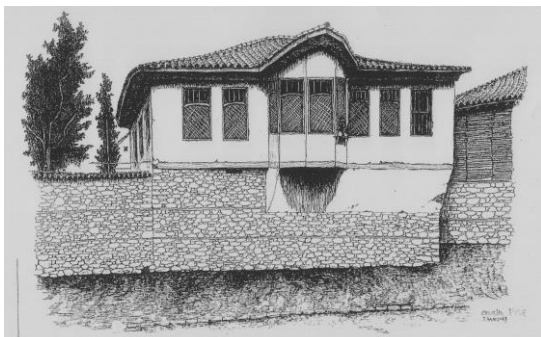


Слика 14. Градска кућа у Скопљу, изграђена 1836. године и још увек у функцији (национални ресторан) (извор: мр Гјорџи Димков)

Градске куће су садржале елементе културе живљења у урбаним структурама. Грађене су у компактним суседским структурама (слике 15. и 16.),

³⁰ Марула Николоска, *Градските куќи од 19 век во Македонија (просторна организација)*, Републички завод за заштита на спомениците на културата, Скопје, 2003, стр. 27

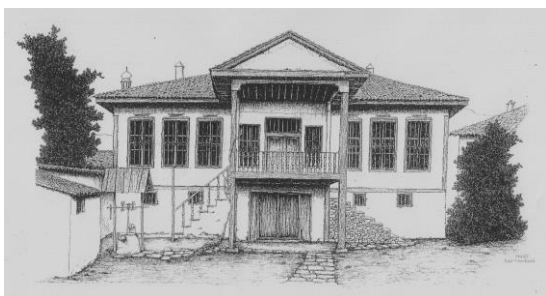
на малим парцелама, густо збијене, оријентисане у правцу светлости, видика и интимног живота у кући (слике 17. и 18.).



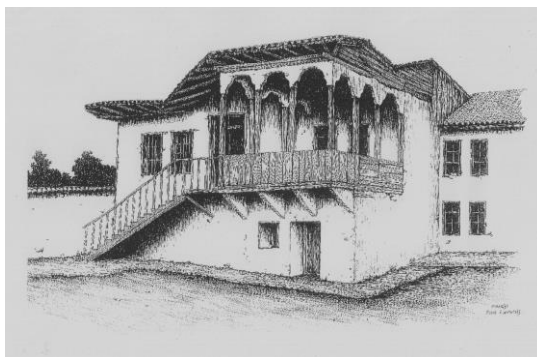
Слика 15.



Слика 16.



Слика 17.



Слика 18.

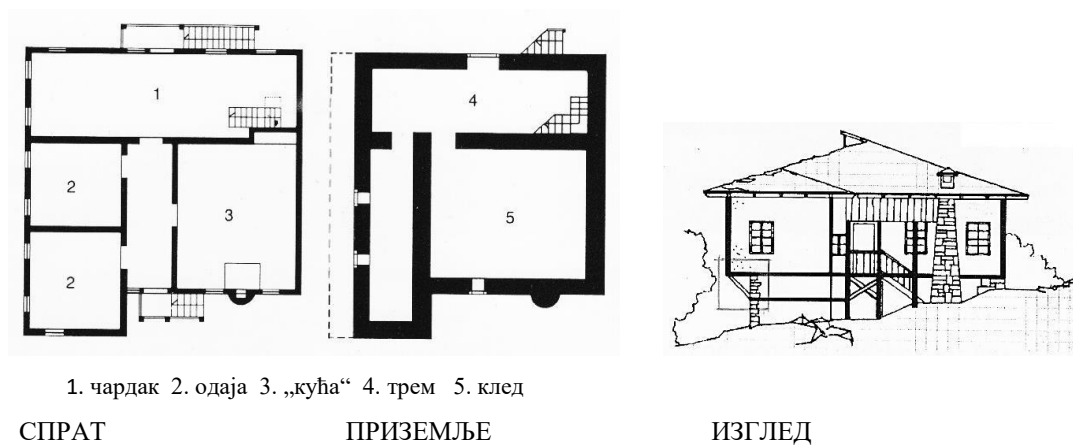
Слика 15. и 16. Затворени тип градске куће, Скопље, 19-ти век. Бондрук систем је примењен на првом спрату. Приземље је зидано каменом.

(Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014)

Слика 17. и 18. Градске куће са тремом-чардаком, Скопље крајем 19-ог века

(Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014)

У оквиру овог дела истраживања, анализиран је и вреднован пример старе куће у селу Кучково у околини Скопља (слика 19.). Објекат има приземље са економским просторијама (тремом и кледом – подрум за чување винских бачви) и спрат са чардаком, „кућом“ и два одајама повезаним ходником. Простор спрата је повећан еркером формираним избацивањем греда међуспратне конструкције, подупрете косницима.



Слика 19. Стара кућа у селу Кучково

(Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014)

3.1.1. Анализа и вредновање са техничког и технолошког аспекта

3.1.1.1. Конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)

У овом решењу градске куће се сусрећемо са правилном функционалном шемом, за коју се слободно може рећи да је потпуно савремена. Почевши од постављања објеката у односу на инсолацију и погледима према пејзажу, па све до организације унутрашњег простора и проветравања просторија прозорима постављеним у низу. Видимо да је народни мајстор добро познавао и савладао позитивне принципе решавања простора.

Обликовање самог објекта који има приземље и спрат, представља високо достигнуће естетске реализације архитектонског рашчлањавања маса, стварајући тако различите архитектонске мотиве. Однос између пуних зидних површина и отвора, као и њихових пропорција, стварали су одређене хармоничне ефекте, толико значајне за обликовање фасада.

Особни квалитет ове градске куће представља њена конструкција. Она је у својој суштини савремена, функционална и економична. Ова кућа представља јединство функције, конструкције и естетике, достижући јединствени склад архитектонског израза.

Првобитни грађевински материјали су: камен, дрво, креч, глина и песак, а техничка средства за грађење су била сасвим једноставна. Имајући у виду

наведене услове, способност и инвентивност народног мајстора долази до изражаја. Без статичких прорачуна, а на основу стеченог искуства и великим познавањем свог заната, који се преносио са колена на колено, народни неимари су створили рационалну и истовремено ненаметљиву конструкцију, водећи рачуна о функцију појединих елемената конструкције. Због тога, можемо констатовати да је функција конструктивног склопа јасно схваћена и доследно спроведена, а економичност се јавља као резултат познавања горе споменутих принципа. Конструктивни систем се састоји од масивних камених зидова у приземљу и дрвене бондручне конструкције на спратовима, где су зидови испуњени обрађеном глином (слика 20.).



Слика 20. Детаљ решења еркера са косницима

(*Traditional city house in Northeastern Macedonia, 2014*)

Бондручна конструкција примењена у овој градској кући Скопске области је дрвено-скелетна конструкција и састоји се од хоризонталних дрвених греда и вертикалних дрвених стубова димензијом 16/16см, учвршћених косницима. Бондручна конструкција омогућава испуштање делова на еркер ван равни приземља. Само препуштање спрата настаје због недостатка простора за организацију и има функционалну оправданост – повећава простор дајући му правилне облике. Ови испусти, такозвани *еркери*, су већих димензија и зато су подупрти косницима (слика 20.).

Косници су видни. Осим за подупирање еркера, косници се употребљавају и за прихватање других избачених делова, као што су: степенице, стрехе итд.

Слободно постављени дрвени стубови појављају се као носећи конструктивни елементи код улазног степеништа и код чардака. Дрвени стубови који се налазе у приземљу, постављају се на камени постамент у земљи. На горњој страни стуба се поставља дрвени профилисани елемент такозвани „јастук“, изнад којег се поставља хоризонтална греда изнад које се ослањају греде међуспратне конструкције.

„Темељи и приземни делови објекта су зидани каменом дебљине између 50-80см. Употребљено везивно средство је блато. Камени зидови се повезују дрвеним „сантрачима“ - једна врста дрвених серклажа који се постављају на висинском растојању од 80см. Камени зидови се не малтеришу због њихове отпорности на атмосферске промене. Камен који се употребљава је полуобрађен остаје видан, фугован дубоком фугом. Тако рустично обрађено приземље делује теже у односу на спрат, што је и логично, јер ови зидови носе конструкцију која се налази изнад приземља.“³¹

Градска кућа се завршава косим кровом. Због климатских услова без већих снегова кровови су са благим нагибом. Кровна конструкција је кров на столице. Начин повезивања дрвених елеманата крова је без присуства столарских веза, то јест, повезивање је једноставним ковањем великих ексера. Кров је покривен ћерамидом. Сама кровна конструкција се препушта ван равни зидова, у виду стрехе без олука са видљивим роговима, опшивено даскама. Тако препуштена стреха штити фасаду одбацујући атмосферску воду даље од зидних површина и истовремено представљајући логични завршетак у обликовању објеката. Објекат се завршава прилично истуреним богато профилисаним венцем. Венац је изведен на рабиц конструкцији.

Међуспратне конструкције су изведене дрвеним гредама на растојању које варира од 40-70см. Између њих су постављене кратке дрвене греде које служе за учвршћење система. Греде на међуспратној конструкцији код трема и чардака

³¹ Крум Томовски, *За конструкциите во народната архитектура на Македонија*. Зборник на Техничкиот факултет 1959-61 година - одделен отпечаток, Универзитет во Скопје, Скопје, 1959-61, стр. 7

остају видљиве. Тавани у осталим просторијама су обложени летвама чији се спојеви покривају дрвеним лајснама. Подови на спрату су дашчани, док су у приземљу од набијене земље.

Степеништа су дрвена са једним краком. Ово је пример куће са чардаком (слика 19.), са степеништем постављеним изван трема које воде до чардака, на спрату, одакле се улази у просторије за боравак. Постоје и унутрашња степеништа која повезују трем на приземљу и чардак на спрату. Израђена су хоризонталним и вертикалним даскама закованим на дрвеним образним гредама.

Описане конструкције и конструктивни елементи су они најбитнији и који се најчешће појављују. Овакво богатство конструкције, познавање материјала, његових карактеристика и обрада, осећај за статичке закономерности и естетика заступљена код решавања форме су резултат конструктивног решења. Оно показује и утврђује инвентивност и способност народног мајстора који је примитивним материјалима и исто таквим техничким средствима стварао путем најсавременијих грађевинских принципа. „Неке конструкције старих кућа служе као примери које се могу применити и у савременој градњи.“³²

Нажалост, у претходних 50-так година, у потрази за властитим „новим идентитетом“ модерног времена и потребе да се надмаши синдром инфериорности „балканског“, архитекте, али и само друштво, као да су заборавили овај сегмент материјалне културе и традиционалних вредности. Време које долази и неизвесност коју доноси, као да налажу потребу спонтаног повратка „старим коренима“ где се још увек могу наћи одговори на многе проблеме са којим се суочавамо на почетку 21-ог века, најављиваног као ера врхунске технологије, али и у које су пренете многе контроверзе прошлости, нарочито у односу на проблеме који су повезани озбиљно нарушеном равнотежом и квалитетом природне и животне средине. Насупрот томе, у условима постојања доказаних вредности традиционалне архитектуре и богатство типологије њене форме, парадоксалан је осећај потребе да се запитамо као архитекте и као грађани,

³² Крум Томовски, *За конструкциите во народната архитектура на Македонија*. Зборник на Техничкиот факултет 1959-61 година - одделен отпечаток, Универзитет во Скопје, Скопје, 1959-61, стр. 13

зашто се баш у подручју породичне куће дешава највећи „пад“ културе нашег животног простора.

„Основни разлог овога крије се у дугогодишњем стимулисању екстензивне изградње кроз један, хибридан модел градње породичних кућа у периоду након Другог светског рата. Овај „модел“ произилази потребом да се брже и радикалније изгради један нови, социјалистички просторни и културни концепт. Он је са једне стране, врло перфидно негирао онај традиционални као „идеолошки неприхватљив“, а са друге стране, је снажно стимулисао концепт такозване „усмерене стамбене изградње“ (из кога је и произашао поменути хибридни модел), идеолошки заснованом потребом за изградњу колективног, контролисаног, социјалног и урбаног простора.“³³ Исход оваквог дешавања данас је више него очигледан, а то је трајни прекид са једним врло значајним сегментом сећања на традиционалну градњу и тежња за градњом у духу регионалне архитектуре и неповратно пропуштена прилика за континуираним развојем њене (архитектонске) форме. Оно што би се данас евентуално могло критички анализирати као затечено стање на подручју архитектуре савремене породичне куће у Скопској области и Македонији, изазива забринутост, не само због стања у којем се она налази, него и због могућег исхода такве ситуације.

3.1.1.2. Спољашњи изглед (финална обрада)

Изглед спољашњег зида формира се тако што се са унутрашње и спољашње стране дрвеног бондручног скелета налазе приковане летве дебљине 1см преко којих се набацује малтер са обе стране зида. Овако формирана зидна структура се може користити за примену различитих облога од већ споменутих, и са унутрашње и са спољне стране зида као финална облога.

„Укупна дебљина једног таквог зида износи 20см и представља једну прилично лаку конструкцију са добрим изолационим карактеристикама.“³⁴

³³ Тихомир Стојков, *Practicum III* - бондручни и лесно-монтажни (БОЛМО) системи, збирка на работни цртежи, детали и проекти. 2006, стр.3

³⁴ Крум Томовски, *За конструкциите во народната архитектура на Македонија*. Зборник на Техничкиот факултет 1959-61 година - одделен отпечаток, Универзитет во Скопје, Скопје, 1959-61, стр. 3

Неки делови бондрука, као што су вертикални дрвени стубови на угловима, око прозора и чела међуспратних конструкција, представљају делове где се малтер слабо може задржати и зато се опшивају даскама. Ово опшивање има само чисто функционалну улогу при чему народни неимар показује истрајност код решавања и ових, на изглед ситних детаља. Са друге стране, ово опшивање естетски обогаћује фасаду. Они својом тамном патином представљају контраст белим и светло-обојеним зидним површинама.

У екстеријеру при обликовању куће примењивани су различити барокни стилски елементи. Декорација је нарочито изражена код прозорских оквира, на капителима стубова трема, облика и дизајна огњишта, код унутрашњих и спољашних врата и слично. „Градска кућа у Скопљу има богату опрему и декорацију у ентеријеру, где је циљ презентовање економске моћи фамилије, то јест буржоаског грађанског нивоа. Стилски украси су примењени у геометријским и другим декоративним детаљима ентеријера: шифоњера, балкона, стубова, ограда, степеништа, резбаних плафона, огњишта, оџацима и слично.“³⁵

Примењен је принцип различитог степена важности фасаде – главне, споредне и задње, што је у директној зависности у односу на оријентацију куће према улици и у зависности од визура. На главној фасади постоји највећи број прозора, док су бочне фасаде више затворене са мањим бројем прозора. Задња фасада је скроз затворена.

„Познавање примењених материјала, владање законима статике употребљених конструктивних система, указује на велику способност довођења конструкције и форме у савршену хармонију, остваривање такве архитектонске форме која представља највеће достигнуће у погледу пропорцијских односа површина, пуног и празног и мајсторску игру стереометријских форми – волумена.“³⁶

³⁵ Petar Namičev, Ekaterina Namičeva, *Traditional city house in Northeastern Macedonia*, P. Namičev, Скопје, 2014, str. 122

³⁶ Марула Николоска, *Градските куќи од 19 век во Македонија (просторна организација)*, Републички завод за заштита на спомениците на културата, Скопје, 2003, стр. 63

3.1.1.3. Топлотна и звучна изолација

„У зидовима бондручне конструкције као испуна се појављује плетер, сецкана слама, дрвене струготине, суви кукурузни листови и други материјали из природе. Овакав конструктивни третман зида доприноси да он има малу сопствену тежину.“³⁷ Простор између скелета бондручне конструкције је комплетно испуњен наведеним материјалима за изолацију, чиме су избегнути топлотни губици.

Прорачунати коефицијенат пролаза топлоте „U“ за спољашњи зид описан у претходном тексту, износи $U=0,48[W/(m^2K)]$. За претходно дату кровну конструкцију прорачунати коефицијенат пролаза топлоте износи $U=2,38[W/(m^2K)]$ због одсуства примене материјала за топлотну изолацију.

Из истог разлога и вредност прорачунатог коефицијента пролаза топлоте за под на тлу износи $U=2,50[W/(m^2K)]$. Овде је разлог разумљив због типа и намене просторија у приземљу куће (трем и клед).

Исте изолационе способности материјала уграђених у зидну конструкцију, које дају задовољавајуће „R“ вредности отпора пролазу топлоте спољашнег зида, исто тако смањују и инфилтрацију буке.

3.1.1.4. Отпорност на пожар

Дрво има додатну предност као грађевински материјал јер познајемо његову пожарну отпорност и зато се оно не деформише и има ниску термичку проводљивост.

„Овај објект без обзира на време његове градње, задовољава минималне критеријуме везане за противпожарне перформансе према грађевинским регулативима на пожар. У објекту са дрвеним бондручним скелетом постигнута је 30 минутна отпорност.“³⁸

³⁷ Љ. Томић, Д. Пљакоски, Љ. Филиповски, В. Бошковски, М. Стоилова, *Еркер и ограда во архитектурата*. Наша книга, Скопје, 1983, стр. 67

³⁸ Petar Namičev, Ekaterina Namičeva, *Traditional city house in Northeastern Macedonia*, P. Namičev, Скопје, 2014, str. 126

3.1.1.5. Економичност

Ефикасније грађење

„Суви“ поступак грађења, чини изградњу бржом, што резултује значајним бенефицијама у укупним трошковима градње.

Изградња бондручног дела објекта одвија се данима уместо месецима, што резултује битним уштедама радне снаге. Мање квалификована и јефтинија радна снага је потребна за изградњу оваквог типа куће. Смањен је грађевински отпад и због тога су такође повећане економске уштеде.

Уштеде и бенефити:

- * уштеда трошкова за израду мањих фундамената (као резултат лаке бондручне конструкције),
- * флексибилан унутрашњи распоред омогућава елиминацију унутрашњих неносивих зидова,
- * смањење штетне емисије CO₂,
- * употреба локалних грађевинских материјала,
- * одсуство топлотних мостова,
- * краће време за загревање просторија,
- * добијање флексибилних архитектонских решења.

Због смањене дебљине фасадних и преградних зидова у односу на зидове кућа масивне градње, део куће изведен у бондручном конструктивном систему обезбеђују 5-10% више простора за становање, а њихове топлотне перформансе омогућавају смањење трошкова грејања.

3.1.1.6. Везивна средства и повезивање елемената

Састав бондручних зидова и дрвених профила је импровизиран на самом месту, у зависности од потребе и у оквирима које омогућавају димензије дрвених елемената којим се располаже, као и распоред и величина отвора у зиду. Ту не постоји унапред одређени редослед или столарске везе елемената од дрвета - они су само резани и ковани ексерима по америчком принципу, али никада нису апсолутно обрађени и равни. Најчешће су само делимично обрађени и изрезани у мањим профилима и у мањим дужинама.

3.1.1.7. Флексибилност

Како је већ раније поменуто, приземни делови објекта су зидани каменом дебљине између 50 до 80см (у зависности од тога да ли су фасадни или унутрашњи преградни). Оваква конструкција не дозвољава никакву промену у односу на функционалну организацију самог приземља, то јест не постоји никаква флексибилност простора. Преградни зидови између просторија на спрату су бондручне конструкције формиране плетеном трском на вертикалним носивим дрвеним стубовима. Затим су малтерисани, то јест премазани врелим кречом. Градња оваквих зидова је лака, а отвори се могу направити на било ком месту. „Може се закључити да су на спрату формиране унутрашње просторије, отворани прозори и обликоване фасаде према жељи власника куће.“³⁹

Бондручна конструкција на спрату омогућава унутрашњи варијабилитет диспозиције стана (могућност за једну или више промена диспозиције групе просторија или целог стана, под условом да се не мења укупна површина и да се не врше промене у конструктивном систему) због тога што неносиви унутрашњи зидови могу бити елиминисани, могуће је стварање отворених пространих просторија, са великим отворима у самим зидовима. Бондручна конструкција такође омогућава и спољашњи варијабилитет диспозиције стана (могућност за промену диспозиције стана с циљем смањења или повећања укупне површине, то јест броја просторија у стану). Овакве промене у конструкцији и накнадна дограђивања нових просторија су једноставна и економична.

3.1.2. Анализа и вредновање са енергетског аспекта

3.1.2.1. Уштеда енергије

Кључ такозваног „зеленог грађења“ је смањење енергетске потрошње. Она се дешава и током експлоатације објеката и током производње материјала употребљених за изградњу објекта.

„Одличне термоизолационе карактеристике дају објектима изванредно ниске захтеве за грејање, хлађење и одржавање.“⁴⁰

³⁹ Душан Грабријан, *Македонска куќа* - или преод од стара ориенталска во современа европска куќа. Мисла, Скопје, 1986, стр. 147

⁴⁰ *Tackle Climate Change: Use Wood*, 2006, str. 65

Бондручни део традиционалне куће која је предмет анализе је грађен методом „сувог“ поступка. Током процеса изградње, вода се не употребљава. Традиционални радови као малтерисање и зидна обрада нису неопходни, па тако су и нижи трошкови грађења. Дакле, употреба енергије је мала током производње грађевинских материјала и елемената. Ово не само што има ефекте на смањење трошкова, већ и позитивне ефекте на животну околину.

3.2. Анализа система „Треска“ - Скопје

Земљотрес у Скопљу 1963. године поред жртава, проузроковао је и велику материјалну штету. „Стамбени проблем који је поред осталог био примаран и који је због своје хитности захтевао ефикасна решења, могао је једино бити остварен путем монтажне изградње.“⁴¹

Огромним залагањем одговарајућих органа тадашње Владе и ентузијазмом македонског народа са једне стране, и великом светском солидарношћу организованом преко Уједињених нација и других светских асоцијација и приватних организација за помоћ, дошло се до изузетних резултата. „Била су изграђена прва стамбена насеља са монтажним објектима: Тафталице, Козле, Пинтија, Железара, Бутел, Влае, Лисиче, Кисела Вода, Драчево, Жданец, Синђелић, 11. Октобар итд.“⁴²

У решавању стамбеног проблема, најреалније решење је била изградња приземних и једносратних монтажних објеката, зато јер су они гарантовали и брзину грађења и испуњење сеизмичких захтева. Реално је тврдити да су у тој години проблема неминовни били мањи или већи пропусти, данас подложни критици. Насеља су шематски постављена, са истим или сличним објектима, без визуелних контраста и са одсуством ликовних акцената.

Материјали као најпримарнији израз у реализовању архитектонске инвентивности, још више су допринели да се од различитих примењених система

⁴¹ Љупчо Филиповски, *Индустриска изградба на станови*, книга 2. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 1997, стр. 336

⁴² Ѓорѓи Димков, *Компаративна анализа на реализираните градежни системи во станбената населба „Аеродром“ - Скопје со индустриска префабрикација - аспекти на флексибилност и економичност* - магистерски труд. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 2005, стр. 1

(фински, енглески, чешки, немачки, аустриски, југословенски итд.) издвоји неколико који су представљали изванредна решења.

„У овој групацији су се издвојили фински системи „Путала“ и „Котки“, примењени у насељама Тафталице, Козле, Доње Водно, 11 Октобар, Лисиче, Синђелић итд.“⁴³

У том периоду изградње стамбених насеља монтажним објектима, прикључила се и дрвна индустрија „Треска“ из Скопља, нарочито заступљена у насељу Радишани, монтажним кућама које су биле део производног програма индустрије.

Тадашња Сложена организација удруженог рада шумарства, прераде дрвета и промета, је формирана дана 29.07.1950. године и била је сачињена од више мањих Радних организација у целој Македонији (у Скопљу, Струмици, Кичеву, Кочанима, Битољу, Берову, Македонском Броду, Виници, Кривој Паланци, Кавадарцима, Струги, Гостивару). Производни програм је обухватао израду: намештаја, галантерије, монтажних и викенд кућа, камп и ауто приколица, ентеријера друштвених објеката, производа стакло-пластика, столарије, дрвених производа (греде, фурнири, шперплоче, иверице, амбалаже, паркети итд.). Саставни део индустрије је било и шумарство: одгајање и искоришћавање шума, узгајање шума за властиту сировинску базу и сл.

Поред објеката са функцијом становања (који су предмет детаљније анализе у овом делу дисертације), индустрија „Треска“ је развила и систем монтажних објеката у функцији трговине, образовања, администрације, угоститељских објеката, здравствених центара, трговачких центара итд.; изведених у Македонији и у иностранству (трговачки центар у насељу Скопље-Север представљен на слици 21., објекат Лутрије Македоније у Скопљу, објекти у Брусу и на Копаонику - у Србији, школа у Русији итд.). Са гледишта спратности, објекти су били: приземни, приземље и спрат, приземље, спрат и поткровље.

Објекти који заслужују посебну пажњу су следећи стамбени објекти: 220 станова у Охриду, 120 станова у Светом Никољу, 800 станова у скопском насељу Радишани, 80 станова у Смедереву (Р. Србија) итд. У другој фази је било

⁴³ Љупчо Филиповски, *Индустриска изградба на станови*, книга 2. Универзитет “Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 1997, стр. 336

изграђено још 100 станова у насељу Радишани. Ови објекти су били изграђени у комбинованом систему - стубови од челика, међуспратне конструкције од сипорекса, поткровља од дрвене конструкције. Изграђено је било и 20 станова у Сремској Митровици (Р. Србија), где је облагање фасадних панела било изведено хераклитом и класичном фасадом.



Слика 21. Трговачки центар у насељу Скопље-Север (извор: мр Гјорџи Димков)

„Радна организација „Треска-Мебел“ са својим основним организацијама за производњу монтажних објеката и осталим основним организацијама које су биле у њеном саставу, својом опремљеношћу и способношћу, могла је годишње произвести око 80.000м² стамбеног и другог простора.“⁴⁴

Капацитет је зависио од врсте објеката који су се градили и од степена завршне обраде који се захтевао. Ако се захтевала производња само елемената монтажних објеката, онда се капацитет повећавао значајно.

Аутори пројеката система „Треска“ је група пројектаната пројектанског бироа „Монтажне куће - Дом“ (саставни део Радне организације „Треска-Мебел“). „Први префабриковани елементи система започињу да се производе 1975. године, а њихова производња завршила се 1995. године.“⁴⁵

⁴⁴ *Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)*. СОУР Треска – Скопје, Скопје, стр. 1

⁴⁵ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.

3.2.1. Анализа и вредновање са техничког и технолошког аспекта

3.2.1.1. Конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)

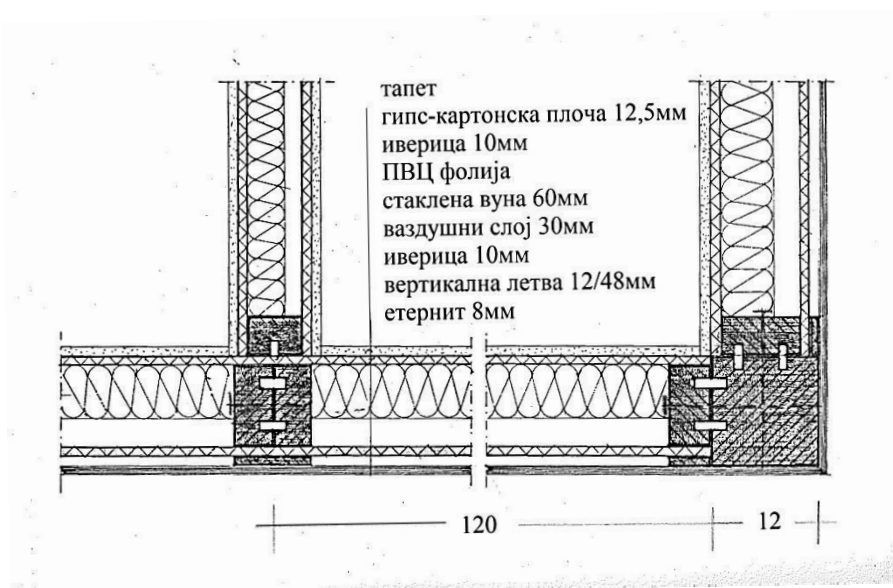
Систем префабрикованих елемената „Треска“ био је:

- панелни систем са уским панелима и
- панелни систем са широким панелима.

Панелни систем са уским панелима

Опис система

Систем се састајао од типских модуларних панела основним модулом од 120/250см или 120/300см (слика 22.).



Слика 22. Детаљ типског панела

(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))

Сваки панел је могао бити произведен у великим серијама, што је предуслов за постизањем економичности. Сваки панел је за себе представљао један полу-финални производ спреман за монтажу. Производили су се унутрашњи и спољашњи панели без отвора као и панели са прозорима и вратима. У одређеном типу и броју панела, још у фабрици су уграђиване цеви и дозне за развод електричне енергије, чиме се избегавало накнадно оштећење зидних панела.

Примењени материјали

Основна конструкција је била од чамовог рама димензија 5/8см до 5/10см. Дрво је било коришћено као носиви конструктивни елемент и није било потребно додатно појачање. Сви дрвени елементи су били заштићени растворима за заштиту од труљење и инсеката. Метални делови (везивна средства) су била заштићена од корозије. Облагање дрвеног рама је било иверицом. Топлотна изолација је била постигнута постављањем стаклене или минералне вуне различите дебљине у зависности од климатске зоне где се објекат градио. Парна брана у „сендвич“ зиду је била од PVC фолије.

Панелни систем са широким панелима

Објекти висином приземље и спрат (П+1)

То је био систем модуларно произведених панела. Димензије и величине панела су у зависности од архитектонског решења. Панели се повезују са претходно изведеним челичним конструктивним системом, формираним од челичних стубова димензија 8/8см до 14/14см, повезаним челичним гредама са „Г“ пресеком код ивичних носача или „I“ пресеком за средишње носаче.

Панели су високог степена финализације, са комплетном унутрашњом и спољашњом обрадом, са уграђеним унутрашњим слојем са материјалима за топлотну изолацију и са потребним инсталацијама (електричне и остале инсталације), прозори, врата и слично. Унутрашњи преградни зидови су изведени применом префабрикованих лаких панела уских димензија или на лицу места помоћу панела и димензијом профила 5/5см.

Применом панелног система са широким панелима скраћено је време монтаже на градилишту, зато што су панели били 60-70% финализовани у самој фабрици. То значи да су панели били произведени комплетно са свим потребним елементима, са уграђеним прозорима и вратима (финално обрађени и заштићени), са постављеним пластичним цевима и дознама за електричну инсталацију. Панелни систем са широким панелима захтева високи степен организације и извођење већег броја објеката, а то значи градњу у урбаним насељима. Због специфичности овог панелног система, рационално и економски-оправдано је да се изведе минимум 30 објеката на једном месту. „Због побољшања карактеристика система у односу на сеизмичке утицаје у регионима где је био

примењен, конструктивни систем је састављен од челичних стубова и греда и фасадних и преградних панелних зидова за испуну.⁴⁶

Објекти висине приземље, спрат и поткровље (П+I+Пк)

Услови за максимално искоришћавање стамбеног простора су довели до разраде поткровног простора тако да он буде што више искоришћен. Применом дрвета као основног конструктивног материјала и типских панела за испуну, добија се квалитетно-обликовани простор који је задовољио све захтеве удобног и сигурног становања.

Процес изградње

Дрвени конструктивни елементи су лаки по тежини и лако могу да се транспортују. На самом градилишту, на већ припремљеним бетонским темељним тракама и зидовима и на већ формираној бетонској плочи (платформи), процес изградње је могао започети фиксирањем прага и дрвеног или челичног скелета.

Помоћу механизације (дизалицама), префабриковани фасадни зидни панели су били преношени до пројектоване позиције и међусобно су били спајани. Затим су монтирани и унутрашњи зидни „сендвич“ елементи, док су преградни зидови око купатила били формирани од сипорекс елемената димензија 60/250см. Следило је формирање међуспратне конструкције. Код новијих објеката изведених овим системом, међуспратне конструкције су биле састављене од монтажних лаких бетонских (сипорекс) плоча фиксираних између челичних „Г“ профила. Након завршетка монтаже конструктивних елемената, следиле су: фасадна обрада, постављање кровног покривача (салонитне табле) и стаклене вуне као термоизолације крова, подне и плафонске облоге (гипс-картонске плоче) и финални занатски радови.

Једна кућа спратности П+1 и укупне површине око 100м² у насељу Радишани у Скопљу је била монтирана за укупно 5 дана са 5-6 радника и помоћу механизације.⁴⁷

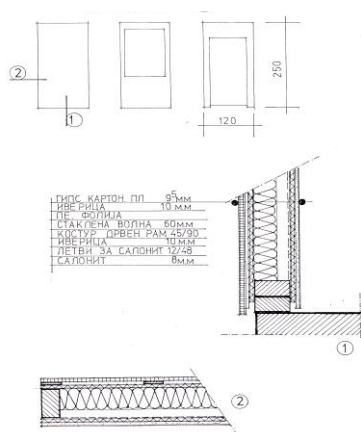
⁴⁶ *Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)*. СОУР Треска – Скопје, Скопје, стр. 3

⁴⁷ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.

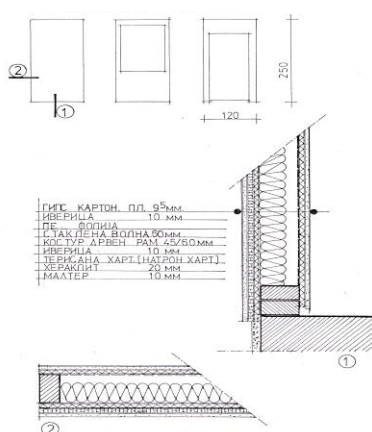
3.2.1.2. Спољашњи изглед (финална обрада)

„Сво обрађено дрво у елементима који су чинили систем било је термички обрађено и хемијски заштићено од инсеката и трулења. За производњу елемената су били употребљени квалитетни материјали. Избор материјала је био из домаће производње и сваки материјал је био атестиран. Овим атестима је било потврђено да употребљена иверица не сме да садржи формалдехиде.“⁴⁸

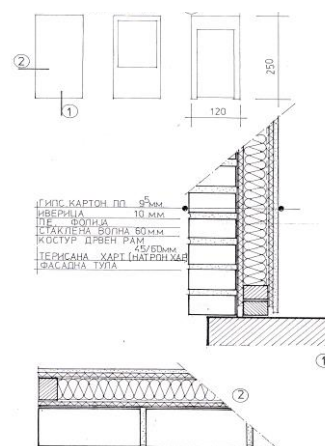
Фасадна обрада спољашњих панела је била даскама на перо и жљоб и равним салонитом (етернитом) као што је илустровано на сликама 23. и 26. Она се изводила након завршетка монтаже елемената. Могла је бити ситно-рустикална или грубо-прскана пластичним малтером. Њена предност је у томе што је ова финална облога била само-перива, а могла је бити израђена у разним нијансама. Са унутрашње стране, елементи су најчешће били облагани гипс-картонским плочама које су биле облепљене тапетама.



Слика 23.



Слика 24.



Слика 25.

Слика 23. Детаљ спољашњег панела са финалном облогом од равног салонита (етернитом)

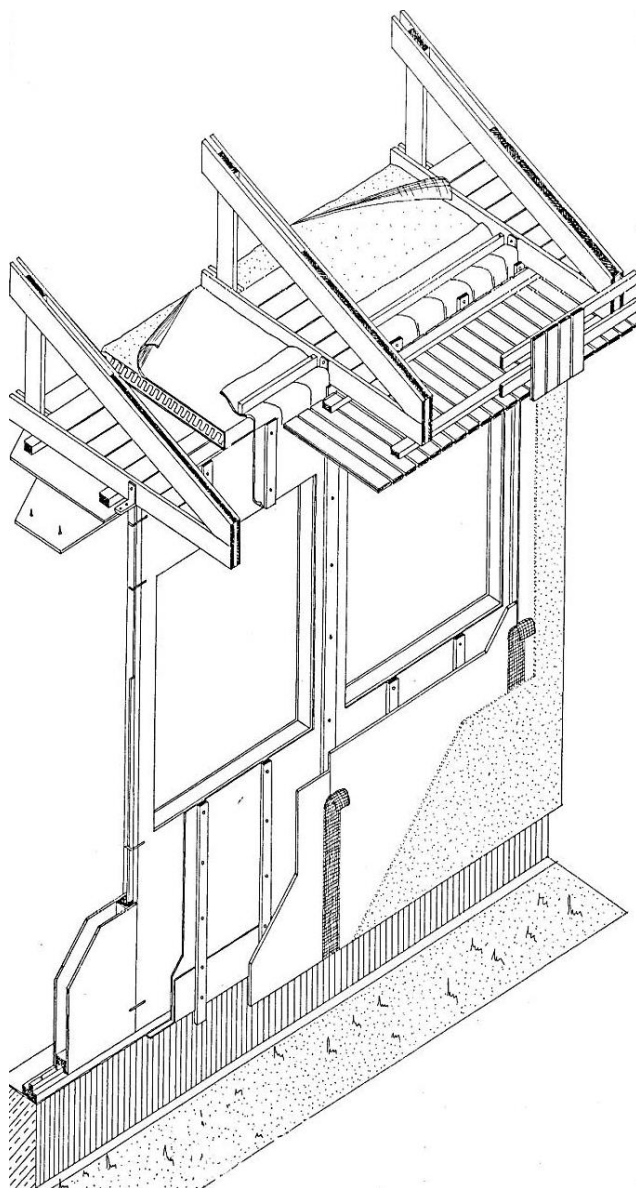
Слика 24. Детаљ спољашњег панела са малтером као финалном облогом

Слика 25. Детаљ спољашњег панела са фасадном опеком као финалном облогом

(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))

⁴⁸ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.

Варијантно решење фасадних панела је било и облагање хераклитом (плочама добијеним од дрвене вуне и цемента уз додатак природног минерализирајућег агенса) преко којег је био наносен малтер (слика 24.) и извођење завршне облоге фасадним опекама (слика 25.). У новијим објектима су биле примењене и облоге од комби-плоча или тврдо-пресованог стиропора + пластичног малтера или класичног малтера, или малтера ношеног на дашчаној рабиц-мрежи.



Слика 26. Аксонометријски приказ панелног система са уским панелима
(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))

3.2.1.3. Топлотна и звучна изолација

Топлотна изолација је била постављена тако да комплетно попуни празнину између дрвених рамова или да делимично попуни простор (остављањем ваздушног слоја за проветравање).

Најзаступљенија врста материјала за топлотну изолацију у систему „Треска“ у спољашњим зидовима, међуспратним конструкцијама и крововима, била је стаклена вуна у балама, а у новијим објектима и минерална и камена вуна.

„Дебљина слоја топлотне изолације је у зависности од врсте конструкције и климатске зоне где се градио објекат:

- за фасадни зид 6см или 2х4см,
- за преградни зид 4см,
- за међуспратну конструкцију 2х5см,
- за међуспратну конструкцију изнад које се налази тавански простор..... 2х5см.“⁴⁹

Прорачунати коефицијент пролаза топлоте „U“ за спољашњи панел са слике 23., али са 2х4см стаклене вуне као топлотну изолацију, износи $U=0,40[W/(m^2K)]$. За описану кровну конструкцију коефицијент пролаза топлоте износи $U=0,38[W/(m^2K)]$. Због одсуства материјала за топлотну изолацију вредност прорачунатог коефицијента пролаза топлоте за под на тлу је велика и износи $U=2,12[W/(m^2K)]$. Исте изолационе способности које дају високе „R“ вредности отпора пролазу топлоте фасадних панела и крова, у истом времену смањују и инфилтрацију буке. Овоме доприноси и постојање ваздушног слоја у фасадном „сендвич зиду“ који има двоструку улогу: природно вентилисање зида и као заштита од комуналне (спољашње) буке, то јест представља апсорбер енергије звука. У објектима двокућама, преградни дилатациони зид између две куће је био оформљен са удвојеним дрвеним профилима. Овим се обезбеђивала значајна баријера против ширења пожара и преношења звука. У „сендвичу“ слојева за међуспратну конструкцију, изнад плоче је била постављена амортизациона плоча због заустављања директног проласка ударног звука.⁵⁰

⁴⁹ *Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)*. СОУР Треска – Скопје, Скопје, стр. 2

⁵⁰ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.

3.2.1.4. Отпорност на пожар

Зграде, уређаји, намештај, опрема и остали запаљиви материјали, као на пример огрев, могу представљати опасност од пожара. А као што је познато, пожар се шири према фази развоја и временског растојања не само у границама пожарног сектора, него, под одређеним условима захватајући и ширу околину. Објекат носи са собом адекватна пожарна оптерећења јер у себи садржи одређене запаљиве материје. Пожарно оптерећење се изражава максималном количином запаљивог материјала и то у kJ/m^2 површину. То се одређује на основу утврђених критеријума које зависе од карактера објекта, количине и калоричне вредности запаљиве материје и од густине изграђености.

„Монтажне зграде, зграде лако-запаљивог материјала и бараке, имају следеће пожарно оптерећење:

- од крова 25kg/m^2
- од зидова 40kg/m^2
- од међуспратне конструкције 13kg/m^2
- од пода 3kg/m^2
- од намештаја 12kg/m^2
- од осталог материјала 2kg/m^2
- или укупно 95kg/m^2 ,

просечном калоричном вредношћу од $4.000 \text{ Kcal/kg} = 16.747 \text{ kJ/kg}$ ($1 \text{ cal} = 4,1868\text{J}$, то јест $1\text{Kcal} = 4.186,8\text{J}$). Према томе, просечно оптерећење ове врсте објеката износи $380.000 \text{ Kcal/m}^2 = 1.591 \text{ MJ/m}^2$.⁵¹

Код одређивања степена отпорности зграде према пожару, примењују се следеће дефиниције:

„1. Степен отпорности према пожару зграде или дела зграде је оцена отпорности према пожару, усклађена према отпорностима појединачних грађевинских елемената и конструкција које чине објекти.

2. Пожарно издвојени део зграде (пожарни сегмент) је део објекта који конструкционо и функционално чини једну грађевинску целину која је и пожарно издвојена од осталих делова зграде конструкцијама отпорним према пожару.

⁵¹ Збирка градежни прописи - извадок (преработена од ГП “Бетон“ - Скопје), Нова просвета, Белград, 1982, стр. 3

3. Пожарни сектор је основна просторна јединица објекта која се може самостално третирати у погледу неких техничких и организационих мера заштите од пожара, а одељен је од осталих делова објекта конструкцијама отпорним према пожару.

4. Граница пожарног сектора је препрека за ширења пожара и дима коју чине грађевински елементи и/или конструкције којима је пожарни сегмент (или зграда) подељен на пожарне секторе.⁵²

Степен отпорности зграде према пожару се одређује на основу процене ризика од пожара (угрожености и повредивости) за лица која бораве у згради и за саму зграду. Он мора бити најмање такав да се омогући успешна евакуација свих лица која се могу наћи унутар зграде и започне ватрогасна интервенција.

„Отпорност зграде према пожару узорака за испитивање мора бити време (изражено у минутима) трајања загревања док се не деси прекорачење неког од критеријума - носивости, изолације, интегритета узорка.“⁵³

Отпорност према пожару може се тестирати у лабораторији у складу са македонским стандардима, а на основи Правилника о мерама заштите од пожара и експлозија (објављеног у Службеном гласнику Р. Македоније бр. 99/2017 од 03.08.2017).

Фасадни зидни „сендвич“ панел система „Треска“ је био лабораторијски тестиран пламеником, са унутрашње стране зида, и резултат испитивања је био 120 минута до коначног горења свих делова зида.⁵⁴

3.2.1.5. Економичност

Систем је био применљив за слободно стојеће куће, за двокуће, за куће у низу, за терасасте куће, и то спратности П, П+1, П+1+Пот. Поред стамбених објеката, он је био коришћен и за остале врсте објеката (административне, трговинске, образовне и т.д.).

⁵² Миодраг Исаиловић, *Технички прописи о заштити од пожара и експлозија*, СМЕИТС, Београд, 2002, стр. 74

⁵³ Миодраг Исаиловић, *Технички прописи о заштити од пожара и експлозија*, СМЕИТС, Београд, 2002, стр. 83

⁵⁴ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.

Овај систем омогућавао је и професионални грађевински процес и такозвану самоградњу. Монтажа елемената на градилишту је била једноставна као резултат стандардизоване градње. Због префабриковане градње и комплетног „сувог“ поступка монтаже, изградња је била бржа, што је резултовало значајним уштедама средстава.

Готови елементи произведени у погонима фабрике, за једну кућу која има спратност П+1, били су монтирани на самом градилишту за само 5 дана, помоћу механизације - дизалицама. Због високог нивоа префабрикације, радни трошкови су били редуковани и због чињенице да је грађевински процес био рационализован и ефикасан. Систем је омогућавао и уштеде у радној снази. За монтирање једне куће која је имала спратност П+1 било је довољно 5-6 радника.

„У периоду производње елемената овог система (1975-1995. год.) због тадашње високе цене дрвета као сировине, крајња цена објеката изведених системом „Треска“ била је само 10-20% нижа у односу на цену објеката изведених класичним методама грађења.“⁵⁵ Уштеде код овог система су биле видљиве и код трошкова израде фундамената, који су мањих димензија због лакше конструкције.

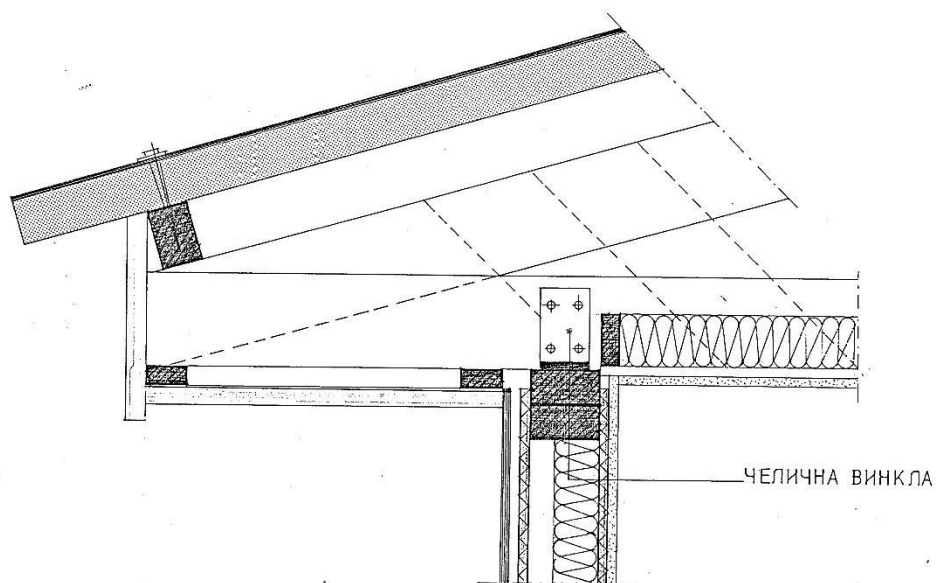
3.2.1.6. Везивна средства и повезивање елемената

Монтажни елементи система су били лаки, а током монтаже би се повезивали машинским шрафовима који су везу чинили квалитетном, а објекат монтажно-демонтажног карактера. Метални делови - везивна средства су били заштићени од корозије. Поред машинских шрафова, као везивна средства су били употребљени и ексери и столарске везе са спојницом од тврдог дрвета.

Када је био примењен дрвени скелет, праг и дрвени стубови скелета су били причвршћени за бетонски темељни зид анкерованим челичним флаховима. Код објеката где је био примењен челични скелет, стубови су били причвршћивани на већ-анкерованим машинским шрафовима у бетонске темељне зидове.

Кровне решетке су причвршћиване за дрвену венчаницу (или за челичну греду скелета), помоћу челичних винкли са обе стране решетке (слика 27.).

⁵⁵ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.



Слика 27. Детаљ повезивања кровне решетке са фасадним панелом изведеног системом „Треска“ - Скопље

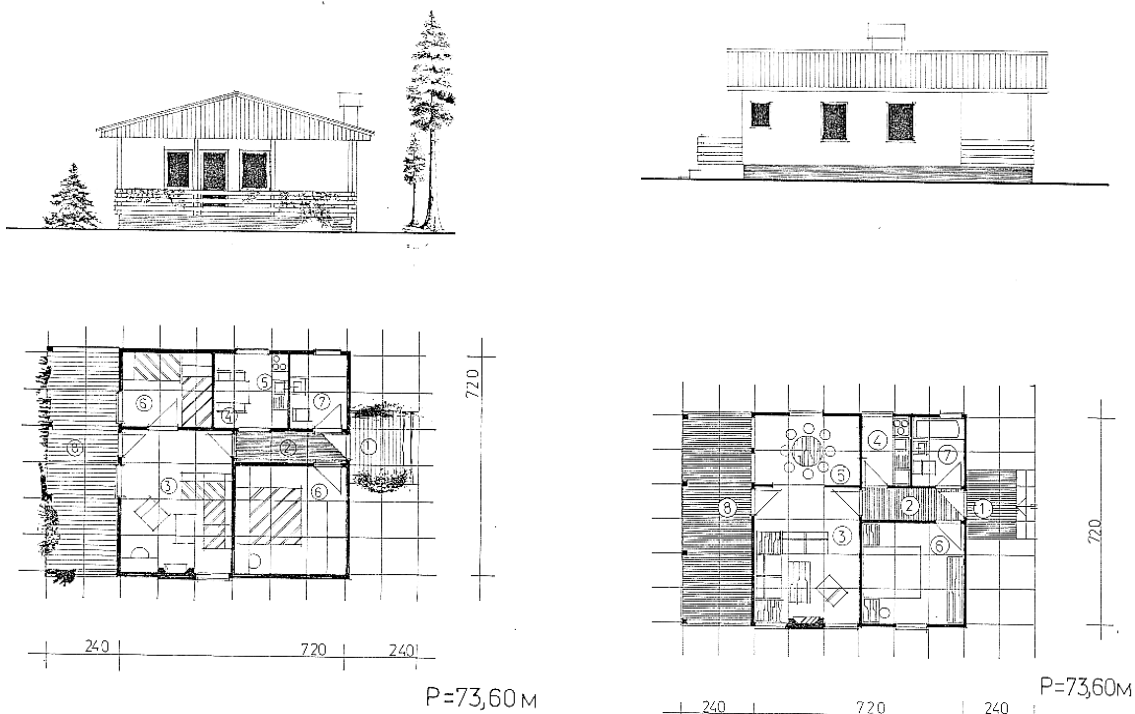
(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))

3.2.1.7. Флексибилност

Систем монтажних објеката „Треска“ – Скопље је дао велики број могућих решења и то од малих до великих квадратура, као и варијације у погледу спратности објекта, што говори о његовој флексибилности. Био је примењен основни конструктивни модул од 120 см, у оба ортогонална смера. Пројектоване су слободно-стојеће куће, двокуће и куће у низу, и то:

- бунгалови површине од 24 до 55 м²,
- приземни станови са гаражом површине од 70+24 до 130+16 м²,
- приземне куће површине од 28 до 222 м²,
- куће спратности П+1 површине од 81 до 102 м²,
- куће спратности П+Пот. површине од 56 до 124 м².

На слици 28. су представљене основе и фасаде приземних кућа са корисном површином од 73,6 м² где је примењен унутрашњи варијабилитет, то јест, измењена је диспозиција групе просторија без извршених промена у конструктивном систему.

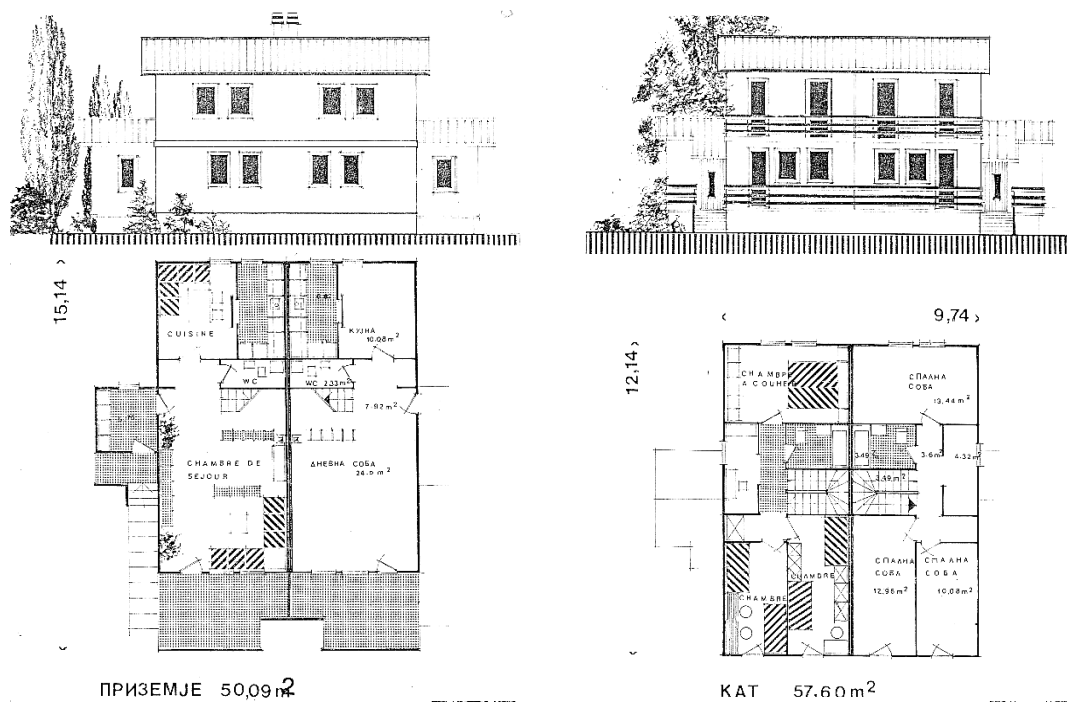


Слика 28. Приземни објекти изведени системом „Треска“ где је примењен унутрашњи варијабилитет диспозиције стана

(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))

На слици 29. представљене су основе и фасаде једносратних кућа са корисном површином по стану од 81 до 107 м² где је примењен спољашњи варијабилитет диспозиције стана, додавањем по једног конструктивног модула са обе стране двокуће.

Велики број различитих функционалних решења су доказ више о инвентивности пројектанског тима и о могућностима флексибилности и варијабилности диспозиције станова грађених овим системом.



Слика 29. Једносратни објекти изведени системом „Треска“ где је примењен спољашњи варијабилитет диспозиције стана

(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))

3.2.2. Анализа и вредновање са енергетског аспекта

3.2.2.1. Уштеда енергије

„Концепт и дизајн система „Треска“ одржава трошкове грејања и хлађења на минимуму. Трошкови су у односу на класично грађене куће били мањи и до 30% на годишњем нивоу.“⁵⁶

Зидни панели и кровни систем, врата и прозори са добрим карактеристикама у погледу заптивености и адекватна оријентација објеката на самој локацији су обезбеђивали значајне енергетске уштеде. Грађевински материјали примењени као спољна или унутрашња облога су предуслов зашто су објекти изведени овим системом еколошки и одрживи, у условима здравог и комфорог становања. Карактеристике употребљене топлотне изолације у различитим конструктивним деловима објекта, које су значајно допринеле постизању укупних „R“ вредности отпора пролазу топлоте и „U“ вредности

⁵⁶ Андоноски, Трајче. Интервју. 18. Аугуст 2010.

коефицијента пролаза топлоте, у исто време је значило и да је објекат употребљавао и мање енергије.

Систем је био грађен методом суве градње. Традиционалне врсте радова као малтерисање и зидна обрада су такође били непотребни, па су зато били и мањи укупни трошкови грађења. Дакле, употреба енергије је била мала и током производње грађевинских материјала и елемената, и током експлоатације самог објекта.

3.3. Кратак преглед карактеристика система

Сумирани резултати на основу анализе традиционалне бондручне куће у селу Кучково приказани су у Табели 2, а панелног система „Треска“ из Скопља у Табели 3., урађени у претходном делу дисертације, у односу на параметре (перформанси) које дефинишу Модел за вредновање бондручних и лаких монтажних система.

У односу на број освојених поена на бази вредновања анализираних система Моделом за вредновање бондручних и лаких монтажних система, а на бази предложених категорија система у делу 2.3. ове дисертације, може се констатовати да анализирана традиционална бондручна кућа у селу Кучково је задовољавајућег квалитета (са добијених 37 поена), док панелни систем „Треска“ - Скопље је изузетног квалитета (са добијених 58 поена).

Табела 2. Приказ Модела за вредновање традиционалне бондручне куће у селу Кучково

МОДЕЛ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА			
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково (Скопље)			
р.бр.	КРИТЕРИЈУМИ	ВАРИЈАНТЕ РЕШЕЊА	вредност (поени)
1.	КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ И ПРОЦЕС ИЗГРАДЊЕ (ТЕХНОЛОГИЈА ГРАЂЕЊА)	<i>Конструктивни систем:</i> - масивни камени зидови (на приземљу) † бондручна конструкција са једносратним стубовима (на спрату) <i>Процес изградње (технологија грађења):</i> - елементи израђени на самом градилишту	1
2.	СПОЉАШЊИ ИЗГЛЕД (ФИНАЛНА ОБРАДА)	- камен - малтер - систем се мора и може прилагодити за примену различитих облога од предвиђене	1 1 2
3.	ТОПЛОТНА И ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА	Топлотна изолација <i>употребљени материјали:</i> - плетер - сецкана слама - дрвне струготине - суви кукурузни листови <i>„U“ вредност фасадног зида:</i> - >0,40 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност крова:</i> - >0,30 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност пода у додиру са тереном:</i> - >0,40 [W/(m2K)]	1 1 1 1 1 1 1
4.	ОТПОРНОСТ НА ПОЖАР	<i>Пожарна издржљивост:</i> - 30-60 минута	2
5.	ЕКОНОМИЧНОСТ	- уштеда радне руке - > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу - брже грађење - смањени грађевински отпад - лакше конструкције - „суви“ поступак монтирања	1 2 1 1 1 1
6.	ВЕЗИВНА СРЕДСТВА И ПОВЕЗИВАЊА ЕЛЕМЕНАТА	- ексери	1
7.	ФЛЕКСИБИЛНОСТ	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи и спољашњи	6
8.	УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ	- ниски трошкови за грејање / хлађење - ниски трошкови за енергију током производње елемената - ниски трошкови за енергију за одржавање објекта	3 3 3

$\Sigma=37$

Табела 3. Приказ Модела за вредновање панелног система „Треска“ – Скопље

МОДЕЛ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА			
Панелни систем „Треска“ - Скопље			
р.бр.	КРИТЕРИЈУМИ	ВАРИЈАНТЕ РЕШЕЊА	вредност (поени)
1.	КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ И ПРОЦЕС ИЗГРАДЊЕ (ТЕХНОЛОГИЈА ГРАЂЕЊА)	<i>Конструктивни систем:</i> - конструкција панелима <i>Процес изградње (технологија грађења):</i> - префабриковани елементи	6
2.	СПОЉАШЊИ ИЗГЛЕД (ФИНАЛНА ОБРАДА)	- даске - фасадна опека - етернит - хераклит - комби-плоче - пластични малтер - систем омогућава примену различитих финалних облога	1 1 1 1 1 1 3
3.	ТОПЛОТНА И ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА	Топлотна изолација <i>употребљени материјали:</i> - стаклена вуна - минерална вуна - камена вуна - ваздушни простор <i>„U“ вредност фасадног зида:</i> - 0,25-0,40 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност крова:</i> - >0,30 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност пода у додиру са тереном:</i> - >0,40 [W/(m2K)] Звучна изолација - удвојени дрвени профили код дилатационог зида	1 1 1 1 2 1 1 1
4.	ОТПОРНОСТ НА ПОЖАР	<i>Пожарна издржљивост:</i> - > 90 минута	4
5.	ЕКОНОМИЧНОСТ	- уштеда радне руке - > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу - брже грађење - смањени грађевински отпад - лакше конструкције - „суви“ поступак монтирања	1 2 1 1 1 1
6.	ВЕЗИВНА СРЕДСТВА И ПОВЕЗИВАЊА ЕЛЕМЕНАТА	- ексери - вијци - челичне спојке - столарске везе	1 2 4 1
7.	ФЛЕКСИБИЛНОСТ	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи и спољашњи	6
8.	УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ	- ниски трошкови за грејање / хлађење - ниски трошкови за енергију током производње елемената - ниски трошкови за енергију за одржавање објекта	3 3 3

$\Sigma=58$

4. КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ТРАДИЦИОНАЛНЕ БОНДРУЧНЕ КУЋЕ И „ТРЕСКА“ СИСТЕМА ЗА ЈЕДНОПОРОДИЧНЕ СТАМБЕНЕ ОБЈЕКТЕ У СКОПСКОЈ ОБЛАСТИ

Главне карактеристике појединачних параметара већ оформљеног Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система, опширније су описане у другом делу дисертације. Према њима, а помоћу методолошких поступака и техника наведених у првом делу дисертације (Увод - Методолошки оквир истраживања) и при постојању оскудних података за неки систем који би хтели анализирати, систем можемо врло лако вредновати и упоредити са другим системом за који постоје опширнији подаци у односу на сваки појединачни параметар Модела.

Ту свакако треба напоменути чињеницу да када се анализирају различити бондручни или лаки монтажни системи (пореклом из једне или из различитих земаља), и у оквирима једног истог конструктивног система, могу се појавити различите карактеристике у оквирима појединачних параметара дефинисаног Моделом за вредновање.

Разлике су највише изражене у употребљеним материјалима за финалну обраду, то јест у спољашњем изгледу објекта, као и у димензијама и врстама употребљених материјала у различитим конструктивним и неконструктивним елементима објекта. Од њих затим зависе и вредности које ће се добити у параметрима: топлотна и звучна изолација, отпорност на пожар и слично.

Такође, по већ дефинисаном Моделу за вредновање може се извршити компарација бондручних или лаких монтажних система који припадају групама са различитим конструктивним системима и пореклом из различитих земаља, и на тај начин да се покажу предности или недостаци анализираних система.

У компаративној анализи појединачних параметара Модела за вредновање бондручних или лаких монтажних система која следи, упоређени су међусобно традиционална бондручна кућа у селу Кучково и панелни систем „Треска“ из Скопља.

4.1. Компаративна анализа примера са техничког и технолошког аспекта

У Табели 4. су дате компаративне вредности анализираних система које се односе на први параметар Модела - „конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)“.

Табела 4. Компарација на основу параметра „конструктивни систем и процес изградње (технологија грађења)“

Назив система	Конструктивни систем	Процес изградње	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	- масивни камени зидови (на приземљу) † бондручна конструкција са једносратним стубовима (на спрату)	- елементи израђени на самом градилишту	1
„ТРЕСКА“ - Скопље	- конструкција панелима	- префабриковани елементи	6

Констатација: постоји драстична разлика у конструктивним системима и процесу изградње (технологија грађења) традиционалне бондручне куће и панелног система „Треска“ и сходно томе освојени су поени при вредновању типа конструктивног система.

Током изградње традиционалне бондручне куће у селу Кучково употребљени су елементи који се израђују искључиво на самом градилишту, због чега је овај систем вреднован минималним индексним поенима у односу на панелни систем „Треска“ - Скопље код кога су примењени комплетно префабриковани елементи.

У Табели 5. су дате компаративне вредности другог параметра Модела - „Спољашњи изглед (финална обрада)“ за анализираних система који су били предмет истраживања трећег дела дисертације.

Табела 5. Компарација на основу параметра „спољашњи изглед (финална обрада)“

Назив система	Материјали за финалну обраду	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	- камен	1
	- малтер	1
	- систем се мора и може прилагодити за примену различитих облога од предвиђених	2
„ТРЕСКА“ - Скопље	- даске	1
	- фасадна опека	1
	- етернит	1
	- хераклит	1
	- комби-плоче	1
	- пластични малтер	1
	- систем омогућава примену различитих финалних облога	3

Констатација: панелни систем „Треска“ – Скопље је употребљавао већи број различитих материјала за финалну обраду у односу на традиционалну бондручну кућу у селу Кучково, због чега је вреднован већим бројем индексних поена.

У Табели 6. дате су компаративне вредности анализираних система које се односе на трећи параметар Модела - „топлотна и звучна изолација“.

Табела 6. Компарација на основу параметра „топлотна и звучна изолација“

Назив система	Топлотна изолација	Вредност (поени)	Звучна изолација	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	употребљени материјали:			
	- плетер	1		
	- сепкана слама	1		
	- дрвне струготине	1		
	- суви кукурузни листови	1		
	„U“ вредност фасадног зида:		/	
	- >0,40 [W/(m ² K)]	1		
	„U“ вредност крова:			
- >0,30 [W/(m ² K)]	1			
„U“ вредност пода у додиру са тереном:				
- >0,40 [W/(m ² K)]	1			

„ТРЕСКА“ - Скопље	употребљени материјали:	1	удвојени дрвени профили код дилатационог зида	1
	- стаклена вуна	1		
	- минерална вуна	1		
	- камена вуна	1		
	- ваздушни простор			
	„U“ вредност фасадног зида:	2		
	- 0,25-0,40 [W/(m2K)]			
„U“ вредност крова:	1			
- >0,30 [W/(m2K)]				
„U“ вредност пода у додиру са тереном:	1			
- >0,40 [W/(m2K)]				

Констатација: оба система употребљавају једнак број различитих материјала за топлотну изолацију који имају сличне „U“ вредности фасадног зида и пода на тлу. Постоји велика разлика у вредностима „U“ коефицијента за кров објекта анализираних система, због употребе топлотне изолације у структури кровне конструкције код система „Треска“ – Скопље.

Што се тиче звучне изолације код ових система, видљива је примена удвојених дрвених профила код дилатационог зида између два спојена објекта система „Треска“ - Скопље, са циљем конструктивног раздвајања и заустављања директног проласка звука.

У Табели 7. дате су компаративне вредности анализираних система које се односе на четврти параметар Модела - „отпорност на пожар“.

Табела 7. Компарација на основу параметра „отпорност на пожар“

Назив система	Отпорност на пожар	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	30-60 мин. пожарне издржљивости	2
„ТРЕСКА“ - Скопље	>90 мин. пожарне издржљивости	4

Констатација: време трајања отпорности на пожар код панелног система „Треска“ је четири пута већа због употребљеног азбест-цементног равног

салонита (етернита) у фасадном „сендвич“ зиду који је био подложен лабораторијском испитивању и поседује атест.

У Табели 8. дате су компаративне вредности анализираних система које се односе на пети параметар Модела - „**економичност**“.

Табела 8. Компарација на основу параметра „економичност“

Назив система	Економичност	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	- уштеда радне снаге	1
	- > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу	2
	- брже грађење	1
	- смањени грађевински отпад	1
	- лакше конструкције	1
	- „суви“ поступак монтирања	1
„ТРЕСКА“ - Скопље	- уштеда радне снаге	1
	- > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу	2
	- брже грађење	1
	- смањени грађевински отпад	1
	- лакше конструкције	1
	- „суви“ поступак монтирања	1

Констатација: резултати вредновања економске уштеде анализиране традиционалне бондручне куће у селу Кучково и панелног система „Треска“ – Скопље су комплетно једнаки како у односу на варијанте различитих решења, тако и у односу добијених поена сходно томе.

У Табели 9. дате су компаративне вредности анализираних система које се односе на шести параметар Модела - „**везивна средства и повезивања елемената**“.

Табела 9. Компарација на основу параметра „везивна средства и повезивања елемената“

Назив система	Везивна средства и повезивања елемената	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	- ексери	1
„ТРЕСКА“ - Скопље	- ексери	1
	- вијци	2
	- челичне спојнице	4
	- столарске везе	1

Констатација: начин повезивања елемената је различита код ових анализираних система, а панелни систем „Треска“ употребљава већи број различитих везивних средстава због чега је вреднован већим бројем индексних поена.

У Табели 10. дате су компаративне вредности анализираних система које се односе на седми параметар Модела - „флексибилност“.

Табела 10. Компарација на основу параметра „флексибилност“

Назив система	Флексибилност	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи и спољашњи	6
„ТРЕСКА“ - Скопље	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи и спољашњи	6

Констатација: код оба анализирана система је заступљен високи степен варијација диспозиције стана (спољашње и унутрашње).

4.2. Компаративна анализа примера са енергетског аспекта

У Табели 11. дате су компаративне вредности анализираних система које се односе на осми параметар Модела - „уштеда енергије“.

Табела 11. Компарација на основу параметра „уштеда енергије“

Назив система	Уштеда енергије	Вредност (поени)
Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	- ниски трошкови за грејање / хлађење	3
	- ниски трошкови за енергију током производње елемената	3
	- ниски трошкови за енергију за одржавање објекта	3
„ТРЕСКА“ - Скопље	- ниски трошкови за грејање / хлађење	3
	- ниски трошкови за енергију током производње елемената	3
	- ниски трошкови за енергију за одржавање објекта	3

Констатација: код оба анализирана система је евидентна уштеда енергије због ниских трошкова за грејање и хлађење просторија, као и због ниских енергетских трошкова током производње елемената и током одржавања објеката.

4.3. Дефинисање недостатака и предности

Процесом оцењивања традиционалне бондручне куће у селу Кучково и панелног система „Треска“ из Скопља и компаративном анализом добијених резултата оценивања Моделом за вредновање бондручних и лаких монтажних система, доказано је да примена дрвета може да утиче на техничке, еколошке, економске и енергетске карактеристике зграда .

На основу резултата добијених анализом и вредновањем техничких, технолошких и енергетских перформанси наведених примера, може се закључити да је панелни систем „Треска“ – Скопље вреднован у категорији система изузетног квалитета (са добијених 58 поена), 21 поен више у односу на анализирану традиционалну бондручну кућу у селу Кучково која је вреднована у категорији система са задовољавајућим квалитетом (са добијених 37 поена),

Технологија грађења објекта, структура фасадних зидова и примена различитих финалних облога и везивних средстава, према претходним анализама, имају највећи утицај на наведене разлике у оцени техничких, технолошких и енергетских перформанси, те је због тога њихова оптимизација од изузетног значаја.

На основу урађене компаративне анализе наведених примера, може се констатовати да су предности панелног система „Треска“ из Скопља у односу на традиционалну бондручну кућу у селу Кучково следеће:

- висок степен префабрикације конструктивних елемената,
- имајући у виду да је цео објекат изведен лаким монтажним панелима (у односу на традиционалну кућу где је примењена бондручна конструкција само на спрату објекта), укупна конструкција је лакша са лакшим и мањим темељима,
- брже извођење / краће време за завршетак објекта,
- боља термичка изолованост / ниже “U” вредности фасадних зидова, међуспратне таванице у поткровљу и крова,
- могућност примене већег броја различитих материјала за финалну облогу фасадних зидова,
- време трајања отпорности на пожар је четири пута веће због употребљеног азбест-цементног равног салонита (етернита) у фасадном „сендвич“ зиду који је имао лабораторијски атест,
- употребљава већи број различитих везивних средстава и врста повезивања елемената.

Резултати вредновања анализираних традиционалних бондручних кућа у селу Кучково и панелног система „Треска“ – Скопље показују да оба система су вреднована подједнако због истог броја али различитих употребљених материјала за топлотну изолацију; као и у односу на степен могућности унутрашњег и спољашњег варијабилитета диспозиције стана и у односу на економску уштеду енергије због ниских трошкова за грејање и хлађење просторија и због ниских енергетских трошкова током производње елемената и током одржавања објеката. Због разлике у конструктивним системима и процесу изградње (технологија

грађења) традиционалне бондручне куће и панелног система „Треска“, евидентан је недостатак у квалитету куће у селу Кучково.

Приземље ове куће је изведено од масивних камених зидова, а спрат објекта је изграђен од дрвене бондручне конструкције. Оба спрата куће се изводе на лицу места, што резултује споријом градњом објекта, масивнијим темељима због масивних камених зидова у приземљу, и без могућности за флексибилношћу просторија приземља као и примена мањег броја различитих везивних средстава.

Конструкција фасадних зидова на спрату и кровне конструкције анализирани бондручне куће имају мање освојених поена приказаних у табели са параметрима код параметара за спољашњи изглед (финална обрада) објекта, топлотну и звучну изолацију, отпорности на пожар, у односу на панелни систем „Треска“.

С циљем остраживања наведених недостатака, традиционална бондручна кућа у селу Кучково може бити полазна основа за формирање референтног типа, као предлог за модификовање традиционалног бондручног система применом савремених техничких решења, што је био и један од основних задатака истраживања.

Референтни тип ће бити добијен процесом оптимизације енергетских перформанси елемената структуре већ анализирани бондручне куће у селу Кучково, применом савремених материјала који испуњавају савремене захтеве за топлотну и звучну изолацију, обликовне карактеристике, сигурност конструктивног система и технологије грађења, односно флексибилност и уштеду енергије за климатске услове у Скопској области.

Тако на пример, спољашњи зидови могу се много квалитетније оформити, како по питању завршне фасадне обраде, тако и у односу средишњег слоја и унутрашње обраде. Финална спољашња облога објекта се може постићи различитим савременим материјалима који ће омогућити постизање аутентичне представе традиционалног бондрука: продужни малтер у два слоја изведен преко подлоге од некорозивне челичне рабиц мреже или пластични малтер на мрежи, водотпорна шперплоча, ребрасти или валовити лим итд.

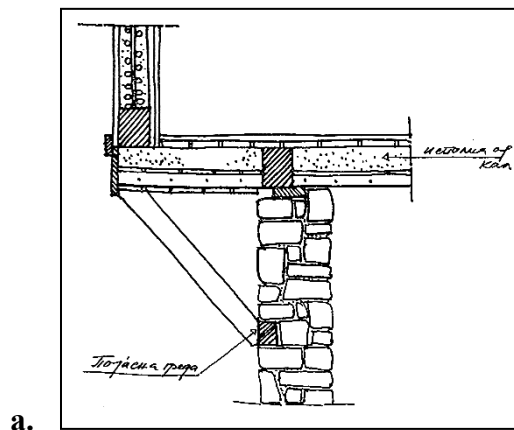
Средишњи слој са термо-звучном заштитом се може постићи: ваздушним међупростором од 3-5см, који се налази одмах након примењеног материјала за

завршну облогу, а који у зависности од потребе, може бити вентилисан (у летњем периоду) или не и тада додатно термички изолује (у зимском периоду); затим постизањем квалитетније топлотне и звучне изолације применом следећих материјала: експандираним полистиреном, лаким специјалним гређевинским плочама (хераклитом), минералном или каменом вуном дебљине од 10-15см према потреби, ојачане додатном термоизолацијом са унутрашње и са спољашње стране плоча, тврдо-пресованим полистиреном дебљином од 2см, тврдо-пресованом минералном вуном или полиуретаном.

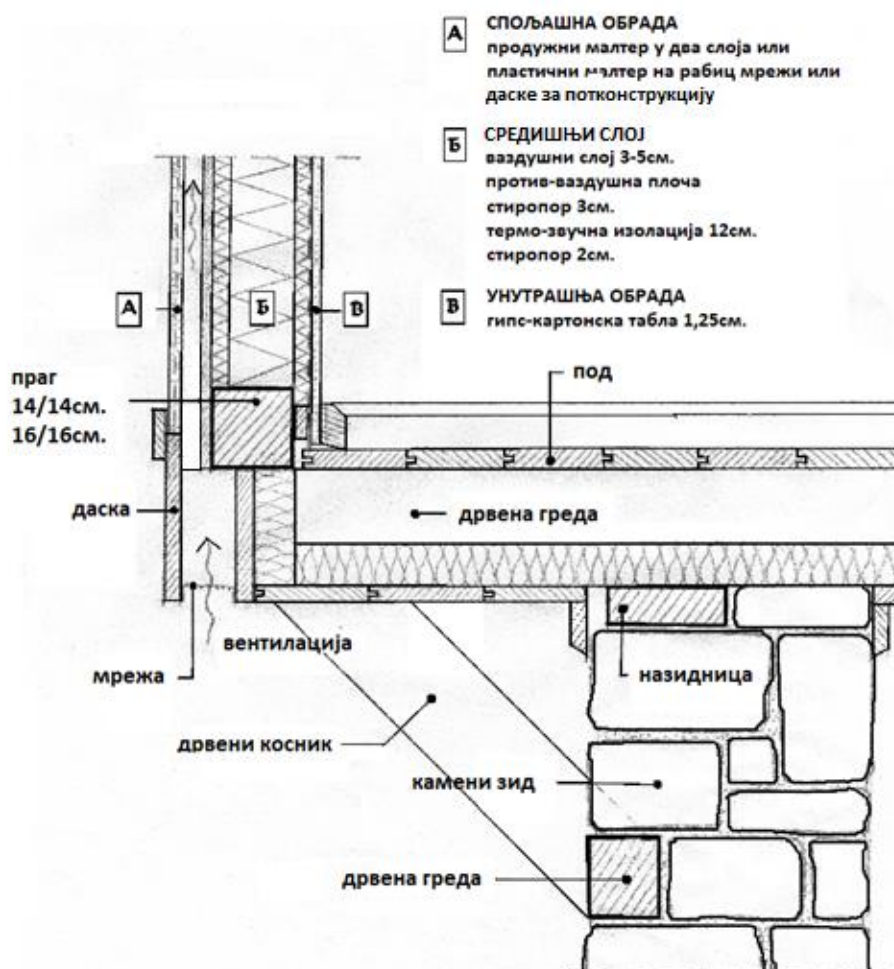
Унутрашња завршна обрада зидова може бити изведена различитим грађевинским материјалима у зависности од намене просторија (гипс-картонским таблама, даскама, оплемењеном иверицом, панел-плочама, OSB таблама и сл.), постављеним на дрвеној или на металној потконструкцији између које је позиционирана топлотна и звучна изолација. Овај простор између металне потконструкције омогућује уз обавезну заштиту и позицију за вођење каблова електричних инсталација, које су код класичне бондручне варијанте вођене са спољашње стране преграде као видљиве и самим тиме - и незаштићене (један од недостатака традиционалног бондрука).

Сви остали архитектонско-обликовни елементи фасаде (вертикални и хоризонтални опшави, декорације прозора, еркера, обрада стрехе итд.) могу бити изведени подједнако аутентично као и код класичне варијанте, побољшане новом стилизацијом и обликовањем (слике 30., 31. и 32.).

Наравно, ова савремена варијанта, током времена, сагласно искуствима и новим потребама, може се и даље усавршавати и разрешавати већи део кључних недостатака класичне варијанте традиционалног бондрука. Свакако, један од најозбиљнијих недостатака традиционалног бондрука је био немогућност извођења санитарних просторија квалитетно заштићених од утицаја воде и влаге. Материјалима за хидроизолацију којим данас располажемо и техничким могућностима за њихову апликацију у условима класичног бондрука, овај проблем постаје мали, а могућа су чак и нова, иновативна решења.

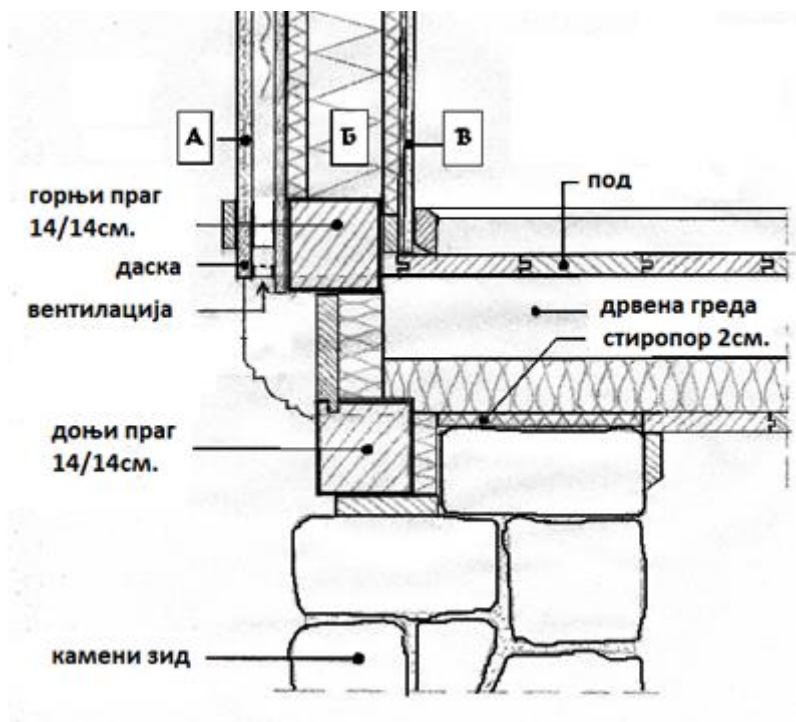
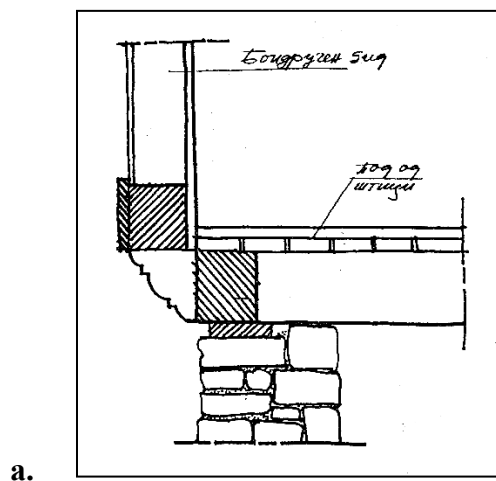


а.

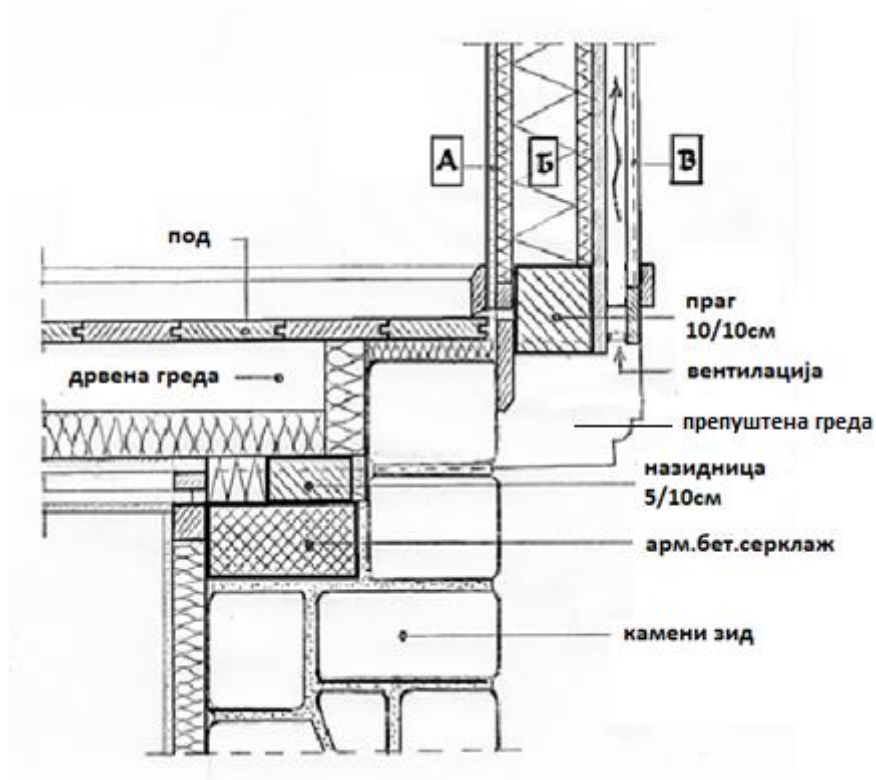


б.

Слика 30. Еркер формиран постепеним избацивањем греда са међуспратне конструкције подупрте косницима: традиционални бондручни систем (слика а.), савремена варијанта (слика б.) (извор: мр Гјорѓи Димков)



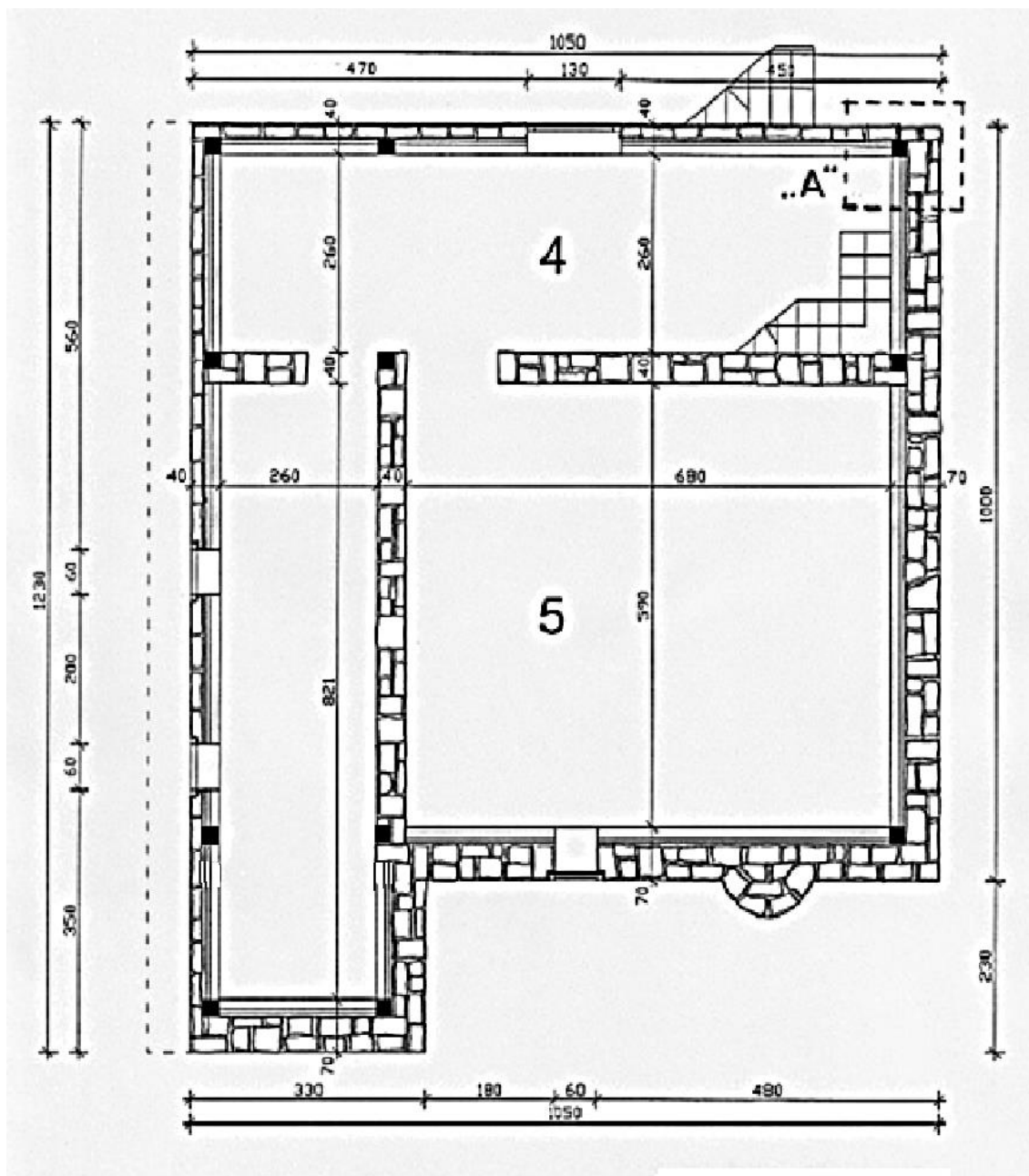
Слика 31. Детаљ ерекера формираног малим избацивањем профилисаних чела греда са међусpratне конструкције: традиционални бондручни систем (слика а.), савремена варијанта (слика б.) *(извор: мр Гјорџи Димков)*



Слика 32. Савремена варијанта традиционалног бондручног система. Детаљ конзолно избаченог бондручног зида код објекта са сутереном или приземљем (извор: мр Гјорѓи Димков)

Савремена варијанта традиционалног бондручног система примењена у процесу пројектовања кроз адекватни модуларни систем или у сасвим слободно-развијеној архитектонској основи, омогућује постизање новог квалитета архитектонског израза, како кроз аутентичну апликацију традиционалних архитектонских форми, тако и кроз једну сасвим нову стилизацију и инвентивност у обликовању фасаде која потпуно може следити најсавременије тенденције у архитектури. Ово је показано решењима и у основи (адекватним детаљима) на референтном примеру традиционалног бондручног система постојећих кућа у стамбеним насељима у непосредној околини Скопља.

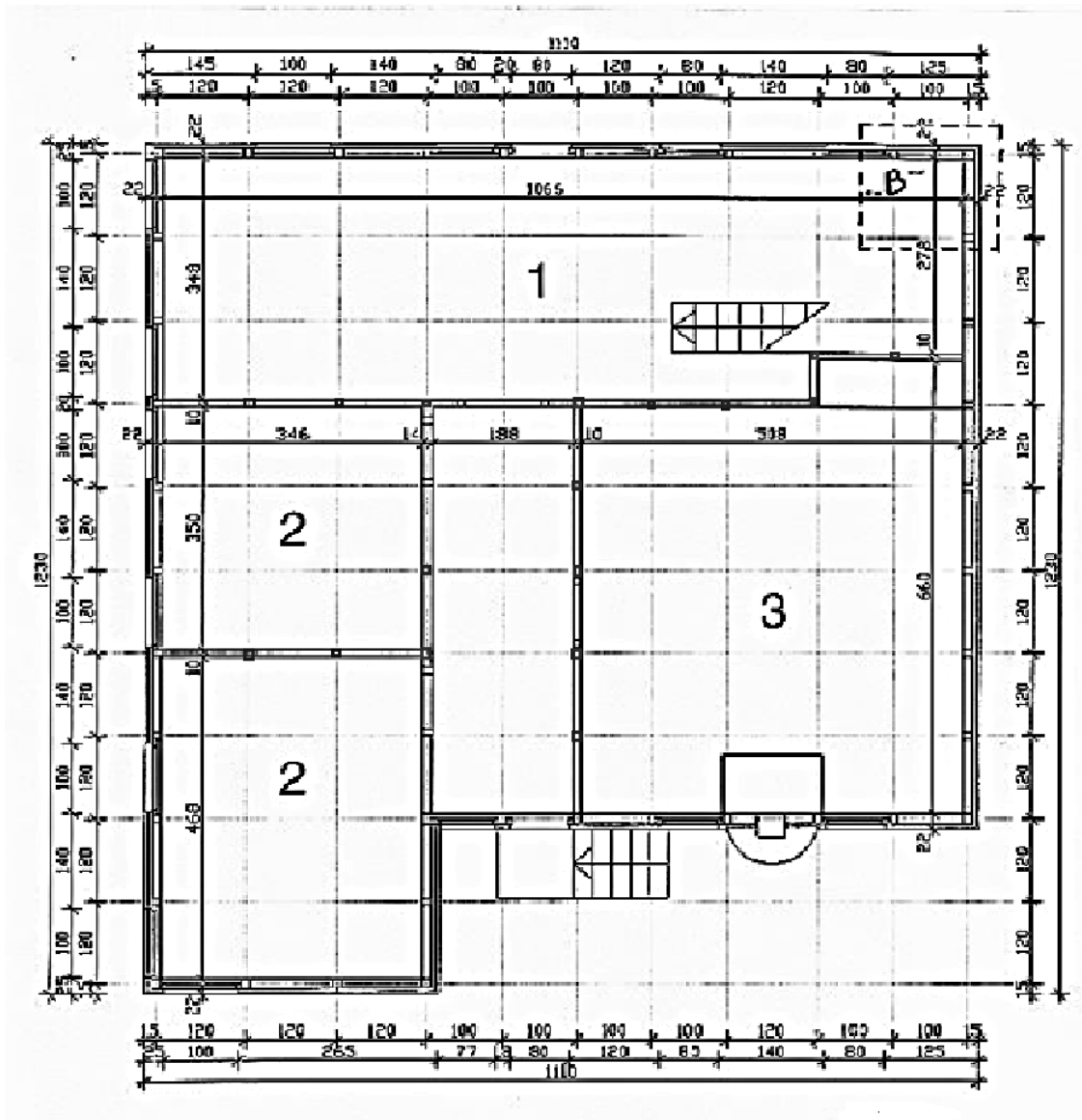
Следи предлог-решење исте просторне концепције бондручне куће у селу Кучково у савременој варијанти традиционалног бондручног система, приказано у основи (слике 33. и 34.) и карактеристичним детаљима основе (слика 35.).



4. трем 5. клед

ПРИЗЕМЉЕ

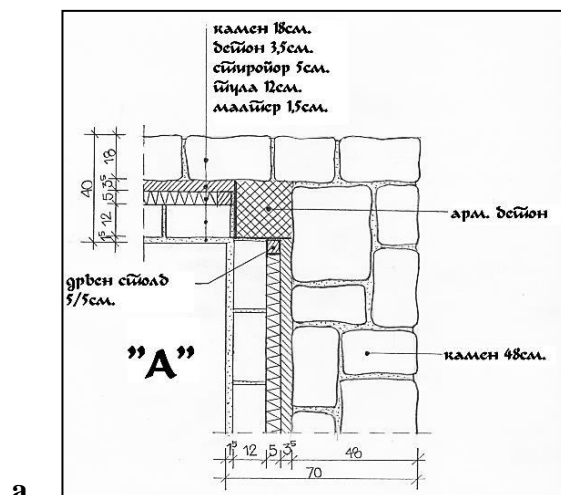
Слика 33. Основа приземља савремене варијанте традиционалног бондручног система (према примеру старе куће у селу Кучково) (извор: мр Гјорѓи Димков)



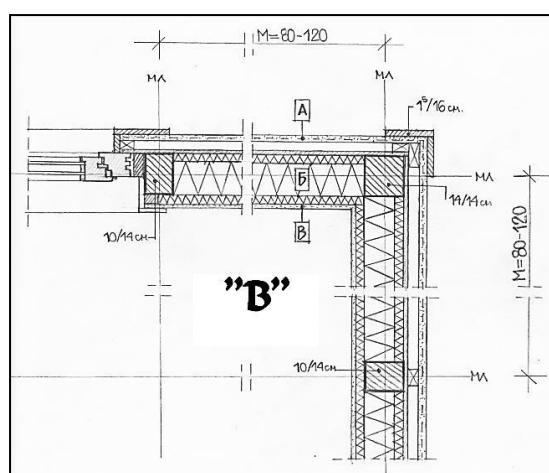
1. чардак 2. одаја 3. „кућа“

СПРАТ

Слика 34. Основа спрата савремене варијанте традиционалног бондручног система (према примеру старе куће у селу Кучково) (извор: мр Гјорѓи Димков)



а.



б.

Слика 35. Деталји спојева фасадних зидова савремене варијанте традиционалног бондручног система (према примеру старе куће у селу Кучково)

а. Деталј „сендвич“ зида са завршном фасадном облогом од камена.

б. Деталј фасадног зида изведеног бондручним системом.

(извор: мр Гјорѓи Димков)

С циљем очувања аутентичности традиционалног обликовања фасаде, за камене зидове приземља предложен је „сендвич“ састављен од: фасадне облоге камен 18-48см, бетонски слој 3,5см, топлотна изолација стиропор дебљине 5см, опека 12см и продужни малтер 1,5см као унутрашња обрада просторија. Укупна дебљина овог „сендвич“ зида може варирати од 40 до 70см (као и код оригиналног каменог зида). Варијанте решења камених зидова могу бити када су само обложени са унутрашње стране топлотном изолацијом стиропора $d = 5\text{ см}$ и

гипс-картонским таблама 1,25см на потконструкцији од дрвених летви 5/5см (слика 32.). Због смањења првобитне дебљине каменог зида (70см) и због омогућавања његове функције носивости, у новим предлог-решењима потребно је успостављање скелетног система армирано-бетонским стубовима и гредама у позицији описаној у детаљу основе (слика 35а). Варијабилност у димензијама и саставу фасадних зидова који су традиционално били грађени само у камену, као и оних грађених у бондручном систему или као сендвич фасадни зид, зависи од оријентације зида у односу на стране света, од климатске зоне у којој се налази објекат, као и од нове намене његових просторија. Оваквим начином, може се постићи квалитетнија топлотна заштита са коефицијентом пролаза топлоте $U=0,25-0,30 [W/(m^2K)]$. Фасадни зид спрата традиционалне бондручне куће у селу Кучково има вредност коефицијента $U=0,48 [W/(m^2K)]$.

4.4. Разматрање резултата и формирање параметара за дефинисање референтног модела

Када се сумирају вредносни поени за све параметре одвојено као саставни делови Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система, следе резултати илустровани у Табели 12.

Табела 12. Компарација освојених поена за све параметре Модела за вредновање

ПАРАМЕТАР	Традиционална бондручна кућа у селу Кучково	„ТРЕСКА“ - Скопље
конструктивни систем и процес изградње	1	6
спољашњи изглед (финална обрада)	4	9
топлотна и звучна изолација	7	9
отпорност на пожар	2	4
економичност	7	7
везивна средства и повезивања елемената	1	8
флексибилност	6	6
уштеда енергије	9	9
УКУПНО	37	58

На основу спроведене анализе и вредновања традиционалне бондручне куће у селу Кучково и панелног система „Треска“ – Скопље, изведени су закључци према којима су одређени критеријуми за одабир референтног модела.

Упоредном анализом, могу се констатовати евидентне предности вредновања параметара (конструктивни систем и процес изградње, спољашњи изглед / финална обрада, отпорност на пожар и везивна средства и повезивања елемената) присутних код панелног система „Треска“ - Скопље у односу на традиционалну бондручну кућу у селу Кучково и изједначене вредности поена у односу на остале параметре Модела.

Као резултат овог истраживања и укупно добијених поена на основу анализе и вредновања, може се констатовати да је у значајној предности панелни систем „Треска“ – Скопље, што га сврстава у категорију система изузетног квалитета.

Већ дефинисани параметри Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система у глави 2 овог рада (приказани у Табели 1.), биће такође и параметри за дефинисање референтног модела монтажних индивидуалних стамбених породичних кућа у Скопској области, изграђених након разорног земљотреса 1963. године.

Критеријуми на основу којих је одабран објекат који представља референтни пример бондручних и лаких монтажних индивидуалних стамбених објеката су:

- категорија објекта према освојеним поенима у односу на Модел за вредновање (мора припадати категорији задовољавајућег или изузетног квалитета),
- заступљеност типа (ово се односи само на референтни пример лаких монтажних система),
- енергетске перформансе објекта.

5. ДЕФИНИСАЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ РЕФЕРЕНТНОГ МОДЕЛА И ФОРМИРАЊЕ ПРОЈЕКТАНСКИХ ПРЕПОРУКА

У овом делу истраживања акценат је дат на анализи и вредновању референтног модела бондручног и лаког монтажног система за једнопородичне стамбене објекте у Скопској области, а извршена је и компаративна анализа референтног модела бондручног и лаког монтажног објекта са објектом изведеним на класичан начин.

5.1. Дефинисање референтног модела бондручног и лаког монтажног система за једнопородичне стамбене објекте у Скопској области

Референтни модели се усвајају из постојећег стамбеног фонда у Скопској области.

Први, представља пример референтног модела изграђен бондручним системом применом савремених материјала и делимично префабрикованог процеса градње. Други, представља пример референтног модела изграђен лаким монтажним системом „Треска“ – Скопље са комплетно префабрикованим процесом градње.

Законска регулатива у Македонији, као и земаља у непосредном окружењу, не дефинише потребу оцењивања и вредновања бондручних и лаких монтажних зграда ни конструкција, те се у пракси и не примењују било какви модели или софтвери за оцењивање ових типова зграда. Оба референтна модела су анализирана и вреднована на основу претходно дефинисаног Модела за вредновање бондручних и лаких монтажних система (поглавље 2.3. ове дисертације). Анализирају се и вреднују перформансе референтних модела са техничког и технолошког аспекта и са енергетског аспекта.

5.2. Анализа и вредновање перформанси референтног модела бондручног система

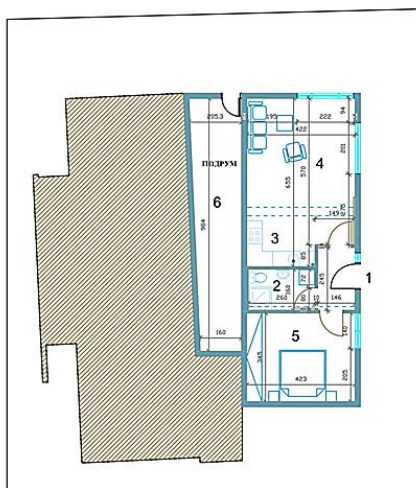
Референтни модел Т1 представља индивидуалну стамбену кућу спратности Под.+П+Пот (слика 36.) у скопском насељу Бардовци. Укупна бруто површина основе је 224m^2 , а изграђена је 2005. године према пројекту проф. др Зорице Блажевске. Извођач радова је производно предузеће ГЕО-ИНГ из Скопља,

које се бави обрадом дрвета и дрвених конструкција, као и извођењем монтажних објеката најсавременијом компјутерски подржаном технологијом.

Карактеристике референтне куће Т1 приказане су на сликама 37., 38. и 39. На приказу вертикалног пресека објекта (слика 40.) означени су елементи конструкције, а њихове карактеристике налазе се у Табели 13.



Слика 36. Фотографија референтне стамбене куће у стамбеном насељу Бардовци
(извор: ГЕО-ИНГ)



а. подрум

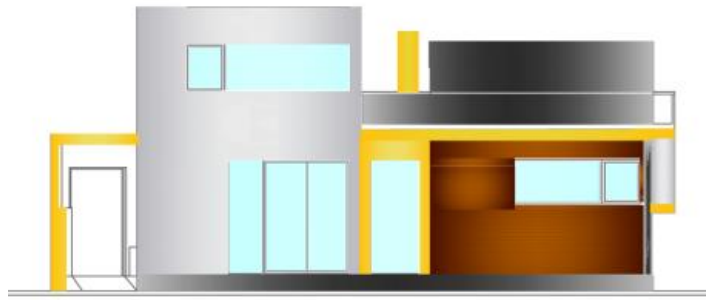
1. хол 2. купатило 3. кухиња 4. дневни боравак
5. спаваћа соба 6. остава



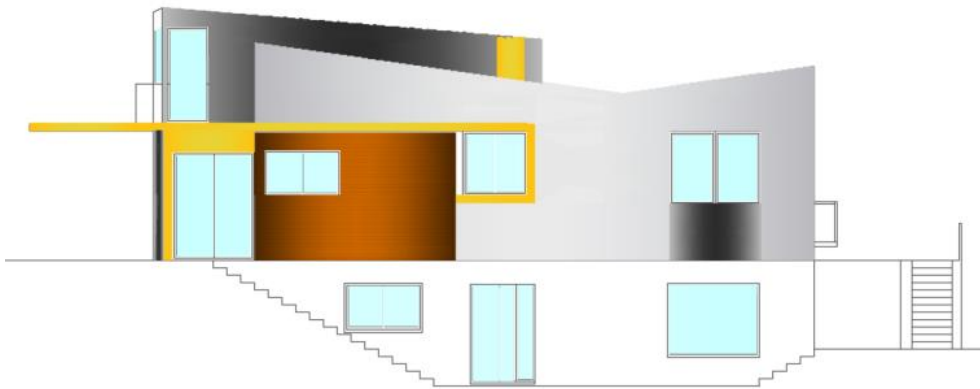
б. приземље

1. хол 2. кухиња 3. трпезарија 4. дневни боравак
5. спаваћа соба 6. купатило

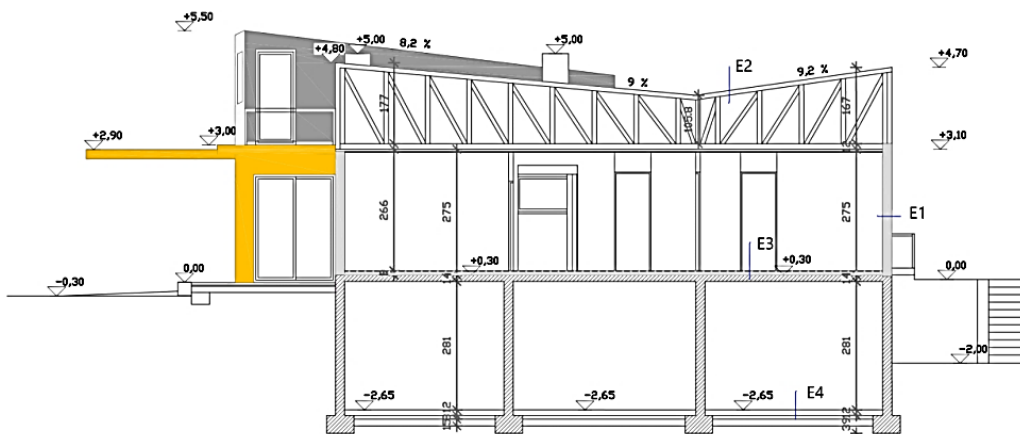
Слика 37. Референтна кућа Т1: **а.** основа подрума, **б.** основа приземља
(извор: ГЕО-ИНГ)



Слика 38. Спољашњи изглед референтне куће са улазне стране (извор: ГЕО-ИНГ)

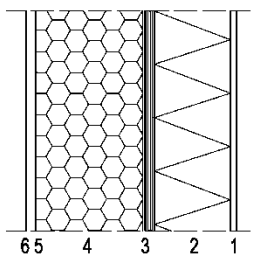
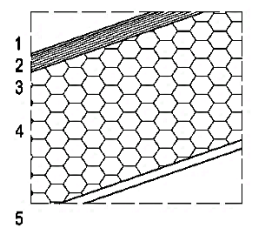
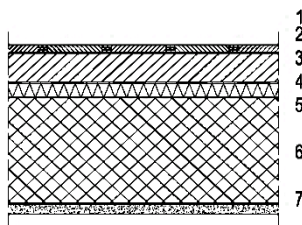
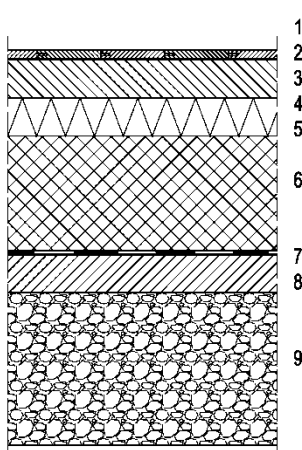


Слика 39. Спољашњи изглед референтне куће са бочне стране (извор: ГЕО-ИНГ)



Слика 40. Вертикални пресек са означеним елементима конструкције (извор: ГЕО-ИНГ)

Табела 13. Преглед примењених елемената склопа референтне куће Т1 у стамбеном насељу Бардовци

ознака	пресек	опис	д (см)	кофицијент пролаза топлоте „U“ [W/(m ² K)]
E1		<ol style="list-style-type: none"> 1. фасадни пластични малтер 2. стиропор 3. ОСБ плоча 4. дрвена конструкција (испуна терволом) 5. парна брана 6. гипс-картонска плоча 	0,5 10,0 1,8 14,0 1,25	0,16
E2		<ol style="list-style-type: none"> 1. равни поцинковани лим 2. хидроизолација 3. ОСБ плоча 4. дрвена конструкција (испуна терволом) 5. гипс-картонска плоча 	1,8 20,0 1,25	0,18
E3		<ol style="list-style-type: none"> 1. паркет 2. мазилка 3. цементни естрих 4. ПВЦ фолија 5. стиропор 6. армирано бетонска плоча 7. унутрашњи малтер 	2,0 0,5 4,0 2,0 14,0 1,5	0,97
E4		<ol style="list-style-type: none"> 1. паркет 2. мазилка 3. цементна кошулица 4. ПВЦ фолија 5. стиропор 6. армирано бетонска плоча 7. полиетиленска фолија 8. мршави бетон 9. набијени шљунак 	2,0 0,5 5,0 5,0 15,0 5,0 5,0 20,0	0,50

5.2.1. Анализа и вредновање техничких и технолошких перформанси референтног модела бондручног система

Конструктивни систем и процес изградње

Референтна кућа Т1 у стамбеном насељу Бардовци је изведена бондручним системом градње.

Приземље је подигнуто на ниво 60см изнад терена, а подрум објекта који је такође намењен за становање, је изведен од армирано-бетонских зидова на тракастим армирано-бетонским темељима, на позицији испод носивих подрумских зидова.

Међуспратна конструкција између подрумског нивоа и приземља је армирано-бетонска плоча дебљине 14см (детал Е3, Табела 13.), а између приземља и галерије изведена је од дрвених греда са потребним слојевима пода.

Принцип градње је следећи: стубови високи колико и спрат стоје на релативно малим међусобним модуларним растојанима од 62,5см заједно са доњим и горњим гредама формирају зидни рам који је ојачан облогама са једне стране OSB-плочама, а са друге стране гипс-картонским плочама.

Предности овог конструктивног метода су видљиви у малим и лаким стандардизованим дрвеним пресецима и једноставним везама оствареним ковањем, као и префабриковањем комплетних зидних рамова, међуспратних и кровних елемената, који су веома брзо постављени на самом објекту помоћу дизалице. Механичко повезивање зидних рамова (уобичајено масивно конструктивно дрво) и OSB-плоча је изведено на самом градилишту.

Растојање између стубова испуњено је изолацијом (терволом) према стандардима за топлотну, звучну и пожарну заштиту. Прорачунати коефицијент пролаза топлоте “U” фасадног зида источне и јужне фасаде (према стандардима МКС EN ISO 6946) је $U=0,19$ [W/(m²K)], са тешко запаљивим стиропором дебљином од 5см у саставу структуре зида, а “U” вредност фасадног зида западне и северне фасаде је $U=0,16$ [W/(m²K)], са дебљином стиропора од 10см.

Сви преградни зидови су лаки и монтажни, а изведени су од носиве дрвене потконструкције дебљине 14см, са облогама са обе стране од гипс-картонских плоча и испуном од тервола између дрвене потконструкције.

Спољашњи изглед (финална обрада)

Са спољашње стране, фасадни зид референтне куће Т1 је финално обрађен пластичним малтером обојеним у три тона: жути, светло и тамно-сиве.

Кровна конструкција референтне куће Т1 је дрвена решетка, а као завршни кровни материјал је употребљен пластифицирани лим у сребрном тону.

Топлотна и звучна изолација

Како је већ речено, у саставу кровне конструкције и фасадних зидова референтне куће Т1 у стамбеном насељу Бардовци, је употребљен стиропор (тешко запаљиви експандирани полистирен) и тервол као материјали за топлотну и звучну изолацију. Прорачуната “U” вредност структуре кровне конструкције (детал Е2, Табела 13.) је $U=0,18 [W/(m^2K)]$, због употребљеног термоизолационог материјала (тервола) дебљине 20см. Такође, и само дрво је природни изолатор због ваздушних шупљина унутар његове ћелијасте структуре.

Прорачуната „U“ вредност структуре пода на тлу код ове референтне куће износи $U=0,50 [W/(m^2K)]$, са употребљеним термоизолационим материјалом - стиропором дебљином од 5см, а са обзиром на чињеницу да је део подрумског нивоа ове куће у функцији становања.

Отпорност на пожар

Претходно описани материјали за топлотну изолацију у саставу структуре фасадних и преградних зидова слободно стојеће референтне куће Т1 у стамбеном насељу Бардовци, поред тога што су у улози топлотног и звучног изолатора, они су истовремено и у улози ефикасне против пожарне баријере.

Како је већ раније поменуто, према важећим прописима Закона о грађењу Републике Македоније (члан 5 става (2) другог дела Закона)⁵⁷ није специфицирана потребна отпорност на пожар индивидуалних стамбених објеката изражена у минутима.

Економичност

Бондручни систем примењен на референтној кући Т1 у стамбеном насељу Бардовци је префабрикован, што је допринело краћем времену изградње (3,5 месеца), са мањим бројем радника-монтера, мањим грађевинским отпадом и

⁵⁷ <http://mtc.gov.mk/media/files/Zakon_za_gradenje_130_28102009.pdf>

примењен је „суви“ поступак монтирања дрвених елемената. Конструкције су лаке па су били потребни темељи мањих димензија, што је допринело да овај објекат има мање укупне трошкове за изградњу (300евра/м²) у односу на објекте изведене на класичан начин (500евра/м²).⁵⁸

Употреба тањих фасадних зидова (д=22см) и преградних зидова (д=10см) бондручног система референтне куће Т1, допринела је повећању корисног простора куће Т1 за више од 10%, што доприноси већој укупној економичност тог објекта.

Везивна средства и повезивање елемената

Везивна средства су углавном ексери и вијци. Главна карактеристика дрвено-бондручне изградње је ковање различитих дрвених компоненти на лицу места, на градилишту. Ексери употребљени у спољашњим зидовима су галванизовани (бакарни или од нерђајућег челика) и отпорни на корозију. Праг је лоциран на армирано бетонској плочи приземља помоћу челичне нерђајуће спојнице на растојању од 120см.

Повезивање кровне решетке са главном гредом је изведено патентираним челичним спојницама причвршћеним по једна на сваку страну уз помоћ вијака.

Флексибилност

С обзиром на употребу бондручног система, могућност унутрашњег варијабилитета диспозиције стана код ове куће је максималан, то јест, дозвољене су корекције пројектоване функционалне шеме без нарушавања статике објекта.

Систем дозвољава и примену спољашњег варијабилитета диспозиције стана, дограђивањем нових просторија према потреби власника објекта.

5.2.2. Анализа и вредновање енергетских перформанси референтног модела бондручног система

Уштеда енергије

Индустријски процес производње монтажних елемената примењених на референтној кући Т1 у стамбеном насељу Бардовци значио је и мање трошкове за употребљену енергију током производње елемената система и током њихове

⁵⁸ <<https://www.komoraoui.mk>>

монтаже на самој локацији. Са друге стране, како је већ раније речено у овом поглављу, структура танких фасадних зидова и структура слојева кровне конструкције бондручног система референтне куће Т1 резултују ниским вредностима коефицијента пролаза топлоте “U” због употребе стиропора и тервола као доминантних слојева зида и крова, тако да су трошкови грејања и хлађења током експлоатације објекта проверени прорачуном.

У оквиру прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење и енергетског разреда референтне куће Т1, укључени су следећи параметри, сагласно македонском Правилнику о енергетским карактеристикама зграда:

- врста зграде и њена локација,
- климатска зона,
- нова или постојећа зграда,
- укупна нето површина објекта,
- волумен грејаног дела објекта,
- површина и волумен елемената термичког омотача објекта,
- оријентација елемената термичког омотача објекта,
- засенчење зграде,
- структурне карактеристике елемената термичког омотача објекта (фасадни и преградни зидови, међуспратне конструкције, под на тлом, кров, отвори на омотачу, столарија),
- начин грејања и хлађења,
- број дана и часова грејања објекта,
- изложеност ветру итд.

Помоћу наведених улазних параметара у програмском пакету Кнауф Term2PRO-M, прорачуната је потребна годишња енергија за грејање за референтну кућу Т1 и износи $Q_{h,an}=36,04\text{kWh/m}^2\text{a}$, а потребна годишња енергија за хлађење износи $Q_{c,an}=12,14\text{kWh/m}^2\text{a}$. Сагласно овим резултатима прорачуна, објекат припада “В” енергетској класи. Енергетски пасош референтне куће Т1 приказан је у Прилогу 1 (напомена: у програмском пакету Кнауф Term2PRO-M не постоји опција у облику приказа или детаљног извештаја прорачуна потребне годишње енергије за грејање и хлађење).

Овде је вредно истаћи да параметри који се односе на спратност објекта и број становника / корисника у згради немају никаквог утицаја на прорачун у овом софтверу.

5.3. Анализа и вредновање перформанси референтног модела лаког монтажног система




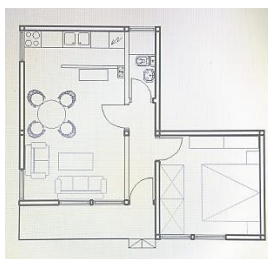
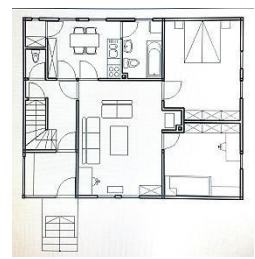
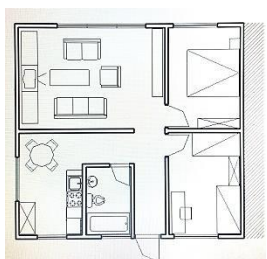
Како је већ било напоменуто у поглављу 3.2. овог рада, током решавања стамбеног проблема становништва Скопља након земљотреса 1963. године, најреалнија је била изградња приземних и једносратних монтажних објеката, зато што су она гарантовала и брзину грађења и задовољење сеизмичких захтева.




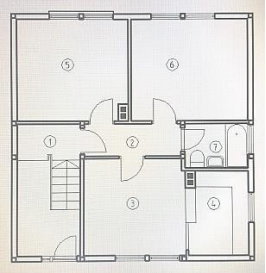
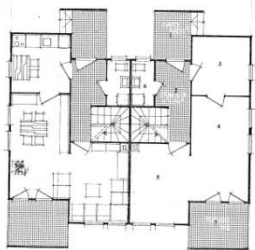
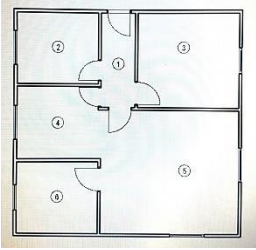
У том периоду изградње стамбених насеља монтажним објектима, прикључила се и дрвна индустрија „Треска“ из Скопља, нарочито заступљена у насељу Радишани, монтажним кућама које су биле део производног програма индустрије.

Полазну основу за избор референтног модела чине резултати анкете типичних једнопородичних стамбених објеката изведених лаким монтажним системом у неколико скопских стамбених насеља. Преглед карактеристика ових кућа, а које су дефинисане на основу резултата анкете, дат је у Табели 14.

Станари који живе у кућама у насељима су анкетирани детаљним упитником. Период грађења наведених стамбених насеља је 1963. године до 1980. године.

Табела 14. Преглед карактеристика типичних једнопородичних стамбених кућа у Скопској области, изведених лаким монтажним системом

Типичне куће			
Насеље	Кисела Вода	Тафталице	Лисиче
Фотографија			
Основе приземља			
Бруто површина основе	44,5м ²	80,2м ²	70,5м ²
Спратност	приземље	Под.+П+Поткр.	приземље
Конструктивни систем	панелни систем са уским панелима	панелни систем са уским панелима	панелни систем са уским панелима
Завршна облога фасадних зидова	дрвене даске	етернит	дрвене даске
Дебљина фасадних зидова	20см	12см	15см
Материјал за топлотну изолацију	стаклена вуна	стаклена вуна	стаклена вуна
Дебљина термоизолације	10см	10см	10см
Међуспратна конструкција	не постоји	дрвена	не постоји
Материјал оквира прозора	дрво	дрво	дрво
Тип прозора	двоструки са обичним стаклом	двоструки са обичним стаклом	двоструки са обичним стаклом
Материјал крова	дрво	дрво	дрво
Подне облоге	дрвени бродски под	дрвени бродски под	дрвени бродски под
Тавански простор	не постоји	становање	не постоји
Систем грејања	индивидуално (пећи)	индивидуално (пећи)	индивидуално (пећи)
Енергент за грејање	дрво	дрво	дрво

Насеље	Бутел	Радишани	Трнодол
Фотографија			
Основе приземља			
Бруто површина основе	81,0м ²	56,15м ²	64,0м ²
Спратност	П+1	П+1	приземље
Конструктивни систем	панелни систем са уским панелима	панелни систем са широким панелима	панелни систем са уским панелима
Завршна облога фасадних зидова	салонит	етернит	етернит
Дебљина фасадних зидова	20см	15,5см	12см
Материјал за топлотну изолацију	стаклена вуна	стаклена вуна	дрвене струготине
Дебљина термоизолације	10см	6см	5см
Међуспратна конструкција	дрвена	сипорекс	не постоји
Материјал оквира прозора	дрво	дрво	дрво
Тип прозора	двоструки са обичним стаклом	двоструки са обичним стаклом	двоструки са обичним стаклом
Материјал крова	дрво	дрво	дрво
Подне облоге	дрвени бродски под	дрвени бродски под	дрвени бродски под
Тавански простор	не користи се за становање	не постоји	не постоји
Систем грејања	индивидуално (пећи)	индивидуално (пећи)	индивидуално (пећи)
Енергент за грејање	дрво	дрво	дрво

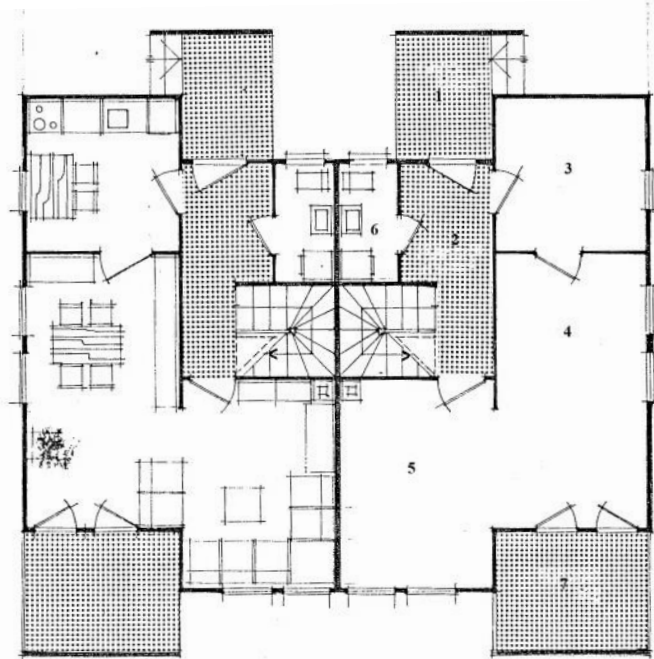
На основу карактеристичних типичних монтажних кућа које су анализиране у различитим скопским стамбеним насељима, типична индивидуална стамбена кућа изведена претходно анализираним панелним системом „Треска“ – Скопље, а која је изграђена у стамбеном насељу Радишани изабрана је као референтни тип ознаком Т2. Куће грађене у овом насељу чине велики проценат од укупног броја лаких монтажних индивидуалних породичних кућа грађене у периоду након катастрофалног земљотреса 1963. године и то је један од разлога зашто је типична кућа изграђена у овом насељу изабрана за референтни тип. Овим системом било је изграђено 900 станова у насељу Радишани. Први префабриковани елементи овог система започињу да се производе 1975. године.

Референтна стамбена породична кућа Т2 је део двојне куће (има један заједнички зид са суседном идентичном кућом), изведена на терену са нагибом. Спратност куће је подрум, приземље и спрат. Нето површина основе куће је $56,15\text{m}^2$ (приземље) и $45,79\text{m}^2$ (спрат), то јест спољашње димензије основе су $6,07/9,74\text{m}$ са конзолним испустом због терасе на приземљу распоном од 120cm .

Карактеристике референтне куће Т2 приказане су на сликама 41., 42., 43., 44. и 45. На приказаном вертикалном пресеку објекта (слика 45.) су означени елементи конструкције, а њихове карактеристике налазе се у Табели 15.

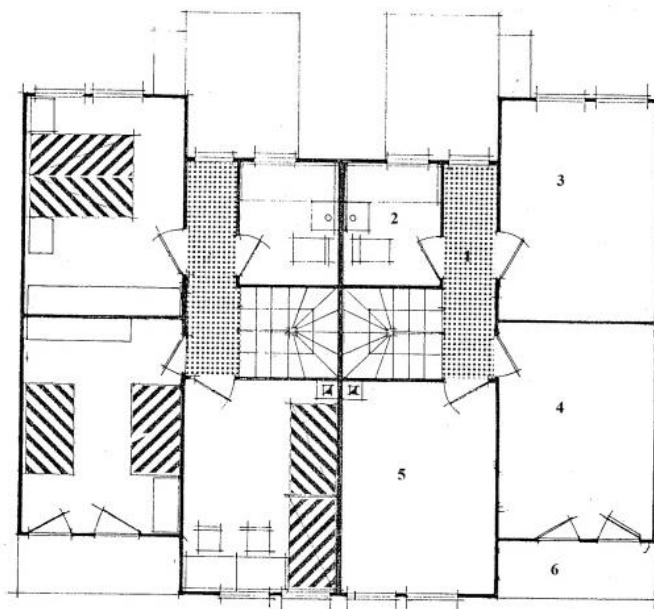


Слика 41. Фотографија референтне стамбене куће у стамбеном насељу Радишани
(извор: мр Гјорџи Димков)



1. трем 2. хол 3. кухиња 4. трпезарија 5. дневни боравак 6. купатило 7. тераса

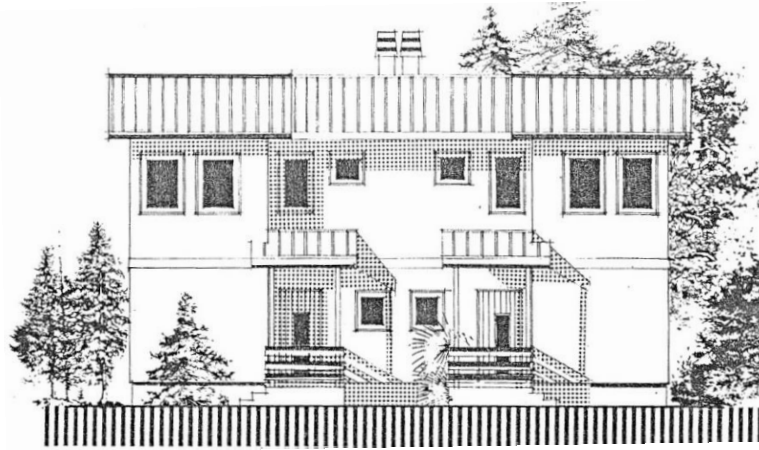
а. приземље



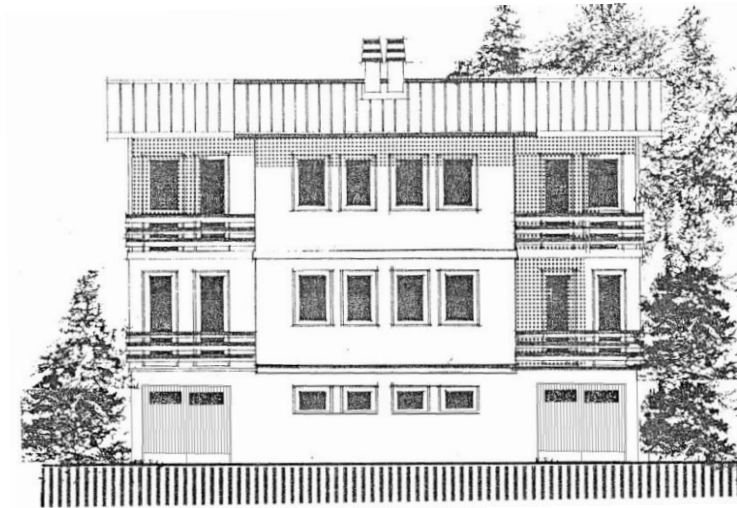
1. претсобље 2. купатило 3. спаваћа соба 4. спаваћа соба 5. спаваћа соба 6. тераса

б. 1. спрат

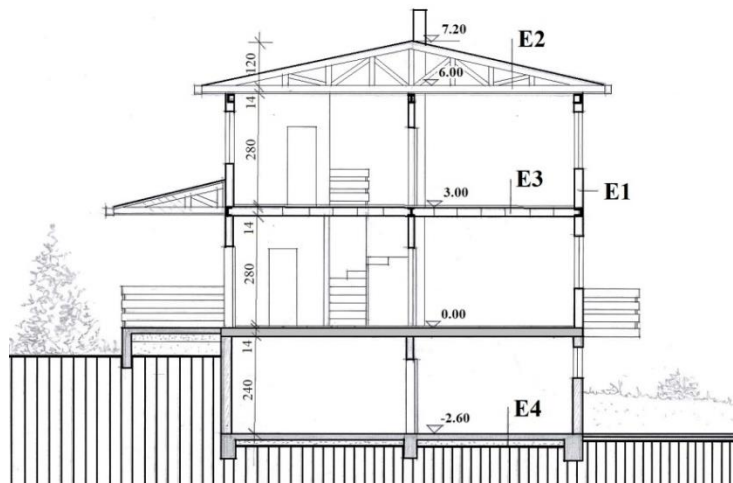
Слика 42. Референтна кућа Т2 : **а.** основа приземља, **б.** основа 1. спрата
(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог))



Слика 43. Спољашни изглед референтне куће Т2 са улазне стране



Слика 44. Спољашни изглед референтне куће Т2 са задне стране



Слика 45. Вертикални пресек са означеним елементима структуре

(Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)

Табела 15. Преглед примењених елемената склопа референтне куће Т2 у стамбеном насељу Радишани

ознака	пресек	опис	д (см)	коэффициент пролаза топлоте „U“ [W/(m2K)]
E1		<ol style="list-style-type: none"> 1. етернит 2. иверица 3. ваздушни простор 4. полиетиленска фолија 5. стаклена вуна 6. иверица 7. гипс-картонска плоча 8. тапет 	<p>0,8 1,8 3,0 6,0 1,8 1,25</p>	0,34
E2		<ol style="list-style-type: none"> 1. салонит 2. дрвене гредице за салонит 3. дрвени рогови 4. дрвена конструкција 5. стаклена вуна 6. ПВЦ фолија 7. дрвена потконструкција 8. гипс-картонска плоча 	<p>5,0 5,0 12,0 14,0 10,0 2,4 1,25</p>	0,34
E3		<ol style="list-style-type: none"> 1. паркет 2. мазилка 3. цементни естрих 4. сипорекс плоче 5. стиропор 6. гипс-картонска плоча 	<p>2,0 0,5 4,0 14,0 2,0 1,25</p>	0,82
E4		<ol style="list-style-type: none"> 1. гранитне плоче 2. цементни лепак 3. цементна кошуљица 4. хидроизолација 5. мршави бетон 6. набијени шљунак 7. набијено тло 	<p>1,0 1,0 5,0 8,0 15,0</p>	0,92

5.3.1. Анализа и вредновање техничких и технолошких перформанси референтног модела лаког монтажног система

Конструктивни систем и процес изградње

Референтна кућа Т2 у стамбеном насељу Радишани је изведена панелним системом „Треска“ – Скопље. Објекат је изграђен у комбинованом систему – подрум објекта је био изведен од армираног бетона (темељи, зидови и међуспратне конструкције), а приземље и спрат са скелетном конструкцијом стубовима од челика, зидовима од широких панела, међуспратном конструкцијом од сипорекса и кровом од дрвене конструкције.

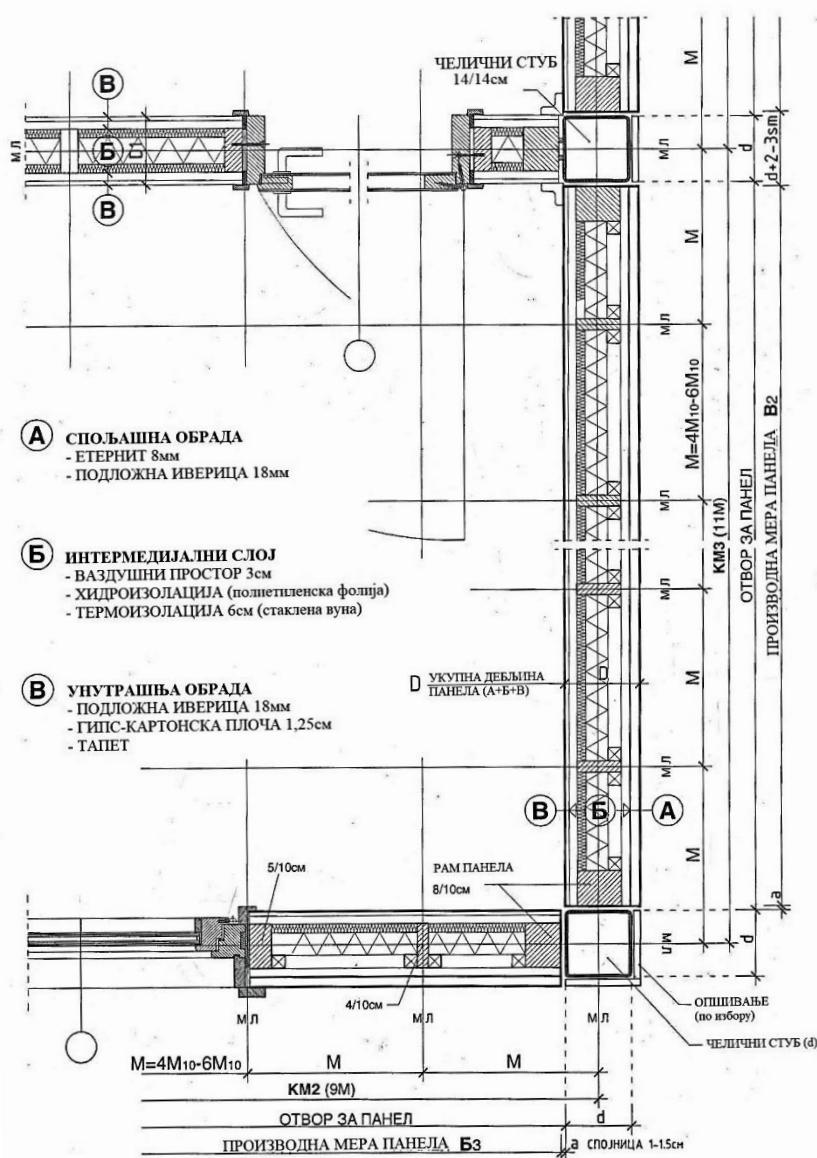
Димензије и величине панела су у зависности од архитектонског решења. Панели се повезују са претходно изведеним челичним конструктивним системом, формираним од челичних стубова димензија 14/14см на растојању од 300см у попречном правцу и 420см у подужном правцу; повезаним челичним гредама са „НРС“ пресеком код ивичних носача или „NPI“ пресеком за средишње носаче.

Применом панелног система са широким панелима скраћено је време монтаже на градилишту, зато што су панели 60-70% финализовани у самој фабрици, са комплетном унутрашњом и спољашњом обрадом, са уграђеним средишњим слојем са материјалима за топлотну изолацију и са потребним инсталацијама (електро инсталацијама и осталим), прозорима, вратима (финално обрађеним и заштићеним) и слично (слика 46.). Унутрашњи преградни зидови су изведени применом префабрикованих лаких уских панела или на лицу места са дрвеним скелетом и профилима 5/5см.

Процес изградње

На самом градилишту, на већ оформљеном подруму (са функцијом гараже и складишног простора) и армирано бетонској плочи, процес изградње је могао започети фиксирањем челичног скелета.

Помоћу механизације (дизалицама), префабриковани фасадни зидни панели су били преношени до пројектоване позиције и спајани међусобно са челичним скелетом. Затим су монтирани и унутрашњи зидни „сендвич“ елементи, док су преградни зидови око купатила били формираны сипорекс елементима димензије 60/280см.



Слика 46. Детаљ типског панела и спајања са челичним скелетом

(Practicum III, 2006, стр. 52)

Међуспратне конструкције су биле састављене од монтажних лаких бетонских (сипорекс) ошупљених таваничних панела, фиксираних између челичних „I“ профила. Након тога следило је формирање спрата по истом принципу као и приземље објекта. Постављањем кровних решетака и њиховим причвршћивањем за греде челичног скелета оформљен је кров објекта.

Након завршетка монтаже конструктивних елемената, следиле су: фасадна обрада, постављање кровног покривача (салонитне табле) и стаклена

вуна као топлотна изолација крова, подни и плафонски материјали (гипс-картонске плоче) и финални занатски радови.

Спољашњи изглед (финална обрада)

Обрађено дрво у елементима који су чинили конструктивни систем било је термички обрађено и хемијски заштићено од инсеката и трулења. За производњу елемената су били употребљени квалитетни материјали. Избор материјала је био домаће производње и сваки материјал је имао атест. Овим атестима је било потврђено да употребљена иверица не сме да садржи формалдехиде.

Завршни материјал спољашњих панела је био равни салонит (етернит) као што је илустровано на слици 46. и детаљу Е1 у Табели 15. Фасадна обрада се изводила након завршетка монтаже елемената. Могла је бити ситно-рустикална или грубо-прскана пластичним малтером (ролопласт). Њена предност је у томе што је била само-перива, а могла је бити израђена у разним нијансама.

Са унутрашње стране, елементи су били облагани гипс-картонским плочама које су биле облепљене тапетама.

Кровна конструкција је дрвена решетка, са салонитним плочама као кровним покривачем. Затварање кровне конструкције са забатних страна објекта изведено је етернитом који је причвршћен на кровну решетку.

Плафонска потконструкција је дрвена а затворена је гипс-картонским плочама. Изнад гипс-картонских плоча је постављена стаклена вуна дебљине 10см и PVC фолија која представља парну брану.

Топлотна и звучна изолација

У саставу фасадних и преградних зидова, међуспратних и кровних конструкција референтне куће Т2 у стамбеном насељу Радишани, употребљени материјали за топлотну изолацију су стаклена вуна и стиропор, у различитој дебљини у зависности од места употребе. Поред тога што су у улози топлотне изолације, вертикалне ваздушне шупљине унутар фасадних зидних панела и хоризонталне шупљине унутар монтажних сипорекс плоча у међуспратној конструкцији су у улози и звучне изолације која апсорбује интензитет звука и представља ефикасну баријеру.

Како је већ претходно поменуто, референтна стамбена кућа T2 је део двојне куће. Преградни дилатациони зид између обе куће је био оформљен са удвојеним дрвеним профилима. Овим се обезбеђивала ефектна баријера против ширења пожара и преношења звука. Спречавање ширења пожара постиже се и применом одговарајућег материјала за облагање.

У оквиру Модела за вредновање референтне куће T2, овај део трећег параметра је вреднован на основу понуђених солуција материјала за топлотну изолацију. Такође, биће дате вредности коефицијента пролаза топлоте „U“ фасадног зида према стандардима МКС EN ISO 6946 усвојеним у Републици Македонији 2007. године. С обзиром на структуру фасадног панелног зида Е1 примењеног на референтну кућу T2 у стамбеном насељу Радишани, прорачуната „U“ вредност износи $U=0,34$ [W/(m²K)]. Овде је вредно напоменути и прорачунату ниску „U“ вредност кровне конструкције куће заједно са плафонским слојевима која износи $U=0,34$ [W/(m²K)], као и прорачуната висока „U“ вредност слојева пода на тлу која износи $U=0,82$ [W/(m²K)] због одсуства примене материјала за топлотну изолацију у структури пода што је оправдано функцијом овог дела куће (гаража и складишни простор).

Отпорност на пожар

Масивно дрво и већи број материјала на дрвеној основи употребљених у саставу конструкције монтажног панела примењеног на референтној кући T2 су класификовани у класи нормално запаљивих грађевинских материјала.

Као што су ваздушне шупљине у структури фасадних панела и међуспратне конструкције ове референтне куће у улози топлотног и звучног изолатора, оне су истовремено и у улози ефикасне против пожарне баријере. И у сагласности са стандардом DIN 4102, у изградњи једно или дво-породичне куће предвиђена је само минимална против пожарна отпорност објекта, па зато и концепти за против пожарну заштиту генерално нису потребни, јер поменути захтев уобичајено испуњава сама примењена конструкција.

Фасадни зидни „сендвич“ панел система „Треска“ је био лабораторијски тестиран пламеником, са унутрашње стране зида, и резултат испитивања је био 120 минута до коначног горења свих делова зида.

Економичност

Панелни систем са широким панелима примењен на референтној кући Т2 у стамбеном насељу Радишани је префабрикован, што је допринело краћем времену изградње са мањим бројем радника-монтера и смањеним грађевинским отпадом. Конструкције приземља и спрата су лаке тако да су темељи мањих димензија. Монтажа елемената на градилишту је била једноставна као резултат стандардизоване монтаже, начин веза елемената и метода. Због префабрикације радова и комплетно „сувог“ поступка монтаже, изградња је била бржа, што је резултовало значајним уштедама финансијских средстава.

Приземље и спрат ове референтне куће у насељу Радишани у Скопљу, укупне површине око 100м² су били монтирани за укупно 5 дана са 5 до 6 радника и помоћу механизације - дизалицама. Употреба танких фасадних и преградних зидова монтажног система на приземљу и спрату објекта, допринело је повећању корисног простора куће веће од 10% у односу на масивну градњу, што доприноси већој укупној економичности објекта. У периоду производње елемената овим системом (1975-1995. год.) због тадашње високе цене дрвета као сировине, крајња цена објекта изведених системом „Треска“ била је само 10 до 20% јефтинија у односу на цену објекта изведених класичним методама грађења.

Везивна средства и повезивања елемената

Монтажни елементи система употребљени на референтној кући Т2 су били лаки, а током монтаже били су повезивани машинским вијцима који су везу чинили квалитетном, а објекат монтажно-демонтажним. Метални делови (везивна средства) су били заштићени од корозије. Поред машинских вијака, као везивна средства су били употребљени и ексери и столарске везе са спојницом од тврдог дрвета (код преградних зидова од уских панела). Челични стубови су били причвршћивани на већ анкерованим машинским вијцима у армирано бетонској плочи приземља. Кровне решетке су причвршћиване за челичну греду скелета помоћу челичних угаоних профила са обе стране решетке.

Флексибилност

С обзиром на употребљени систем носивих армирано бетонских зидова на подрумском нивоу објекта, унутрашњи варијабилитет диспозиције овог дела куће је сведен на минимум, то јест, дозвољене су минималне корекције

пројектоване функционалне шеме само у правцу међусобног повезивања одређених просторија израдом отвора који неће нарушити статику објекта.

Велики број различитих функционалних решења у приземном и спратном делу кућа понуђених у продајном каталогу овог система су доказ више о инвентивности пројектанског тима и о могућностима флексибилности и варијабилитета диспозиције станова грађених овим системом. Основни конструктивни модул примењен код референтне куће Т2 у стамбеном насељу Радишани где је био примењен панелни систем „Треска“ са широким панелима и челичним скелетом, износи 60 см у оба ортогонална смера. Овај систем на нивоу приземља и спрата куће дозвољава већу примену унутрашњег и спољашњег варијабилитета диспозиције стана, променом диспозиције пројектованих просторија стана или дограђивањем нових просторија у правцу према улазу објекта (што је и најчешћи случај у пракси околних објеката референтне куће Т2).

5.3.2. Анализа и вредновање енергетских перформанси референтног модела лаког монтажног система

Уштеда енергије

Употребљени унутрашњи и спољашњи грађевински материјали су предуслов зашто су објекти изведени овим системом еколошки и одрживи, са условима здравог и комфороног становања. Адекватна оријентација објекта на самој локацији обезбеђује значајне енергетске уштеде. Карактеристике употребљене топлотне изолације у различитим конструктивним деловима објекта, које су значајно допринеле постизању боље топлотне и звучне изолације, утицале су на вредности коефицијента отпора пролазу топлоте „R“ и коефицијента пролаза топлоте „U“ и у истом времену је значило да је објекат употребљавао и мање енергије.

Систем је био грађен методом „сувог“ поступка, дакле, током процеса изградње се није употребљавала вода. Традиционални радови као малтерисање и зидна обрада су били потребни само на нивоу подрума куће, па су зато били и мањи укупни трошкови грађења. Индустијски процес производње монтажних панела употребљених на референтној кући Т2 у стамбеном насељу Радишани значио је и ниске трошкове енергије током производње елемената система и

током њихове монтаже на самој локацији. Ово није само имало ефекат на смањење потрошње енергије, него и смањење загађења животне средине.

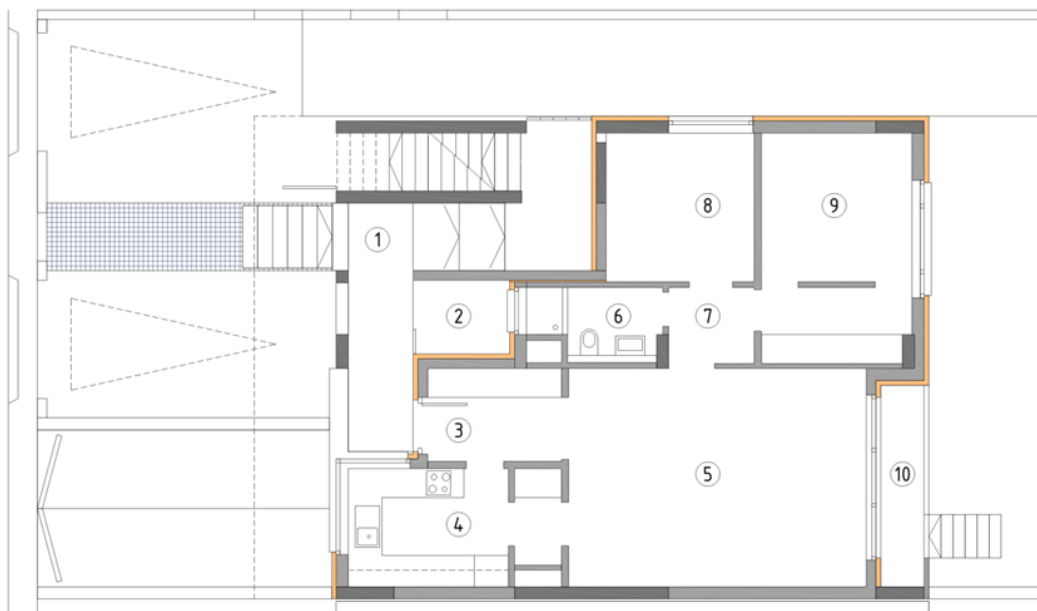
Наведеним улазним параметрима у поглављу 5.2.2. ове дисертације, помоћу програмског пакета KnaufTerm2PRO-M, прорачуната потребна годишња енергија за грејање за референтну кућу T2 износи $Q_{h,an}=76,27\text{kWh/m}^2\text{a}$, а потребна годишња енергија за хлађење износи $Q_{c,an}=26,20\text{kWh/m}^2\text{a}$. Сагласно овим резултатима прорачуна, објекат припада “С” енергетској класи. Енергетски пасош референтне куће T2 приказан је у Прилогу 2.

5.4. Анализа и вредновање перформанси објекта изведеног на класичан начин

Модел T3 представља индивидуалну стамбену кућу спратности Под.+П+1+Пот (сл. 47) у скопском насељу Козле. Укупна бруто површина основе је 292m^2 , а изграђена је у периоду 2015-2016. године према пројекту архитекта доц. др Димитра Папастеревског са сарадницима. На источној страни кућа је подигнута уз суседни објекат. Карактеристике куће T3 приказане су на сликама 48., 49., 50., 51., 52. и 53. На приказаном вертикалном пресеку су означени елементи позиција грађевинске физике, зидови и међуспратне таванице, а њихове карактеристике налазе се у Табели 16.

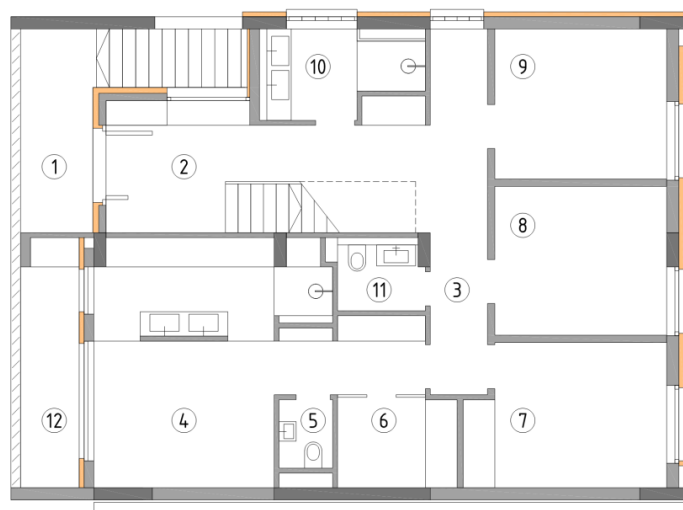


Слика 47. Фотографија куће T3 у стамбеном насељу Козле
(извор: др Димитар Папастеревски)



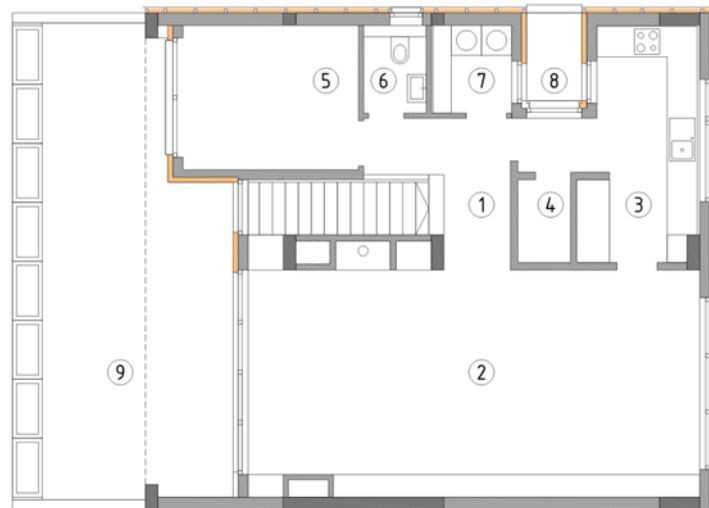
1. стениште 2. остава 3. хол 4. кухиња 5. дн. боравак 6. купатило 7. дегажман 8. и 9. спаваћа соба 10. тераса

Слика 48. Основа приземља куће Т3 (извор: др Димитар Папастеревски)



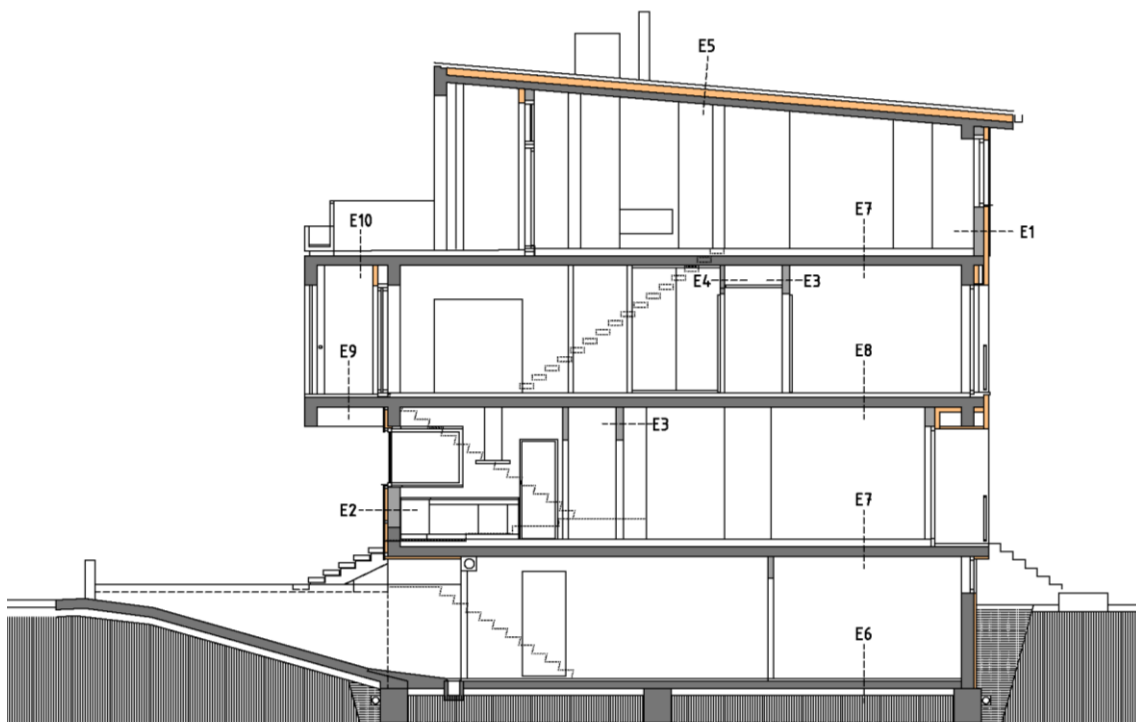
1. стениште 2. хол 3. претсобље 4. кухиња и дневни боравак 5. WC 6. гардероба 7., 8. и 9. спаваћа соба 10. купатило 11. WC 12. Тераса

Слика 49. Основа 1. спрата куће Т3 (извор: др Димитар Папастеревски)



1. претсобље 2. дневни боравак 3. кухиња 4. остава 5. спаваћа соба 6. WC 7. утилити 8. лођија 9. Тераса

Слика 50. Основа поткровља куће Т3 (извор: др Димитар Папастеревски)

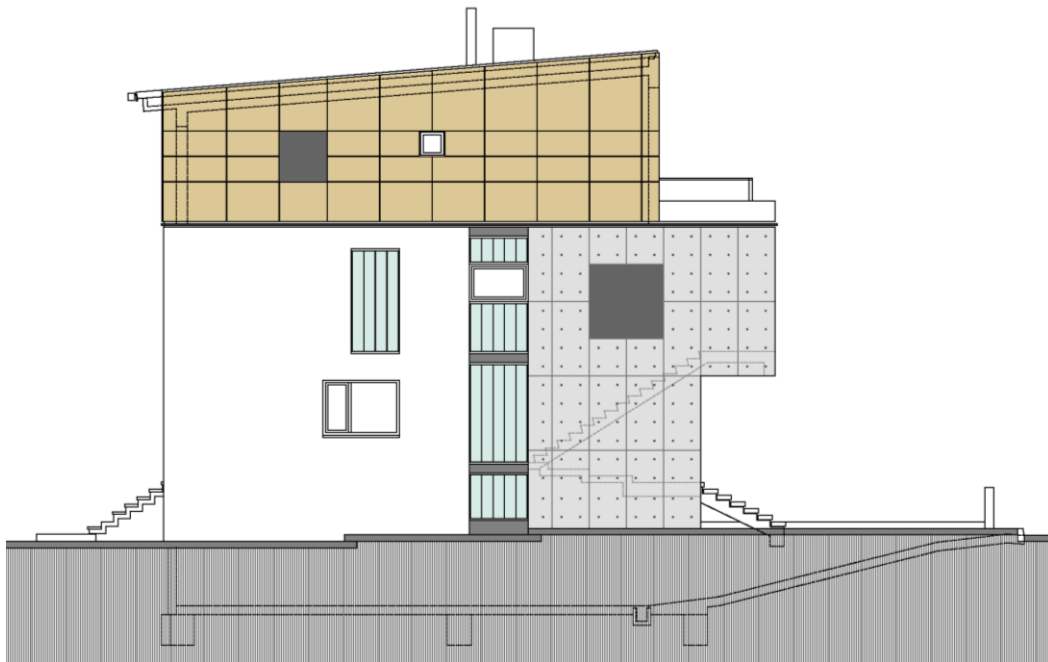


Слика 51. Вертикални пресек са означеним елементима структуре

(извор: др Димитар Папастеревски)

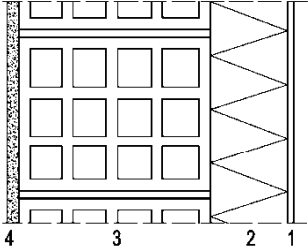
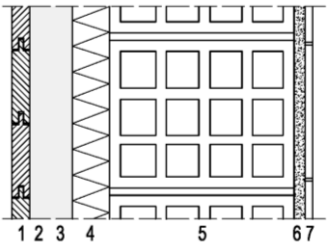
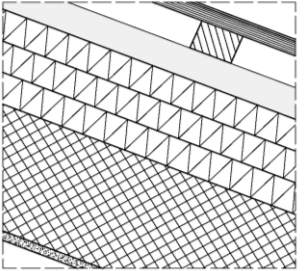
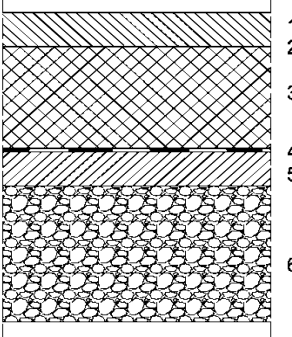
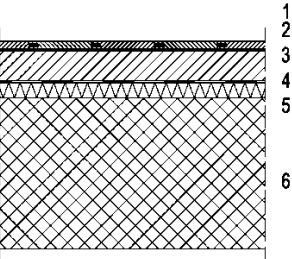


Слика 52. Спољашњи изглед куће Т3 са улазне стране
(извор: др Димитар Папастеревски)



Слика 53. Спољашњи изглед куће Т3 са бочне стране
(извор: др Димитар Папастеревски)

Табела 16. Преглед примењених елемената склопа куће Т3

ознака	пресек	опис	д (см)	„U“ [W/(m ² K)]
E1		<ol style="list-style-type: none"> 1. фасадни пластични малтер 2. стиропор 3. опекарски шупљи блок 4. унутрашњи малтер 	<p>0,5 10,0 25,0 1,5</p>	0,32
E2		<ol style="list-style-type: none"> 1. даске 2. дрвена потконструкција 3. вентилирани воздух 4. стиропор 5. опекарски шупљи блок 6. цементни малтер 7. керамичке плочице 	<p>2,0 5,0 5,0 5,0 25,0 1,5 1,0</p>	0,38
E5		<ol style="list-style-type: none"> 1. поцинковани лим 2. хидроизолација 3. дрвена потконструкција 4. даске 5. стиропор ПВЦ фолија 6. арм. бет. плоча 7. унутрашњи малтер 	<p>2x5/7 2,4 3x5 20,0 1,5</p>	0,23
E6		<ol style="list-style-type: none"> 1. цементна кошуљица 2. битуменска трака 3. арм. бет. плоча 4. полиетиленска фолија 5. мршави бетон 6. набијени шљунак 	<p>5,0 15,0 5,0 20,0</p>	1,45
E8		<ol style="list-style-type: none"> 1. паркет 2. мазилка 3. цементни естрих 4. ПВЦ фолија 5. стиропор 6. арм. бет. плоча 	<p>2,0 0,5 4,0 2,0 20,0</p>	0,95

5.4.1. Анализа и вредновање техничких и технолошких перформанси објекта изведеног на класичан начин

Конструктивни систем и процес изградње

Кућа Т3 у стамбеном насељу Козле је изведена класичним начином изградње са комбинацијом армирано бетонских стубова и зидова и армирано бетонском међуспратном конструкцијом дебљине 20см. Приземље је подигнуто на ниво 120см изнад терена, а подрум објекта који није намењен за становање, је изведен од армирано бетонских зидова на тракастим армирано бетонским темељима, на позицији испод носивих подрумских фасадних и преградних зидова. Сви преградни зидови куће Т3 су изведени од шупљивих опекарских блокова дебљине 10см, обострано омалтерисани продужним малтером.

Спољашњи изглед (финална обрада)

Са спољашње стране, мањи део фасадних зидова куће Т3 су финално обложени хоризонталним даскама причвршћеним на дрвеној потконструкцији, а остали део фасадних зидова је финално обрађен пластичним малтером обојеним у два тона: бели и тамно сиви.

Топлотна и звучна изолација

Прорачунати коефицијент пролаза топлоте “U” фасадног зида на делу где је примењен фасадни пластични малтер као финална обрада је $U=0,32$ [W/(m²K)], са дебљином стиропора од 10см у склопу зида, а “U” вредност фасадног зида где су примењене даске као финална облога зида је $U=0,38$ [W/(m²K)], стиропором дебљине од 5см.

Кровна конструкција ове куће је коса армирано бетонска плоча дебљине 20см (детал Е5, Табела 16.). Прорачуната “U” вредност структуре кровне конструкције је $0,23$ [W/(m²K)], са употребеним термоизолационим материјалом - стиропором дебљине 15см. Завршни кровни покривач је пластифицирани лим у сребрном тону. Овде је важно напоменути и прорачунату високу „U“ вредност конструкције пода на тлу која износи $U=1,45$ [W/(m²K)], која је оправдана с обзиром на чињеницу да подрумски ниво куће није у функцији становања.

Отпорност на пожар

Како је већ раније поменуто, према важећим прописима Закона о грађењу Републике Македоније (члан 5 става (2) другог дела Закона) није специфицирана

потребна против пожарна отпорност индивидуалних стамбених објеката изражена у минутима.

Економичност

Потребно време за изградњу куће Т3 изведене на класичан начин је износило 10 месеци. У односу на објекте грађене комплетно или делимично префабрикованим елементима, био је потребан већи број радника током процеса изградње на самом градилишту, грађевински отпад је већи, примењен је „мокри“ поступак грађења, конструкције су теже па су били потребни темељи већих димензија, што је допринело да овај објекат има веће укупне трошкове изградње (500евра/м²).

Употреба дебљих фасадних зидова (д=37см) и преградних зидова (д=15см) код куће Т3 изграђене на класичан начин, у односу на зидове употребљене код бондручног система референтне куће Т1 и панелног система „Треска“ куће Т2, резултовало је мањим корисним простором куће Т3, што доприноси мањој укупној економичности тог објекта.

Флексибилност

С обзиром на употребљени конструктивни систем комбинацијом армирано бетонских стубова и зидова код куће Т3, унутрашњи варијабилитет диспозиције стана код ове куће је максималан, то јест, дозвољене су корекције пројектоване функционалне шеме без нарушавања статике објекта.

Конструктивни систем дозвољава примену и спољашњег варијабилитета диспозиције стана и то доградњом нових просторија према потреби власника објекта.

Економичност

Због евидентне разлике у конструктивном систему, процесу изградње и технологије грађења куће Т3, нити једно од варијантних решења у овом параметру Модела за вредновање није присутно код овог објекта изведеног на класичан начин.

Везивна средства и повезивања елемената

Током процеса изградње куће Т3 примењена су стандардна везивна средства и начини веза карактеристични за објекте изведене на класичан начин.

Део фасадних зидова куће који су финално обложени хоризонталним даскама су заковани на дрвену потконструкцију помоћу ексера. Завршни кровни материјал је пластифицирани лим који је вијцима везан за дрвену потконструкцију.

5.4.2. Анализа и вредновање енергетских перформанси објекта изведеног на класичан начин

Уштеда енергије

Карактеристике употребљене топлотне изолације у различитим конструктивним деловима објекта, које су значајно утицале на вредности коефицијента отпора пролазу топлоте „R“ и коефицијента пролаза топлоте „U“, истовремено је значило и да је објекат користио и мање енергије.

Прорачуната потребна годишња енергија за грејање за кућу Т3 изведена на класичан начин (помоћу програмског пакета KnaufTerm2PRO-M) износи $Q_{h,an}=76,72\text{kWh/m}^2\text{a}$, а прорачуната потребна годишња енергија за хлађење куће износи $Q_{c,an}=18,24\text{kWh/m}^2\text{a}$.

Сагласно овим резултатима прорачуна, објекат припада „С“ енергетској класи. Енергетски пасош куће Т3 приказан је у Прилогу 3.

5.5. Компаративна анализа референтног модела бондручног и лаког монтажног објекта и објекта изведеног на класичан начин

На основу анализе референтне бондручне куће Т1 у насељу Бардовци приказани су резултати у Табели 17. и резултати референтне куће Т2 у насељу Радишани изведене панелним системом „Треска“ из Скопља (Табела 18.) у односу на параметре (перформанси) које дефинишу Модел за вредновање бондручних и лаких монтажних система.

Ови резултати биће упоређени са одговарајућим карактеристикама куће Т3 у насељу Козле, изведене на класичан начин, с циљем утврђивања разлике између бондручних, префабрикованих и традиционалних (класичних) грађевинских процеса у односу на параметре који могу бити заједнички за сва три типа објеката.

Табела 17. Приказ Модела за вредновање референтне куће Т1 у насељу Бардовци

МОДЕЛ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА			
Референтна кућа у насељу Бардовци (Скопље)			
р.бр.	КРИТЕРИЈУМИ	ВАРИЈАНТЕ РЕШЕЊА	вредност (поени)
1.	КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ И ПРОЦЕС ИЗГРАДЊЕ (ТЕХНОЛОГИЈА ГРАЂЕЊА)	<i>Конструктивни систем:</i> - масивни армирано-бетонски зидови (у подруму) † бондручна конструкција са једносратним стубовима (на приземљу и поткровљу) <i>Процес изградње (технологија грађења):</i> - делумна префабрикација и делумна израда на самом градилишту	3
2.	СПОЉАШЊИ ИЗГЛЕД (ФИНАЛНА ОБРАДА)	- пластични малтер - систем се мора и може прилагодити за примену различитих облога од предвиђене	1 2
3.	ТОПЛОТНА И ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА	Топлотна изолација <i>употребљени материјали:</i> - стиропор - стаклена вуна <i>„U“ вредност фасадног зида:</i> - <0,25 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност крова:</i> - <0,22 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност пода у додиру са тереном:</i> - >0,40 [W/(m2K)]	1 1 3 3 1
4.	ОТПОРНОСТ НА ПОЖАР	<i>Пожарна издржљивост:</i> - 30-60 минута	2
5.	ЕКОНОМИЧНОСТ	- уштеда радне руке - > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу - брже грађење - смањени грађевински отпад - лакше конструкције - „суви“ поступак монтажа	1 2 1 1 1 1
6.	ВЕЗИВНА СРЕДСТВА И ПОВЕЗИВАЊА ЕЛЕМЕНАТА	- ексери - вијци - челичне спојке	1 2 4
7.	ФЛЕКСИБИЛНОСТ	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи и спољашњи	6
8.	УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ	- ниски трошкови за грејање / хлађење - ниски трошкови за енергију током производње елемената - ниски трошкови за енергију за одржавање објекта	3 3 3

Σ=46

Табела 18. Приказ Модела за вредновање референтне куће Т2 у насељу Радишани

МОДЕЛ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ СИСТЕМА			
Референтна кућа у насељу Радишани (Скопље)			
р.бр.	КРИТЕРИЈУМИ	ВАРИЈАНТЕ РЕШЕЊА	вредност (поени)
1.	КОНСТРУКТИВНИ СИСТЕМ И ПРОЦЕС ИЗГРАДЊЕ (ТЕХНОЛОГИЈА ГРАЂЕЊА)	<i>Конструктивни систем:</i> - масивни армирано-бетонски зидови (у подруму) † конструкција са широким панелима и челични скелет(на приземљу и спрату) <i>Процес изградње (технологија грађења):</i> - префабриковани елементи	6
2.	СПОЉАШЊИ ИЗГЛЕД (ФИНАЛНА ОБРАДА)	- етернит - пластични малтер - систем омогућава примену различитих финалних облога	1 1 3
3.	ТОПЛОТНА И ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА	Топлотна изолација <i>употребљени материјали:</i> - стаклена вуна - стиропор - ваздушни простор <i>„U“ вредност фасадног зида:</i> - 0,25-0,35 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност крова:</i> - >0,30 [W/(m2K)] <i>„U“ вредност пода у додиру са тереном:</i> - >0,40 [W/(m2K)] Звучна изолација - удвојени дрвени профили код дилатационог зида	1 1 1 2 1 1 1
4.	ОТПОРНОСТ НА ПОЖАР	<i>Пожарна издржљивост:</i> - > 90 минута	4
5.	ЕКОНОМИЧНОСТ	- уштеда радне руке - > 5% више корисног простора у односу на масивну градњу - брже грађење - смањени грађевински отпад - лакше конструкције - „суви“ поступак монтирања	1 2 1 1 1 1
6.	ВЕЗИВНА СРЕДСТВА И ПОВЕЗИВАЊА ЕЛЕМЕНАТА	- ексери - вијци - челичне спојке - столарске везе	1 2 4 1
7.	ФЛЕКСИБИЛНОСТ	<i>Варијабилитет диспозиције стана:</i> - унутрашњи и спољашњи	6
8.	УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ	- ниски трошкови за грејање / хлађење - ниски трошкови за енергију током производње елемената - ниски трошкови за енергију за одржавање објекта	3 3 3

Σ=53

У односу на број добијених поена на бази вредновања анализираних референтних кућа Т1 и Т2 Моделом за вредновање бондручних и лаких монтажних система, а на бази предложених категорија система у делу 2.3. ове дисертације, може се констатовати да је анализирана референтна кућа Т1 у насељу Бардовци изведена бондручном конструкцијом задовољавајућег квалитета (са добијених 46 поена), док референтна кућа Т2 у насељу Радишани изведена панелним системом „Треска“ - Скопље је изузетног квалитета (са добијених 53 поена).

На основу резултата добијених анализом и вредновањем техничких и технолошких перформанси референтних кућа Т1 и Т2, може се закључити да префабрикован процес изградње референтне куће Т2 резултује да овај објекат има више поена и припада објектима изузетног квалитета и има већу отпорност на пожар због употребљеног материјала (етернит) за завршну обраду фасадних зидова.

На основу резултата добијених анализом и вредновањем енергетских перформанси референтних кућа Т1 и Т2 и куће Т3 изведене на класичан начин, може се закључити да прорачунате вредности годишње потребне енергије за грејање и хлађење референтне бондручне куће Т1 у стамбеном насељу Бардовци су ниске због чињенице да су и прорачунати коефицијенат пролаза топлоте „U“ фасадних зидова, крова и пода на тлу, такође ниске.

Овде је вредно истаћи да је „U“ вредност пода на тлу нижа у односу на референтну лаку монтажну кућу Т2 и кућу Т3 изведену на класичан начин, због чињенице да већи део подрумског нивоа референтне куће Т1 има функцију становања, па сходно томе у структури пода је употребљен и слој топлотне изолације. Код референтне куће Т2 и куће Т3, подрумски део објекта има функцију гараже и простора за одлагање, због чега није употребљена никаква топлотна изолација на поду. Претходно поменуте чињенице утичу у значајној мери на повећање потребне енергије за грејање објеката Т2 и Т3 и слабију категорију енергетске класе.

Висока вредност прорачунате потребне енергије за грејање и хлађење референтне куће Т2 је резултат постојања оригиналних старих прозора и балконских врата на објекту, за разлику од нових и савремених врата и прозора уграђених код објеката Т1 и Т3. Променом ове ситуације код референтне куће Т2,

износ потребне годишње енергије за грејање и хлађење ће бити мањи, што ће резултирати бољом категоријом енергетског разреда.

5.6. Дискусија резултата и формирање препорука

Префабрикација као процес изградње се убрзано развијала и остварила предност у односу на традиционални (класични) начин грађења:

- префабрикација омогућава да се повећа продуктивност операције грађења. Краће време грађевинског циклуса је доминантна карактеристика када се користи префабрикација као процес извођења објекта. Ово је резултат производње више компонената куће у исто време у фабрици, уместо једне за другом операцијом када се ради на самој локацији. Поред тога, напредак настанка и производње једног по једног елемента у фабрици је мање зависан од временских услова, што резултира краћим роком градње;

- префабрикација може смањити трошкове на самом терену, углавном трошкове радне снаге, трошкове опреме, као и утрошак енергије и воде. „Трошкови радне снаге на терену се замењују трошковима производње (у фабрици) што може да доведе до економске уштеде. Ипак, ове економске уштеде зависе од обима производње и стандардизације. Поред тога, рад у фабрици захтева више фиксних трошкова (капитал, машине) у односу на традиционалне операције изградње на самој локацији.“⁵⁹

У Табели 19. је наведено неколико главних предности и потреба префабрикованог начина градње објекта.

Процесом оцењивања и компаративном анализом референтних кућа Т1 и Т2 и куће Т3, доказано је да примена дрвета може да утиче на техничке, еколошке, економске и енергетске карактеристике зграда. Састав фасадних зидова зграде, према претходним анализама, има највећи утицај на оцену техничких и енергетских перформанси, те је због тога њихова оптимизација од изузетног значаја.

⁵⁹ Emilie Bossanne et al., *Lean WOOD*. Book 4 – part B process, 2017, str. 8

Табела 19. Главне предности и потребе префабрикованог начина градње објеката

ПРЕДНОСТИ	ПОТРЕБЕ
<ul style="list-style-type: none"> * боља продуктивност / краће време грађевинског циклуса, * потенцијалне економске уштеде, * смањени трошкови за градњу (трошкови за радну снагу, материјалне трошкове), * смањен отпад и нижи трошкови за управљање отпадом), * смањен ризик дефекта након испоруке (због контроле квалитета у фабрици), * буџети су прецизнији и економски резултати су сигурнији 	<ul style="list-style-type: none"> * више фиксних трошкова (потребан је објекат за фабрику) и инвестирање у опрему, * потребна је јака координација између ланца за снабдевање и операције пројекта, * потребна је дужа фаза планирања, * економске уштеде су важан услов за ефикасну монтажну градњу. Оне зависе од обима производње и стандардизације.

На основу урађене компаративне анализе референтних кућа Т1, Т2 и куће Т3, може се констатовати да су предности бондручних и лаких монтажних кућа у односу на куће изграђене на класичан начин следеће:

- прихvatљива нижа цена,
- материјали су природни – еколошки, а архитектонски стил је савремен,
- лакша конструкција / мањи темељи,
- обрада и руковање производима од дрвета је лакше,
- примећује се „суви“ поступак због чега је време потребно за сушење у великој мери елиминисано,
- знатно брже извођење / краће време за уселење,
- смањен грађевински отпад,
- боља топлотна изолованост / ниже “U” вредности фасадних зидова,
- пријатна собна температура током целе године,
- већа корисна површина за 10% у односу на класичну градњу (због разлике у дебљини зидова),
- степен префабрикације конструктивних елемената је врло висок, па су и трошкови за радну снагу, надзор и контролу мањи,
- уштеда електричне енергије.

Препоруке за пројектовање и извођење

Пројектанти у Македонији се позитивно изјашњавају када је у питању примена дрвета и не постоје суштинске препреке за већу примену дрвета у њиховим пројектима. Међутим, и поред тога, дрво није нашло право место у њиховим пројектима. Недовољно познавање производа и система грађења дрветом, уз предрасуде инвеститора, најважнији су узроци недовољне примене дрвета у стамбеним зградама на територији Републике Македоније и Скопске области. Како би се пројектантима на једноставан начин приближила градња дрвених зграда, требало би да стручна удружења или инжењерска комора у сарадњи са надлежним министарствима припреме Каталог примене савремених дрвених елемената у пројектовању зграда. Пројектанти би могли да на једноставан начин одаберу дрвене конструктивне елементе чија примена гарантује постизање еколошке исправности зграда, са становишта примењених материјала.

На основу резултата компаративне анализе искустава у изградњи и експлоатацији бондручних и лаких монтажних индивидуалних стамбених објеката, у односу на објекте изведене на класичан начин (на бази примера из Скопске области), могу се дати следеће препоруке за пројектовање и извођење у циљу унапређења еколошке градње у Скопској области:

- породичне зграде пројектовати у систему лаке панелне градње или применом бондручног система,
- примењивати принципе еколошког грађења приликом пројектовања, а посебну пажњу усмерити на примењене материјале: примену традиционалних локалних материјала, примену материјала из обновљивих извора, замена високоемисионих материјала нискоемисионим, као што су дрво и производи од дрвета,
- у пројектима искључиво применити столарију од дрвета, као једино еколошки исправно решење, примерено дрвеној стамбеној архитектури,
- преградне зидове пројектовати као лаке монтажне са дрвеном оквирном конструкцијом, који су еколошки исправнији, а уз то омогућавају и већу слободу у изменама просторне организације током целог животног века зграде,

- извођачи и произвођачи префабрикованих система грађења од дрвета треба да раде на еколошком унапређењу и сертификацији сопствених производа и система.

Топлотна и звучна изолација објекта

У циљу унапређења топлотне изолације објекта применити следеће мере:

- пројектовати ветрене фасаде са облогом од дрвета, или као контактне са топлотном изолацијом укупне дебљине минимум 10см,

- приликом пројектовања подова користити обичне дрвене подове, тј. бродски под, на подлози од естриха у приземљу, а на спратовима са топлотном изолацијом између носећих гредних елемената и испод крова поставити топлотну изолацију,

- пројектовати и приликом извођења примењивати топлотно-изолационе плоче на местима где се очекују топлотни губици.

Боље вредности звучне изолације у објекту могу се постићи применом вишеслојних облога и правилном комбинацијом слојева. Са само неколико модификација могуће је постићи смањење буке у просторији и смањити утицај ударног звука. У објектима од дрвета, уобичајено се користе вишеслојни типови зидова. Звучна изолација ових зидова зависи од карактеристика појединих слојева, њихове повезаности једне за друге и изолационе моћи шупљине између њих.

Морају се поштовати следећи принципи:

- употреба флексибилних меких слојева (на пример: дрвених плоча),
- амортизовање шупљина изолационим материјалима,
- гаранција непропустљивости ваздуха,
- избегавање звучних мостова.

Мере које би имале повољан ефекат у односу на звучну изолацију објекта су следеће:

- преграда направљена са минералном вуном или другим одговарајућим материјалом као испуном побољшавала би вредност за око 3 до 4 dB,

- дупла зидна облога може побољшати вредност до 4 dB,

- вишеслојне преграде и њихове међусобне везе морају омогућити квалитетан спој без могућности проласка звука,

- посветити пажњу правилном извођењу и повезивању, нарочито у случају вођења различитих инсталација, прикључника и сл.,

- естрих у пливајућем поду се мора прекинути у додиру са преградним зидом.⁶⁰

Против пожарна заштита

“У изградњи једнопородичне или двопородичне куће, потребна је само минимална против пожарна отпорност од 30 минута како би могла носива дрвена конструкција да за то време издржи. Преградни зидови између двојних кућа, или кућа у низу, морају се извести већом отпорношћу на пожар.”⁶¹

Важан критеријум током планирања, изградње и контроле је гаранција за обезбеђење против пожарне баријере. Примедба Херцога и групе аутора је да "изградња дрвених панела подразумева постојање шупљина специфичних за овај систем градње у којима се пожар може проширити неприметно, ако се не испуне следеће услови:

- да се чувају све шупљине сасвим празне, у улози звучне и топлотне заштите,

- све шупљине у оквиру једног префабрикованог елемента морају бити потпуно затворене с циљем пожарне отпорности са свих страна,

- врата и канали морају бити планирани и запечаћени посебном пажњом,

- фасаде и дрвени прозори / клизне ролетне морају бити испитани са аспекта против пожарне заштите,

- поред захтева за против пожарну заштиту, треба узети у обзир и адекватну заштиту од дима, нарочито ако се примењује контролирани вентилациони системи,

- опрема са једноставним детекторима за ватру и дим у великој мери није потребна, али доводи до значајног смањења ризика и може се користити као допунска мера.”⁶²

⁶⁰ Herzog, et al., *Holzbau atlas*. Birkhauser – Edition DETAIL, 2003, str. 70

⁶¹ Herzog, et al., *Holzbau atlas*. Birkhauser – Edition DETAIL, 2003, str. 72

⁶² Herzog, et al., *Holzbau atlas*. Birkhauser – Edition DETAIL, 2003, str. 72-73

Запаљиви грађевински материјал не сме се користити. Незапаљиви грађевински материјали на било којој површини у архитектонском објекту успоравају брзину ширења пожара. Применом стакло-цементних плоча за завршну обраду фасадних зидова (као замена за претходно уграђене азбест-цементне плоче), може се постићи већа отпорност на пожар (до 120 минута).

У вишеслојним конструктивним елементима објекта (фасадни зидови, међуспратне конструкције, кровови) где је предвиђен експандирани полистирен као грађевински материјал, потребно је уграђивати тешко запаљив, односно самогасив експандирани полистирен.

6. ЗАКЉУЧАК

6.1. Основни закључци

На основу резултата заснованих на аналитичким и компаративним истраживањима у оквирима ове дисертације, могу се формулисати следећи закључци:

1. Спроведене компаративне анализе искустава у изградњи и експлоатацији бондручних и лаких монтажних индивидуалних стамбених објеката, на основу примера из Скопске области, а на бази препознатих потенцијала и параметара, биле су основа за формирањем референтних модела оцењиваних претходно дефинисаним Моделом за вредновање бондручних и лаких монтажних објеката са техничког и енергетског аспекта.

Добијеним резултатима ових анализа потврђује се прва хипотеза претходно наведена у првом делу дисертације: *Спроведеном обимном компаративном анализом могуће је формирати референтни модел за вредновање бондручних и лаких монтажних објеката са техничког и енергетског аспекта, за климатске услове у Скопској области.* Компаративне анализе су резултовале формирањем пројектантских препорука.

2. У оквиру истраживања урађена је компаративна анализа референтног бондручног и лаког монтажног објекта у односу на објекат изведен на класичан начин, у намери да се покажу предности прва два типа објеката, како са аспекта рационалности, тако и са аспекта ефикасности у грађењу и постизању термоизолационих перформанси, са циљем да се укаже на разлоге због којих се и инвеститори у Скопској области требају оријентисати ка замени изградње зиданих објеката са делимично или комплетно индустријализованим префабрикованим начином изградње дрвених индивидуалних стамбених објеката. Карактеристика бондручних система као и система градње лаких монтажних објеката су: безбедност, дуготрајност и добре перформансе у погледу енергетске ефикасности, што их чини компаративним са конструкцијама изграђеним са конвенционалним грађевинским материјалима.

Предности изградње објеката бондручним и лаким монтажним системима, на супрот извођења објеката класичним методима грађења, су:

- Без обзира на врсту примењеног конструктивног система (бондручног или панелног) лака дрвена конструкција може бити урађена као демонтажна, а дрво се може поново употребити или рециклирати на крају њихове употребе. Потребна квалификована радна снага за монтажу овог типа објекта на самом градилишту је много мања и потребни су једноставни алати и механизација. Објекат се монтира за неколико дана, при чему је смањен и грађевински отпад.

- Дрво може да се примени за израду конструкције за унутрашње и спољашње зидове, међусpratне конструкције и кровове. Дрво и производи на бази дрвета могу бити употребљени за различите облоге и финалне обраде. Као фасадна облога код овог типа кућа могу се применити и облоге које нису од дрвета, као на пример: облоге од метала, фасадна опека или стакло-цементне плоче.

- Дрво је лако у тежини, високе густине, са одличним конструктивним и топлотним карактеристикама, и великим бројем различитих ботаничких врста дрвета са посебним карактеристикама, што значи да, дрво може бити погодно за различите специјалне захтеве.

- Дрвена конструкција у комбинацији са различитим материјалима представља јединствену целину у архитектонском смислу и може да обезбеди оптималну стабилност, топлотну и акустичну заштиту, отпорност на пожар и заштиту од воде и влаге.

- Лаке дрвене бондручне куће су јефтиније и флексибилније у погледу пројектовања у односу на масивна конструктивна решења. Имају и до 50% мање трошкова за грејање и хлађење у односу на куће изведене на класичан начин. Обезбеђују и до 10% више простора за становање у односу на куће класичне градње а истог габарита објекта.

- Дрво је комплетно биолошки разградиво. Производи од дрвета који се користе у грађевинарству нуде могућност апсорбовања CO₂ у изграђеним срединама и на тај начин ублажавају проблем глобалног отоплења. Оно што је изузетно важно је то да дрвена конструкција има врло ниску емисију штетних гасова и због тога је она све чешћа одржива опција становања.

- Дрвене куће су лаке, јефтиније за грађење и проширења. Фасаде са дрветом као фасадном облогом захтевају одржавање.

- Дрвене конструкције поред примене у стамбеној градњи употребљавају се и у објектима за пољопривреду, комерцијалним и индустријским објектима, спортским објектима, конференцијским салама и пословним објектима. Њихова највећа примена је за градњу резиденцијалних вила и породичних кућа, у зонама са великом густином насељености, а могу се примењивати и у градњи вишеспратних објеката.

Наведене предности у изградњи објеката са бондручним и лаким монтажним системима потврђују другу хипотезу претходно наведену у првом делу дисертације: *„Резултати компаративних анализа указују на предност оваквог начина градње објеката у односу на класичне склопове са аспекта економичности, флексибилности, техничких, термичких и звучно изолационих перформанси, као и енергетске уштеде, што је од нарочите важности имајући у виду чињеницу све већег недостатка и високе цене различитих видова енергије које се користе у индивидуалном становању код нас“* и оне представљају истовремено и правац активности за изградњу квалитетно новог концепта животне и природне околине.

Савремена архитектура данас, својом креативношћу и доприносом у погледу квалитета живота, мора укључити низ мера за побољшање енергетских уштеда и остварење могућности за коришћење обновљивих извора енергије, чиме ће се смањити коришћења фосилних горива и загађење животне средине.

Архитектура као наука, данас је свакако у позицији да одговори свим тим изазовима које се постављају пред њу и на тај начин позитивно утиче на ублажавање енергетске и еколошке кризе и доприноси одрживом развоју. Сви учесници у грађевинарству морају бити свесни својих одговорности, како за оно што чине, тако и за оно што би могло да уследи као последица. Да би данашња архитектура постала културно наслеђе будућности, она мора пронаћи своје место у том комплексном и глобалном контексту одрживог развоја.

Савремени приступ архитектуру и грађевинарства карактерише енергетско и еколошко рационално урбанистичко планирање, пројектовање, грађење и реконструкцију објеката и насеља, применом биоклиматских пројектантских техника и принципа пасивне и активне соларне архитектуре. Стални развој и напредак у пројектовању и грађењу ниско-енергетских кућа треба

да постане трајни професионални циљ и задатак сваког пројектанта и извођача радова. Захваљујући савременим пројектантским решењима, примени одговарајућих материјала и елемената опреме, уштеда енергије и еколошки допринос постају све важнији.

Енергетско и еколошко грађевинарство треба имати за циљ:

- смањење енергетских губитака у објектима побољшањем топлотне изолације спољашњих елемената и повољнијим односом површине и волумена објекта,

- повећање предности топлотних карактеристика правилном оријентацијом објекта и коришћењем соларне енергије,

- повећање уштеде потрошње енергената.

Солуције које смањују енергетску потрошњу су базиране на редуковању топлотних губитака омотача и на правилном ветрењу објекта, као и на ефикаснијем искоришћавању енергије.

Топлотни губици се могу редуковати:

- побољшањем капацитета и функционалности термоизолације омотача,

- побољшањем ваздушне непропустљивости омотача,

- побољшањем термоизолације и непропустљивости прозора и врата,

- употребом контролисане вентилације објекта,

- преносом топлоте испуштеног ваздуха на ваздух који се убацује у простор путем вентилационог система.

Побољшање капацитета топлотне изолације омотача значи примену термоизолације у дебљим слојевима или примену термоизолационих материјала веће изолационе моћи. Такође, постојање топлотних мостова треба да се реши бољим пројектантским детаљима. Критични делови прозора и врата уобичајено су везе прозорског стакла и оквира, као и елемента са зидном конструкцијом. Побољшањем непропустљивости ових делова, биће побољшан и укупни капацитет термоизолације целог објекта.

Концепт пасивне куће као куће без активног система за загревавање, или као енергетски одрживе куће је прилично интересантан у контексту решења проблема недостатка енергије у Македонији. Постоји велики потенцијал за побољшање енергетских уштеда кроз изградњу еко-објекта, коришћењем

материјала који су лако доступни у руралним срединама, а уједно имају одличне изолационе карактеристике, имају и високе енергетско-штедљиве перформансе, а такође су и знатно јефтиније.

3. Традиционални бондручни систем за изградњу породичних кућа представља један од најважнијих сегмената македонске материјалне културе и наслеђа који може отворити пут развоју и усавршавању савремених решења за пројектовање и грађење такозване „одрживе архитектуре“ ових простора.

При томе, ипак треба узети у обзир чињеницу да класичан тип традиционалног бондрука, током дужег временског периода коришћења, не испуњава капацитете и стандарде потребне током времена у коме је примењивана. О томе евидентно говоре још постојећи, чак и они најрепрезентативнији примери традиционалне бондручне архитектуре.

Ови недостаци огледају се у погледу квалитетних материјала за спољашњу и унутрашњу обраду, у погледу стабилности и због технолошких недостатака дрвета, топлотне и звучне изолације, функционалне недоречености и слично. Ово може да се превазиђе савременим технолошким решењима и применом нових грађевинских материјала, могућност системског планирања у условима тржишне економије и уз остварење нивоа потреба за постизање вишег стандарда становања.

У једној савременијој варијанти извођења, а на основу претходно анализираних бондручних старе куће у селу Кучково, традиционални бондрук могао би доживети квалитетно побољшање перформанси, како појединих елемената, тако и система у целини. Ово је и показано у предлогу решења за ову кућу у Скопској области изведену у традиционалном бондрук систему. Применом квалитетних метода и материјала за обраду у сувом поступку градње, као и применом софистицираних система за грејање и инсталационих система, ова архитектура у многоме може надмашити перформансе актуелних система изградње, нарочито по питању периода грађења, економичности током експлоатације, енергетских уштеда, остварења услова комфора и биоклиматских услова. Дрво је еколошки материјал са могућностима за једноставну рециклажу и замену одређеног употребљеног и дотрајалог дела другим.

Наведени закључци и предлог решења за савремену варијанту традиционалног бондрука применом савремених грађевинских материјала употребљених у већ анализираним системима, потврђују и трећу хипотезу постављену на почетку дисертације: *„На основу резултата истраживања формираће се предлог за модификованим традиционалним бондручним системом и решење са савременим материјалима који испуњавају савремене захтеве за термичку, као и звучну изолацију, обликовне карактеристике, сигурност конструктивног система и технологије грађења, односно флексибилност и уштеду енергије за климатске услове у Скопској области“*.

Потврђеним хипотезама заједно са већ наведеним резултатима истраживања, мора се утицати на промену негативног става домаћих инвеститора према системима за грађење бондручних и монтажних објеката са лакоом префабрикацијом.

Стимулисањем ове гране грађевинарства могао би бити решен део актуалних друштвено-економских проблема: запошљавање, развој високо-организоване и „чисте“ мале грађевинске привреде са целокупном логистиком планирања, пројектовања и грађења породичних кућа најразличитије врсте, као и равномернијег просторног и економског развоја на целој територији Македоније.

У прилог овоме иде и грађанска иницијатива „Дан дрвета - засади своју будућност“ која се до 2017. године одржавала тринаести пут за редом. Ова манифестација је престала да постоји у последње три године одлуком Владе Републике Македоније. Поред еколошког значаја - промена односа према природи, као реализација ове идеје кроз грађанску иницијативу, представљала је значајну обнову шумског фонда Македоније, што ће у ближој будућности представљати добру основу за развој једног сектора шумске привреде - прерада дрвета и индустрију дрвених производа (грађа, фурнири, шпер-плоче, иверице, амбалаже, паркети итд.) и њихов промет. Ово још више добија на значају ако се има у виду чињеница да се данас ови производи дрвене индустрије углавном увозе, чиме се одливају значајна материјална средства ван земље.

Научни допринос рада се потврђује чињеницом да се по први пут дефинише Модел за вредновање бондручних и лакких монтажних система разним

параметрима (перформансама) и решењима. Овим је постигнут и главни циљ истраживања постављен на самом почетку.

Вредновањем и компарацијом одређених система и објеката према већ дефинисаном моделу и параметрима за анализу система и објеката, отвара се могућност за истраживање нових форми и креативних иновативних концепата конструктивних система и архитектуре породичне куће.

Очекује се да ће примена дефинисаног референтног модела за вредновањем овог типа објеката унапредити методолошки процес пројектовања и знање пројектаната. Применом модела, пројектанти ће током фазе пројектовања бити у могућности да одреде и усвоје за даљу разраду и реализацију ону варијанту куће која је, након спроведеног вредновања према већ дефинисаном моделу, добила највећи број поена и тиме окарактерисана као најисправнија опција.

Урађеном анализом доказане су вредности и предности бондручних и лаких монтажних система који могу отворити врата правој реафирмацији традиционалне архитектонске форме кроз даљи развој и примену једне савременије варијанте, како по питању примене квалитетнијих материјала, тако и новом материјализацијом и обрадом и новим архитектонским изразом.

6.2. Правци даљег истраживања

Постојањем релевантних извора информација, модел се може проширити, допунити, са још неколико додатних параметара, као на пример: стабилност током земљотреса, извођење санитарних чворова, проблеми током извођења итд.

Ово може представљати путоказ могућностима за даља истраживања и стицање нових искустава на овом пољу. Оне се у овом моменту могу само наслутити, али убрзо могу постати реални, због чега овом приликом упућујем апел млађој генерацији архитеката која долази.

Модел може да подстакне, како самог кандидата, тако и све истраживаче који се занимају за ову област архитектуре, да раде на креирању модела и за друге типове архитектонских објеката и друга подручја ван Скопске области и Македоније.

Како што је већ споменуто, примена дрвета има дугу историју примене као једног од најстаријих грађевинских материјала које људи познају вековима. Али, да ли је то и материјал будућности? Ово питање је било постављано у прошлости веома често. У последње време, често непромишљена трошења ресурса су нам показала шта ће бити важно за наш живот у будућности.

Одрживост - реч веома ретко употребљавана пре 10 или 20 година - интензивно детерминише наше одлуке и наше акције. Употреба ресурса без компромиса са потребама будућних генерација, је нови лајт-мотив у нашим животима. Одрживост значи обновљивост. Архитекте које се баве дрвеним конструкцијама су сигурни у постојање бенефита којима доприноси примена природних сировина.

Унапређена новом механизацијом и алатима високих перформанси, револуција у изградњи дрвених кућа се десила 90-их година двадесетог века покренута компјутеризованим фабричким системима који су постали широко распрострањени. Производња у радионицама нуди боље услове радницима, смањује дужину времена за грађење и смањује загађење које оно ствара. Цена изградње је смањена, а омогућено је планско управљање отпадом било да се рециклира или користи као огревно дрво.

Префабрикација штеди време али и захтева од архитеката и извођача радова да буду одговорнији. Такође, сви актери у овом процесу морају радити још више заједно, како би усагласили детаље и унапредили координацију у реализацији будућних пројеката.

БИБЛИОГРАФИЈА

1. Adler, Petar. - *Montažne stanbene zgrade* - Kompendijum. SISU group, Beograd, 2004, str. 127
2. *America's Home Place* - quality homes built on your land since 1972. America's Home Place inc., 2006, str. 44
3. Bjelanović Adriana, Rajčić Vlatka. – *Drvene konstrukcije prema evropskim normama*, 2007, str. 460
4. Bossanne, Emilie et al. - *Lean WOOD*. Book 4 – part B process, 2017, str. 17
5. *Build a dream* - Dovetail Log Homes. ARONTEC inc., 2002.
6. Viljakainen, Mikko. - *The Open Timber Construction System* - Architectural Design. Wood Focus Oy, 2003, str. 114
7. Viljakainen, Mikko. - *Avoim puurakennusjärjestelmä - suunnitteluperusteet*. Wood Focus Oy, 2006, str. 110
8. Viljakainen, Mikko. - *Avoim puurakennusjärjestelmä - paikalla rakentaminen*. Wood Focus Oy, 2004, str. 114
9. Geyele - Sile. - *Zvuk, toplota, vlaga: osnove, iskustva i praktična uputstva za visokogradnju*. Građevinska knjiga, Beograd, 1979, str. 224
10. Gojković Milan, et al. – *Drvene konstrukcije*, 2007, str. 678
11. Golić, K., Kosorić, V., Krstić-Furundžić, A. - *General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment-Potential energy savings and environmental impact*, Renewable&Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 3, april 2011, Elsevier, str. 1533-1544
12. Грабријан, Душан. - *Македонска кућа* - или преод од стара ориенталска во современа европска кућа. Мисла, Скопје, 1986, стр. 231
13. Граматиков, Кирил. - *Експериментални и аналитички истражувања на дрвени решеткасто-рамковни носачи* - докторска дисертација. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија на Универзитетот „Кирил и Методиј“ - Скопје, Скопје, 1990, стр. 365
14. *Design with wood* - inspiration and information for the interior designer. Wood for good, 2008, str. 50

15. Димков, Гјорѓи. - *Компаративна анализа на реализираните градежни системи во станбената населба „Аеродром“ - Скопје со индустриска префабрикација - аспекти на флексибилност и економичност* - магистерски труд. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 2005, стр. 81
16. Džidić, Sanin, *Reakcija na vatru i otpornost na požar - Diskusije i dileme*, Association of Structural Engineers of Serbia 15th CONGRESS, At Zlatibor, Serbia, 2018. Volume: Proceedings, ISBN 978-86-6022-069-3
https://www.researchgate.net/publication/327695449_Reakcija_na_vatru_i_otpornost_na_pozar_-_Diskusije_i_dileme
17. *Economic Survey 2-2006*. Confederation of Finnish construction industries, 2007, str. 10
18. *Збирка градежни прописи* - извадок (прерађено ГП „Бетон“ - Скопје). Нова Просвета, Белград, 1982, стр. 7
19. *ICOMOS 2005 A-F.XP: Heritage at Risk*, 2004/2005, str 68-69
20. Ivanovic-Sekularac, Jelena & Petrovski, Aleksandar, Šekularac, Nenad. - (2018). *Comparison of wooden and conventional houses sustainability: Increasing application of modified wood In R. Of Macedonia*. Thermal Science, 2018, str.292.
21. Ivanović-Sekularac, Jelena & Šekularac, N., Cikic-Tovarovic, J. - *The effects of traditional materials on modern architecture of Serbia*. International Scientific Conference on Impact of Climate Change on the Environment and the Economy- Book of Abstracts, Belgrade, 2013, str. 226-227
22. *Industrial and storage buildings - for efficient manufacture*. Wood Focus Oy, 2003.
23. Исаиловић, Миодраг. - *Технички прописи о заштити од пожара и експлозија*. СМЕИТС, Београд, 2002, стр. 576
24. Kibert, C.J. - *Forward: Sustainable Construction at the Start of the 21st Century*. International Electronic Journal of Construction (IeJC), 2003.
25. Kilpelainen Mikko, Antti Ukonmaanaho, Marko Kivimaki. - *The Open Timber Construction System - Prefabricated Element Structures*. Wood Focus Oy, 2003, str. 119

26. Korvenmaa, Pekka. - Summarized from „*Timber Construction in Finland*“. Museum of Finnish Architecture & Finnish Timber Council, Nov.-Dec 1998, str. 41
27. Krstić-Furundžić, A. - *Raznovrsnost materijalizacije arhitektonskih struktura*, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003, Beograd
28. Krstić-Furundžić, A. - *Osnove materijalizacije savremenih industrijalizovanih objekata (Elements of contemporary industrialized building)*, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, treće dopunjeno izdanje, 2000, Beograd
29. Krstić-Furundžić, A. - *Naknadno rešavanje problema vezanih za termičku zaštitu i difuziju vodene pare (Subsequent solution of thermal insulation and vapor diffusion problems)*, poglavlje u monografiji "Gradjevinska fizika i materijali", Jugoslovensko društvo za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija-JUDIMK i Gradjevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003, Beograd, str. 121-130
30. Krstić-Furundžić, A. - *Savremeni trendovi u industrijalizovanoj gradnji (Contemporary approach to industrialized building)*, poglavlje u Zborniku posle diplomskih studija, kurs - Arhitektonska organizacija prostora, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1998, str. 167-178
31. Krstić-Furundžić, A., Kosić, T., Grujić, M. - *Energy, ecological and economic aspects of improvement of the dwelling housing in Belgrade*. Међународни научно-стручни симпозијум Инсталације&Архитектура, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 2010, стр. 39-47
32. Krstić-Furundžić, A., Kosić, T., Rajčić, A. - *Smanjenje potrošnje energije za grejanje stambenog objekta na Konjarniku (Reduction of energy consumption for heating of dwelling housing in Konjarnik)*, Zbornik Ocena stanja, održavanje i sanacija gradjevinskih objekata i naselja, Editor: Prof.dr R. Folić, Savez gradjevinskih inženjera Srbije, 2009, Beograd, str. 679-684
33. Krstić-Furundžić, A., Rajčić, A. - *Improvement of thermal performances of external walls aimed to produce energy rational buildings*, Proceedings of International Scientific Conference Sustainable spatial development of towns and cities, Volume 1, IAUS, 2007, Beograd, str. 297-304

34. Krstić-Furundžić, A. - *Principi koncipiranja konstrukcije potkrovlja stambenih objekata kod industrijalizovanih sistema*, Zbornik radova naučnog skupa: INDIS '89, Univerzitet u Novom Sadu, februar 1989, Novi Sad, str.153-166
35. Krstić-Furundžić, A. - *Koncipiranje drvenih konstrukcija stambenih potkrovlja kao industrijalizovanih sistema*, Zbornik radova Prvog jugoslovenskog naučno-stručnog skupa o Projektovanju i izvodjenju savremenih drvenih konstrukcija, 11-13 oktobar 1989, Cavtat, Savez građevinskih inženjera i tehničara SR Srbije, Beograd, str.33-37
36. Kuismanen, Kimmo. - *Low-dense timber construction - design and implementation*. Ab CASE consult Ltd, 2005, str. 39 27 January 2006
<http://econo.fi/english/research/documents/PlaEng.pdf>
37. Kujundžić, Vojislav. – *Drvene konstrukcije u mojoj arhitektonskoj praksi*. LKV Centar, 2014, str. 297
38. *CONNECTORS for wood construction - product & instruction manual*, Simpson Strong-Tie connectors, Catalog C-CDN95-1. Simpson Strong-Tie company inc., 1995, str. 32
39. *Commercial buildings - for successful business*. Wood Focus Oy, 2003.
40. *Construction Industry in Finland Yearbook 2006*. Confederation of Finnish construction industries, 2007, str. 22 27 January 2006
<http://rakennusteollisuus.fi/english/aboutindustry/year2006.pdf>
41. *Construction Review: Trends in U.S. construction, 1997 to 2001*. Gale group, Construction Review, 2004, str. 42 27 January 2006
http://findarticles.com/p/articles/mi_m3035/is_n4_v42/ai_19591980
42. Lahtela, Tero. - *Puu maatarakentamisessa*. Tuotanto - ja verastorakennusten suunnitteluohje. Wood Focus Oy, 2004, str. 68
43. Lahtela, Tero. - *Aaneneristys puutalossa*. Puurakenteisen asuinrakennuksen aaneristävyyden suunnitteluohje. Wood Focus Oy, 2004, str. 110
44. Lončarić, Davorin. – *Tehnologija drveta*, 2007, str. 189
45. Lončarić, Davorin. – *Drvene konstrukcije*, 2007, str. 447
46. *Luoman - Log houses and Log cabins*. Luoman Puutuote Oy, str. 12
47. Mannisto Juha, Risto Takala ja Kalle Siltala. - *Hallin rakennuttaminen*. Rakennushankkeen toteutus. Wood Focus Oy, 2005, str. 73

48. Mitrović, Snežana. – *Metalne i drvene konstrukcije 1*. VGGG, 2011, str. 396
49. Mitrović, Snežana. – *Metalne i drvene konstrukcije 2*. 2011, str. 165
50. *Монтажни објекти тип Треска – архитектура (продајни каталог)*. СОУР Треска – Скопје, Скопје, стр. 80
51. Naji Sareh, et al. - *Structure, energy and cost efficiency evaluation of three different lightweight construction systems used in low-rise residential buildings*. Energy and Buildings, 2014, str. 727-738
52. Namičev Petar, Namičeva Ekaterina. - *Traditional city house in Northeastern Macedonia*. Petar Namičev, Скопје, 2014, str. 143
53. Николоска, Марула. - *Градските куќи од 19 век во Македонија (просторна организација)*. Републички завод за заштита на спомениците на културата, Скопје, 2003, стр. 327
54. *Nordisk limtrahandbok*. Glulam handbook. Svenskt Limtra AB, 2003. CD-ROM
55. Omer Salah Eldien, Žagar Zvonimir. – *Konstrukcije od drveta*, 2007, str. 239
56. *Public buildings - for high profile public service*. Wood Focus Oy, 2003.
57. *PUU*, Finnish wooden architecture and wooden construction, Nr. 1*2000, Nr. 2*2000, Nr. 3*2000; Nr. 4*2000; Nr. 1*2001; Nr. 2*2001; Nr. 3*2001; Nr. 4*2001; Nr. 1*2002, Nr. 2*2002; Nr. 3*2002; Nr. 4*2002; Nr. 1*2003; Nr. 2*2003; Nr. 3*2003
58. *PUU Wood Holz Bois, Building Europe*, The European Wood Magazine, Nr. 4*2003, str. 67
59. *PUU Wood Holz Bois*, Finnish wooden architecture and wooden construction, Nr. 1*2004, Nr. 2*2004, Nr. 3*2004; Nr. 1*2005; Nr. 2*2005; Nr. 3*2005; . Nr. 4*2005; Nr. 1*2006; Nr. 2*2006; Nr. 3*2006; Nr. 4*2006; Nr. 1*2007; Nr. 1*2008.
60. *RAKENNETTU PUUSTA (TIMBER CONSTRUCTION IN FINLAND)*. Museum of Finnish architecture & Finnish timber council, 1996, str. 192
61. Selimbegović, Marta. – *Drvene konstrukcije u arhitekturi*. Golden marketing, 2008, str. 136
62. Стојков, Тихомир. - *Practicum III - бондручни и лесно-монтажни (БОЛМО) системи*, збирка на работни цртежи, детали и проекти, 2006, стр. 53
63. *Tackle Climate Change: Use Wood*. 2006, str. 84

64. Томовски, Крум. - *За конструкциите во народната архитектура во Македонија* - Зборник на Техничкиот факултет 1959-61 година - одделен отпечаток, Универзитет во Скопје, Скопје, 1959-61, стр. 14
65. Томић Љ., Пљакоски Д., Филиповски Љ., Бошковски В., Стоилова М. - *Еркер и ограда во архитектурата*. Наша книга, Скопје, 1983, стр. 176
66. *The World of Timber Architecture - Challenges - Advantages - Solutions*. Holzabsatzfonds, German Timber Promotion Fund, 2006, str. 81
67. Филиповски, Љупчо. - *Индустриска изградба на станови* - книга 2. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 1997, стр. 457
68. Филиповски Љупчо, Владимир Бошковски. - *Архитектонски конструкции 1*. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Архитектонски факултет, Скопје, 2005, стр. 380
69. *Handbook of Finnish plywood*. Finnish forest industries federation, Lahti, Finland, 2002, str. 65
70. Herzog, et al. - *Holzbau Atlas*. Birkhauser - Edition DETAIL, 2003, str. 375
71. *Heritage of timber construction* - Virtual Finland. 2001, str. 4 29 July 2008
<http://virtual.finland.fi/netcomm/news/showarticle.asp?intNWSAID=27056>
72. *High wind-resistant construction CONNECTORS*, Simpson Strong-Tie connectors, CATALOG C-HW95. Simpson Strong-Tie company, inc., 1995, str. 24
73. *Homasote company* - Structural, Sound Deadening, Insulating Building Products. 1999, str. 12
74. *Hoover* - treated wood products, inc. 1999, str. 16
75. Hugues Theodor, Ludwig Streiger, Johann Weber. - *Timber construction* - Details, Products, Case studies. Birkhauser - Edition DATAIL, 2004, str. 110
76. *Wood construction connectors*, Simpson Strong-Tie connectors, CATALOG C-96. Simpson Strong-Tie company, inc., 1996, str. 76
77. *Wood construction connectors*, Simpson Strong-Tie connectors, CATALOG C-98. Simpson Strong-Tie company, inc., 1998, str. 76
78. <http://puuinfo.fi>
79. <http://whistlertimberframe.com/history/history.html>
80. <http://blueridgetimberhomes.com/BlueRidgeTimberFrameHistory.html>

81. <http://simonsays.com/content/book.cfm?tab=73&pid=640100&agid=2>
82. <http://buildwise.org/library/energy/sustainable/green-technical-guide/fs34h.pdf>
83. <http://valubuild.com>
84. <http://buildwise.org/library/construction/SIPs/SIPs-101.pdf>
85. <http://enercept.com>
86. http://structuralprojects.com/basics_of_wfh.html
87. <http://ijm.com>
88. <http://woodfocus.fi>
89. http://spu.fi/reducing_energy_consumption
90. <http://shutterstock.com>
91. <http://eurima.org>
92. <http://geo-ing.com>
93. <http://arh.ukim.edu.mk/images/Obuki/EnergetskaEfikasnost.pdf>
94. http://mtc.gov.mk/media/files/Zakon_za_gradenje_130_28102009.pdf
95. <https://www.komoraoui.mk>

ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Енергетски пасош референтне куће Т1 у насељу Бардовци

СЕРТИФИКАТ ЗА ЕНЕРГЕТСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАМБЕНИ ЗГРАДИ	ОПШТИ ПОДАТОЦИ																						
	Тип на зграда	Постојна зграда																					
	Категорија	Станбена зграда																					
	Вид на зграда	Згради со една станбена единица																					
	Климатска зона	Скопје																					
	име на објектот																						
	адреса	Скопје, Бардовци																					
	катастарска општина и број																						
	година на завршување на градба	2005																					
	година на заврш.на техн.системи																						
	Година на енергетска обнова																						
	изведувач на работите	Гео-инг																					
	ЕНЕРГЕТСКО БАРАЊЕ ЗА ЗГРАДАТА НА ГРЕЕЊЕ		Qh.nd [KWh/m2]																				
	Qh.nd.dop [KWh/m2] Qh.nd.rel [%]		36.04																				
	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>A+</td> <td><=15</td> <td><=15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td><=25</td> <td><=25</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td><=50</td> <td><=50</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td><=100</td> <td><=100</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td><=150</td> <td><=150</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td><=200</td> <td><=200</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td><=250</td> <td><=250</td> </tr> </table>			A+	<=15	<=15	A	<=25	<=25	B	<=50	<=50	C	<=100	<=100	D	<=150	<=150	E	<=200	<=200	F	<=250
A+	<=15	<=15																					
A	<=25	<=25																					
B	<=50	<=50																					
C	<=100	<=100																					
D	<=150	<=150																					
E	<=200	<=200																					
F	<=250	<=250																					
ТЕХНИЧКИ ПОДАТОЦИ																							
вкупна подна површина [m2]	224																						
нето корисна подна површина [m2]	206																						
загреан волумен на зградата [m3]																							
број на катови	Под+П+Пот																						
број на станови	2																						
начин на ладење	клима уред																						
вид на вентилација																							
користење на ОИЕ																							
сертификат број																							
дата на издавање/рок на важење																							
извршител на означувањето		правно лице кое го издава сертификат																					
потпис/печат		потпис/печат																					

Прилог 2. Енергетски пасош референтне куће Т2 у насељу Радишани

СЕРТИФИКАТ ЗА ЕНЕРГЕТСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАМБЕНИ ЗГРАДИ	Општи податоци	Тип на зграда	Постојна зграда		
		Категорија	Станбена зграда		
		Вид на зграда	Згради со една станбена единица		
		Климатска зона	Скопје		
		име на објектот			
		адреса	Скопје, Радишани		
		катастарска општина и број			
		година на завршување на градба	1977		
		година на заврш.на техн.системи			
		Година на енергетска обнова			
		изведувач на работите	РО Треска-мебел		
		ЕНЕРГЕТСКО БАРАЊЕ ЗА ЗГРАДАТА НА ГРЕЕЊЕ			Qh.nd [KWh/m2]
		Qh.nd.dop [KWh/m2]		Qh.nd.rel [%]	76.27
Технички податоци	вкупна подна површина [m2]	102			
	нето корисна подна површина [m2]	82			
	запреан волумен на зградата [m3]				
	број на катови	П+1			
	број на станови	1			
	начин на ладење	клима уред			
	вид на вентилација				
	користење на ОИЕ				
сертификат број					
дата на издавање/рок на важење					
извршител на означувањето		правно лице кое го издава сертификат			
потпис/печат		потпис/печат			

Прилог 3. Енергетски пасош куће Т3 у насељу Козле

СЕРТИФИКАТ ЗА ЕНЕРГЕТСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАМБЕНИ ЗГРАДИ	ОПШТИ ПОДАТОЦИ	Тип на зграда	Постојна зграда		
		Категорија	Станбена зграда		
		Вид на зграда	Згради со една станбена единица		
		Климатска зона	Скопје		
		име на објектот			
		адреса	Скопје, Козле		
		катастарска општина и број			
		година на завршување на градба	2016		
		година на заврш.на техн.системи			
		Година на енергетска обнова			
		изведувач на работите			
		ЕНЕРГЕТСКО БАРАЊЕ ЗА ЗГРАДАТА НА ГРЕЕЊЕ		Qh.nd [KWh/m2]	
			Qh.nd.dop [KWh/m2]	Qh.nd.rel [%]	76.72
ТЕХНИЧКИ ПОДАТОЦИ	вкупна подна површина [m2]	292			
	нето корисна подна површина [m2]	223			
	загреан волумен на зградата [m3]				
	број на катови	Под+П+1+Пот			
	број на станови	3			
	начин на ладење	клима уред			
	вид на вентилација				
	користење на ОИЕ				
	сертификат број				
дата на издавање/рок на важење					
извршител на означувањето		правно лице кое го издава сертификат			
потпис/печат		потпис/печат			

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Кандидат:

Гјоргји А. Димков

Датум и место рођења:

29.октобар 1964. године, Скопље, Р. Македонија

Образовање:

* основно образовање: ОШ „Кирил Пејчиновић“ у Скопљу, са одличним успехом 5,0 проглашен је ђаком генерације;

* средње образовање: ГУЦ „Здравко Цветковски“ у Скопљу, архитектонски смер, са одличним успехом 5,0 проглашен је ђаком генерације;

* високо образовање: Архитектонски факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ у Скопљу, одсек пројектовање, са просечном оценом у току студирања 8,34. Одбранио дипломски рад дана 9. јула 1991. године на тему „Комбинована дечја установа са применом соларне енергије и савремених технологија грађења“ са оценом 10. Тиме је стекао високу стручну спрему и стручни назив дипломирани инжењер архитектуре.

* у школској 1995/96. години уписао је последипломске магистарске студије на Архитектонском факултету, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ у Скопљу. Дана 22. децембра 2005. године је на истом Факултету одбранио магистарски рад под називом „Компаративна анализа реализованих грађевинских система у стамбеном насељу Аеродром - Скопље са индустриским префабрикацијом - аспекти флексибилности и економичности“ (ментор: Љупчо Филиповски, редовни професор Архитектонског факултета у Скопљу; чланови комисије: др Зорица Блажевска и Владимир Бошковски, редовни професори Архитектонског факултета у Скопљу).

Радна историја

- студио за ентеријере и дизајн „Гема-Проект“ - Скопље као архитекта (1992. год.)

- маркетинг биро „Патент“ - Скопље као агент у промету са недвижном имовином (1993. год.)

- Архитектонски факултет Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ - Скопље
као млађи асистент (од 1.01.1995. год.)

- Архитектонски факултет Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ - Скопље
као асистент (од 1.06.2006. год.).

Садашња позиција:

Асистент на предметима „Архитектонске конструкције 1“ (I и II сем.),
„Архитектонске конструкције 3“ (V и VI сем.) и „Моделарство“ (I и II сем.) у
Институту за Високоградњу Архитектонског факултета Универзитета „Св. Кирил
и Методиј“ - Скопље.

Чланство у професионалним удружењима:

- члан је Асоцијације архитеката Македоније од 1996. године,
- члан је IAEA (Међународне агенције за атомску енергију) од 2017. године.

СПИСАК ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА

M72 - Одбрањена магистерска теза

- Димков, Г., Компаративна анализа реализованих грађевинских система у
стамбеном насељу Аеродром - Скопље са индустриским префабрикацијом -
аспекти флексибилности и економичности, Архитектонски факултет, Скопље,
2005.

**M84 - Научни пројекат Министарства за образовање и науку Републике
Македоније**

- Филиповски, Љ., Бошковски, В., Димков, Г., Клима и његов утицај у избору
грађевинских материјала за обликовање фасада у региону Републике Македоније,
Министарство за образовање и науку Републике Македоније, Скопље, 1998-2005.

**M24 - Радови саопштени у домаћим научним часописима међународног
значаја**

- Dimkov, G. - Contemporary variant of a traditional Macedonian bondruck house.
Spatium, No. 43, June 2020, str. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.2298/SPAT2043044D>.

M51 - Радови саопштени у међународним научним часописима

- Dimkov, G. , Papasterevski, D and Petrovski, A. - The cantilever in the Macedonian national architecture - aspects of the function, construction and materials for its application. TTEM, vol. 10, No. 2, 2015, str.177-190.

M33 - Радови саопштени на међународним скуповима штампани у целини

- Dimkov, G. - Skopje`s architecture through history. (Излагање на семинару Lurp meeting - лекције урбаног и регионалног планирања), Politecnico di Bari - Technical University of Bari, Department of Architecture and Planning у кооперацији AISRe, the Italian Association of Regional Sciences, 2005.

- Petrovski, A., Marina, O., Dimkov, G. and Papasterevski, D. - Sustainable design for improvement of healthy built environment in Proceedings of 2nd International Academic Conference on Places and Technologies, Nova Gorica, 2015, str. 52-58.

M35 - Ауторизована дискусија са међународног скупа

- Urban landmarks. Излагање на Workshop-у „Градове на води“ - Истанбул и Скопље, Архитектонски факултет Јилдиз техничког факултета из Истанбула и Архитектонски факултет Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ из Скопља, 1997.

M65 - Ауторизована дискусија са националног скупа

- National Workshop on prevention and remediation of Radon from homes, public buildings and workplaces, Skopje, 2016.

Учесће на међународним и националним изложбама

- претставник Архитектонског факултета из Скопља на Светској изложби студентских радова Архитектонских факултета, Париз, 1986.

- БИМАС`2002 - бијенале македонске архитектуре, у конкуренцији архитектонских пројекта добијено признање за ауторство са високим вредностима, Скопље, 2002.

Од стицања стручног назива дипломирани инжењер архитектуре ради као аутор или сарадник на изради великог броја архитектонских пројеката, научних и

стручних радова, учесник је интернационалних радионица, изложби, семинара и конкурса.

Гјоргји А. Димков живи у Скопљу. Говори и пише енглески, италијански и српски језик.

Изјава о ауторству

Потписани-а **ГЈОРГЈИ АНГЕЛ ДИМКОВ**

број индекса **Д 20 / 2014**

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛИ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ ОБЈЕКТА ЗА СКОПСКУ ОБЛАСТ“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____



Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора **ГЈОРГЈИ АНГЕЛ ДИМКОВ**

Број индекса **Д 20 / 2014**

Студијски програм **Архитектура и урбанизам**

Наслов рада **„РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛИ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ
ОБЈЕКТА ЗА СКОПСКУ ОБЛАСТ“**

Ментор **Др Александра Крстић - Фурунџић**, редовни професор Архитектонског
факултета Универзитета у Београду

Потписани/а **ГЈОРГЈИ АНГЕЛ ДИМКОВ**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској
верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног
репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског
звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум
одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне
библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____



Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛИ БОНДРУЧНИХ И ЛАКИХ МОНТАЖНИХ ОБЈЕКТА ЗА СКОПСКУ ОБЛАСТ“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____

