

Универзитет у Београду – Архитектонски факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
АРХИТЕКТОНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

1. Предмет: Извештај комисије о докторској дисертацији

На седници Наставно-научног већа Архитектонског факултета, Универзитета у Београду која је одржана 25. новембра 2013 године, на основу члана 98. Статута Архитектонског факултета у Београду (Сл. билтен АФ, бр. 80/08 и 84/10), а у вези са чланом 28. Правилника о докторским студијама (Сл. билтен АФ, бр. 81/08) и Одлуком Већа докторских студија Архитектонског факултета од 25. новембра 2013 године, донета је одлука 01-1824/2-9.3 којом је образована Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Радивоја Соларова под називом "ПРИЛОГ ТЕОРИЈИ СПРЕЗАЊА ДРВЕНИХ ЛАМЕЛИРАНИХ НОСАЧА КАРБОНСКИМ ВЛАКНИМА" у саставу:

- др Ружа Окрајинов Бајић, дипл. инж. грађ., председник доцент, Архитектонског факултета, Универзитета у Београду.
- др Милан Глишић, дипл. инж. арх., ментор редовни професор Архитектонског факултета, Универзитета у Београду и
- др Сузана Копривица, дипл. инж. грађ., члан редовни професор, Факултета за градитељски менаџмент – грађевина, Универзитета УНИОН „Никола Тесла“ у Београду,

Комисија након прегледа урађене докторске дисертације, подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

2. УВОД

2.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација мр Радивоја Соларова под називом "ПРИЛОГ ТЕОРИЈИ СПРЕЗАЊА ДРВЕНИХ ЛАМЕЛИРАНИХ НОСАЧА КАРБОНСКИМ ВЛАКНИМА" написана је на 140 страна. Основни текст је дат на 97 страна са прилозима на 13 страна. Рад обухвата седам поглавља, и то Увод, Материјали и методе истраживања, Приказ резултата, Закључке, Литерауру, Прилоге и Биографију кандидата. Уводне стране и наслов дате су на три стране, резиме на српском и енглеском на две стране, захвалност на једној страни, предговор на три стране, садржај на три стране, примена националних докумената, скраћенице, ознаке и симболи на једној страници, речник термина на једној страни, попис слика на шест страница и попис табела на једној страници. На крају основног текста дат је попис литературе на шест страница. На крају рада, после прилога дата је биографија аутора на две странице. У раду је дато 180 слика, 20 табела и 79 коришћених референци.

2.2. Хронологија тока рада на дисертацији

У јулу 2007. године кандидат је поднео захтев Научно-наставном већу Архитектонског факултета да му се одобри израда докторске дисертације под насловом: "Прилог теорији спрезања дрвених ламелираних носача карбонским влакнима ". Наставно-научно веће је на седници одржаној 05.07.2007. године, донело одлуку бр. 01-1364/2-4.3 о именовану комисије за оцену испуњености кандидата и теме докторске дисертације у саставу:

др Милан Глишић, дипл. инж. арх. редовни професор Архитектонског факултета, Универзитета у Београду,

др Бошко Стевановић, доцент Грађевинског факултета у Београду и

др Влстимир Радоњанин, научни сарадник Института за грађевинарство, Факултета техничких наука у Новом Саду.

Обавеза комисије била је да сачини и поднесе Реферат Већу Факултета о оцени испуњености услова кандидата и теме докторске дисертације најкасније у року од 30 дана.

7 октобра 2009. године на Научно-наставном већу Архитектонског факултета је измењена комисије за оцену испуњености услова кандидата и теме докторске дисертације у саставу:

др Милан Глишић, дипл. инж. арх. редовни професор Архитектонског факултета, Универзитета у Београду,

др Душан Ковачевић, ванредни професор Института за грађевинарство, Факултета техничких наука у Новом Саду и

др Влстимир Радоњанин, научни сарадник Института за грађевинарство, Факултета техничких наука у Новом Саду

На истом Већу Комисија је поднела извештај о подобности теме докторске дисертације.

На овај извештај Веће научних области архитектура и урбанизам, Универзитета у Београду је дана 1. јула 2010. године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом: "Прилог теорији спрезања дрвених ламелираних носача карбонским влакнима ", кандидата Радивоја Соларова, дипл. инж. грађ.

Наставно-научно веће је на седници одржаној 12.07.2010 године, донело одлуку бр. 01-1389/2-6.7 у којој се одобрава рад на теми докторске дисертације.

Кандидат је још у времену када је поднео пријаву за израду докторске дисертације упутио два захтева за донацију материјала којом би извео моделе, јула 2009 године, произвођачу и увознику грађевинског материјала ДОО. "SIKA" из Београда са погоном у Батајници. Прва донација се односила на карбонске траке SikaCarboDur, типа S и једну типа M. Други донатор је ДОО. "Пирамида" из Сремске Митровице, привредно друштво за израду ламелираних конструкција, која је испоручила обрађене дрвене ламеле испитаних класа дрвета од стране увозног произвођача, валитетних класа, дужине 4,0 m. 21.07.2009 године у погонима ове фирме и уз стручни надзор инструктора за ојачање карбонским тракама из ДОО. "SIKA" вршена је израда модела - узорака. Од дрвених ламела формиран су гредни носачи дужине 3,20 m, а затим су на разне начине ојачани су са карбонским тракама, према плану испитивања.

12.08.2009 године упућен је захтев Факултету техничких наука, Департману за грађевинарство да се у лабораторији уз стручни надзор ментора изведе испитивање модела, који се у раду називају узорцима. Понуда од стране ове установе је уследила 11.01.2011 године, под бројем 031-31/121. Понуда за испитивање модела је добијена и од фирме ДОО. "ТРЦ ПРО" из Петроварадина 24.децембра 2010 године. Ипак је уз консултације одлучено да се прихвати понуда ФТН-а.

Испитивање је вршено од фебруара до априла 2011 године у лабораторији Департмана за грађевинарство и делимично на Институту за производно машинство, ФТН, Универзитета у Новом Саду.

После обраде мерених и израчунатих података добијених на основу параметара од којих су модели израђени и извршени упоредних анализа научних радова из ове области написана је прва верзија рада и предата 6.10.2011 године. Она је одштампана је у четири примерка, подељена је члановима комисије и један примерак је задржан у Судентској служби Архитектонског факултета у Београду.

10.10.2011. године образована је комисија за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

др Милан Глишић, редовни професор Архитектонског факултета у Београду,

др Душан Ковачевић, ванредни професор Института за грађевинарство, Факултета техничких наука у Новом Саду и

др Властимир Радоњанин, научни сарадник Института за грађевинарство, Факултета техничких наука у Новом Саду

На истом Већу, Комисији је наложена обавеза да у року од 60 дана достави Реферат са мишљењем о оцени докторске дисертације.

Препоруке ментора и грешке у раду су достављене на консултацијама 10.11.2011. године. Све исправке су извршене и рад-докторска дисертација је умножена у шест примерака, укорићена са тврдим корицама и послата Служби Архитектонског факултета и менторима 2.12.2011. године. Међутим, пошто чланови комисије у законском року нису дали мишљење о раду Научно-наставно веће је дана 22.11.2013 године донело одлуку да се формира комисија за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

др Милан Глишић, дипл. инж. арх., редовни професор Архитектонског факултета, Универзитета у Београду,

др Сузана Копривица, дипл. инж. грађ., редовни професор, Факултета за градитељски менаџмент Универзитета УНИОН „Никола Тесла“ у Београду,

др Ружа Окрајинов Бајић, дипл. инж. грађ., доцент, Архитектонског факултета, Универзитета у Београду..

2.3. Место дисертације у одговарајућој стручној области

Докторска дисертација која је предмет овог Извештаја спада у научно поље Техничко-технолошких наука и научну област Архитектура и урбанизам, а у оквиру уже научне области Архитектонско конструктерство.

3. БИОГРАФИЈА КАНДИДАТА

Радивој Соларов рођен је 18.марта1954. године у Тителу где је похађао основну школу "Светозар Милетић". Средњу грађевинску школу у Новом Саду је завршио 1973 год. Те године се уписује на Грађевински факултет у Београду-конструктивни смер, који је своје одељење формирао у Новом Саду. Дипломирао је 1980 год. на Факултету техничких наука у Новом Саду 1980 на предмету Испитивање конструкција.

На Природно-математичком факултету у Новом Саду, смер за алгебру са програмирањем, одбранио је специјалистички рад 1995. године, а на смеру за програмирање, а магистарски рад на истом факултету 1998. године. Тема магистарског рада је била из грађевинске области са насловом: "Објектно оријентисана спецификација информатичког система за прорачун темељних носача на еластичној подлози". Државни испит за рад у грађевинској струци положио је у Загребу 1983. године, а државни испит за рад у просвети у Новом Саду 1987 год.

У приоду од 2002. до 2008. године као генерални заступник немачке фирме NEMETSCHEK за производњу софтвера у грађевинарству за подручје Војводине, стиче сертификат и врши обучавање из архитектонског пројектовања у Allplanu.

Аутор је CARDS програма за реформу средњег стручног образовања у оквиру пројекта финансираног од стране ЕУ и Министарства просвете и спорта Републике Србије, ИНОВАЦИЈЕ У НАСТАВИ СРЕДЊЕГ СТРУЧНОГ ОБРАЗОВАЊА ИЗ ПРЕДМЕТА: МЕХАНИКА ТЛА И ФУНДИРАЊЕ, Бр: 03/SER01/12/003.

Поседује лиценце инжењерске коморе Србије: бр. 310413203 - Одговорни пројектант грађевинских конструкција, бр. 410323003 - Одговорног извођача грађевинских радова, бр.316Н45009 - Одговорног пројектанта грађевинске геотехнике, и бр. 416С36508 - Одговорног извођача радова грађевинске геотехнике.

Од јула 2011 год. уписан је у регистар *Судских вештака - грађевинске струке*. У овој области вештачио је у више случајева на проценама оштећења објеката као и експерт за радове у тлу.

Члан је извршног одбора, Друштва Грађевинских Инжењера Новог Сада и учесник у Организационом одбору више међународне Конференције "Савремена грађевинска пракса", која се сваке године одржава.

Професионално искуство у образовању:

1.09.1980-2014. ТШ. " Милева Марић Ајнштајн", Нови Сад, *Натавник теориске наставе за стручне предмете*: Мостови, Монтажне конструкције, Статика, и Механика тла са Фундирањем.

1.10.2005-2007. "ВИША ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКА ШКОЛА" у Београду, Хајдук Станкова бр. 2, *Виши предавач за уже научну област Грађевинске конструкције*, предмет Механика тла са Фундирањем.

Професионално искуство у грађевинарству:

- Од 1993. године ради као сарадник у више приватних фирми које се баве изградњом и пројектовањем,
- Као Одговорни пројектант израдио самостално 50 идејних пројеката, 80 главних пројеката, 5 пројеката изведеног стања и 150 техничких извештаја и извештаја о вештачењу за легализацију објеката.
- Као Одговорни пројектант геомеханике, самостално обрадио 200 геомеханичких елабората,
- Као Одговорни извођач радова, учествовао је на извођењу 50 стамбених и индустријских објеката а на 10 био надзорни орган,
- Као судски вештак урадио 5 процена вредности некретнина и вештачио у два кривична случаја.

Списак објављених научних радова и учешћа на семинарима: (публикације-укупно 12 научних радова и један уџбеник)

[1] Solarov R., ОБЈЕКТНО-ОРИЈЕНТИСАНА СПЕЦИФИКАЦИЈА ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА ЗА ПРОРАЧУН ТЕМЕЛЈНИХ НОСАЧА НА ЕЛАСТИЧНОЈ ПОДЛОЗИ, магистарска теза, Универзитета у Новом Саду Природно - математички факултет, Институт за математику, Нови Сад, 1998.

[2] Solarov R., Racković M., Surla D. OBJECT-ORIENTED SPECIFICATION OF THE INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATION OF THE FOUNDATION GIRDER, XIII Conference on Applied Mathematics PRIM '98, Novi Sad, 1999.

[3] Solarov R., Racković M. THE APPLICATION OF STRUCTURAL SYSTEM ANALYSIS IN CALCULATION OF THE FOUNDATION GRID, XII Conference on Applied Mathematics PRIM '97, pp. 53, Subotica, 1997.

- [4] Solarov R., Racković M. OBJECT-ORIENTED SPECIFICATION OF THE CALCULATION OF THE CONCRETE FOUNDATION, Abstract of the XIV Conference on Applied Mathematics PRIM 2000, pp. 25, Subotica, 2000.
- [5] Solarov R. STRUKTURNA SISTEM ANALIZA U PROGRAMIRANJU TEMELJA, Zimski seminar: PRIMENA RAČUNARA U ARHITEKTURI, ANALIZI KONSTRUKCIJA I FUNDIRANJU, DGITNS i FTN, Novi Sad, 1997.
- [6] Solarov R., Presentacija softverskog paketa za dimenzionisanje nearmiranih betonskih temelja, "Primena računara u geodeziji i građevinarstvu", 3 Republički seminar za nastavnike stručnih predmeta u području rada, Građevinski fakultet u Beogradu 26-27.02.2000, Beograd.
- [7] Solarov R., OBJECT ORIENTED ANALYSIS OF THE INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATION OF THE FOUNDATION GRID IN ELASTIC GROUND, DYNET Workshop, Modern Programming Concepts and Their Applications in Engineering, Session III, November 22-24, 2001, University of Niš, Niš.
- [8] Соларов Р., Вуковић Д., ТЕХНИКА ИЗВОЂЕЊА ТЕМЕЉНЕ ЈАМЕ У ГРАДСКИМ УСЛОВИМА (Локација: Београд, Суботичка бр23), Симпозијум: ПРОЦЕДУРЕ И ПРОБЛЕМАТИКА ИЗГРАДЊЕ ОБЈЕКТА, Врњачка Вања, 2006.
- [9] Соларов Р., Ратковић Д., ИЗВОЂЕЊЕ ГЕОТЕХНИЧКИХ РАДОВА У ЦИЉУ ПРИКУПЉАЊА ПОДАТАКА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ СТАМБЕНО-ПОСЛОВНОГ ОБЈЕКТА Р+4 - Р+8 (Локација: Београд, Угао улица 29. Новембра, Ђуре Ђаковића и Цвијићеве), Симпозијум: ПРОЦЕДУРЕ И ПРОБЛЕМАТИКА ИЗГРАДЊЕ ОБЈЕКТА, Врњачка Вања, 2006.
- [10] Solarov Radivoj , OSVRT NA PRIMENU KARBONSKIH TRAKA PRI OJAČANJU GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA, Deveti i treći međunarodni naučni skup iNDiS 2003, Novi Sad, Novembar 2003.
- [11] Solarov Radivoj, Nove tehnologije u građevinarstvu , "PRIMENA FIBER-KARBONSKIH TRAKA ", AG magazin arhitektura i građevinarstvo br. 18., Beograd, mart 2004,.
- [12] Радивој Соларов, Душан Ковачевић, Властимир Радоњанин и Милан Глишић, "АРМИРАЊЕ ДРВЕНИХ ЛАМЕЛИРАНИХ НОСАЧА СА КАРБОМСКОМ ТРАКА", XXV Конгрес и симпозијум о истраживањима и примени савремених достигнућа у грађевинарству у области материјала и конструкција, ДИМК, Тара, 19-21 октобар 2011 год.

Објављени уџбеник:

- [1] Соларов Радивој (1991-2004): МЕХАНИКА ТЛА И ФУНДИРАЊЕ уџбеник за III разред грађевинске техничке школе (Техничар за: високоградњу, нискоградњу и хидроградњу), ДОПУЊЕНО ЧЕТВРТО ИЗДАЊЕ, ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ И НАСТАВНА СРЕДСТВА, БЕОГРАД, 2004.

Уз четврто издање уџбеника у прилогу је дат CD са програмом за *прорачун неармираних тамеља самаца различитих геометријских облика основе* и материјал о новим технологијама из ове области као и приказ о изградњи најзначајнијих објектата у свету.

4. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

4.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација написана је на 140 страна. Основни текст је дат на 97 страна са прилозима на 13 страна. Уводне стране и наслов дате су на три стране, резиме на српском и енглеском на две стране, захвалност на једној страни, предговор на три стране, садржај на три стране, примена националних докумената, скраћенице, ознаке и симболи на једној страници, речник термина на једној страни, попис слика на шест

страница и попис табела на једној страници. Све стране су нумерисане са бројевима страница позиционираним у десном доњем углу доње маргине стране, док је у левом доњем углу исписан текст: „Докторска дисертација“. На десној страни изнад горње маргине су уписана и нумерисана поглавља. На крају основног текста дат је попис литературе на 6 страница. На крају рада, после прилога дата је биографија аутора на 2 странице.

Целокупан рад је подељен у седам поглавља, тако да поред увода садржи још шест поглавља, што ће бити у даљем тексту анализирано.

УВОД садржи четири одељка: Истраживања, Предмет истраживања, Циљ истраживања, и Програм истраживања.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА, садрже информације о употребљеним материјалима који се користе за израду модела-узорака, што је дато у одељцима:

Лепљени ламелирани носачи, са подацима за израду носача у следећим пододељцима: О дрвету, Формирање носача од лепљеног ламелираног дрвета, Израда и примена носача од лепљеног ламелираног дрвета, Технолошки процес производње и Отпорност дрвених лепљених ламелираних носача на пожар.

Композитни материјали за ојачање са подацима за ојачање носача у следећим пододељцима: Карактеристике композитних материјала, Облици FRP композитне арматуре на тржишту, FRP траке и Заштита FRP трака.

Експериментална истраживања са описом начина истраживања на узорцима у следећим пододељцима: Израда и димензије узорака, Поступак ојачања узорака, као и Претходна истраживања са описом поступака која се односе на: Испитивање адхезије подлоге, Испитивање лепила за спајање дрвених ламела, Карактеристике FRP трака, Испитивање лепила за повезивање FRP траке и дрвене ламеле и Одређивање модула еластичности дрвета; Испитивања узорака: серије 1 (узорак10, узорак11, узорак12, узорак13, узорак14), серије2 (узорак20, узорак21, узорак22) и серије 3 (узорак31);

Резултати мерења: серија 1 (угиби у средини распона, дилатације на горњој и доњој ивици у средини распона), серија2 (угиби у средини распона, дилатације на горњој и доњој ивици у средини распона) и серија 3 (угиби у средини распона, дилатације на горњој и доњој ивици у средини распона);

Стање деформације испитиваних узорка: серије 1 (узорак10, узорак11, узорак12, узорак13, узорак14), серије2 (узорак20, узорак21, узорак22) и серије 3 (узорак31);

Опис механизма лома;

Прорачун узорака - модела:

Резултати нумеричке анализе: серије 1 (еластична линија, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 10, еластична линија, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 11, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 12, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 13, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 14), серија 2 (еластична линија, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 20, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 21, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 22, и серије 3 (еластична линија, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 30, 3Д изоповршина угиба, 3Д изоповршина нормалних напона горње и доње зоне модела бр. 31);

ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА даје анализе изведених радњи преко табела и дијаграма упоређењем вредности резултата добијених испитивањем узорака и модела: Поређења експерименталних и рачунских резултата, Анализа механизма лома узорака, Анализа процента армирања, места и положаја FRP трака, Анализа контактне дужине ојачања, Анализа резултата по групама (Група 1, Група 2 и Група 3) и Анализа трошкова.

ЗАКЉУЧЦИ представљају анализу доприноса експерименталног истраживања ојачања дрвених ламелираних лепљених носача ојачаних са карбонским FRP тракама путем одељака: Закључци истраживања, Нагласак на нове проблеме и могуће правце даљих истраживања.

ЛИТЕРАТУРА, представља само мали део проучене литературе која је поменута у раду и поред тога садржи и поједине сајтове где се може пронаћи и детаљнија грађа података која је коришћена при анализи резултата.

ПРИЛОЗИ, се односе на три групе података, и ту су:

А. Пробни подаци за испитивање у којима је приказан претходни прорачун пре испитивања узорака и то: Контрола угиба и Контрола на избочавање и

Б. Записници са испитивања узорака: Серија 1 (узорак бр. 10 - мерење 1,2,3 и 4, узорак бр. 11 – мерење 1, узорак бр. 12 – мерење 1 и 2, узорак бр. 13. – мерење 1 и 2, узорак бр. 14. – мерење 1 и 2), серије 2 (узорак бр. 20. – мерење 1, узорак бр. 21. – мерење 1, 2, 3 и 4, узорак бр. 22. – мерење 1 и 2) и серија 3 (узорак 31. – мерење 1 и 2);

В. Преглед трошкова израде и ојачања узорака је дат табеларно,

БИОГРАФИЈА, је поглавље које се односи на биографију аутора, његово радно искуство, објављене и публиковане радове на семинарима и у стручној литератури и на објављени уџбеник.

4.2. Кратак приказ рада по поглављима

УВОД, је прво поглавље и представља историјски преглед примене класичних дрвених конструкција до савремених ламелираних дрвених конструкција.

Истраживања чин потреба да се формирају пресеци већих димензија и да се повећа носивост конструкција. Предности дрвета као грађевинског материјала и његова енергетска ефикасност.

Потреба за истраживањем и проучавање понашања дрвених конструкција при напрезањима од Галилеја до савремених прорачунских поступака. Акцент на радове који су проучавали појаву "лома" код дрвених носача и покушај да се опише стање које доводи критичног стања носивости. Повећање носивости ојачањем греда челичном арматуром представља корак који је повећао носивост дрвеним гредама. Међутим, применом композитних материјала за ојачање дрвених греда добијају се још бољи резултати. Стварањем великих истраживачких центара и улагањем у ову научну дисциплину створени су услови за експериментисањем на моделима и овде је дата репроектива неких научних радова.

Нагласак је да се предметна истраживања највише односе на санацију постојећих дрвених конструкција када се за кратко време може извести поступак ојачања. На ојачаним носачима на овај начин се не мења изглед и облик, а променом положаја ојачања се могу учинити невидљивим тако да после ојачања они опет годинама могу да се успешно користе.

Предмет истраживања, је начин извођења ојачања који се може извести и на конструкцијама на објектима где се захтева веће статичко оптерећење и повећање носивости: код надоградњи, претварања стамбених у пословне просторе, код реконструкција и промене намене и сл.

Циљ истраживања је утврђивање методологије за санацију дрвених комструкција где треба одабрати квалитетан материјал за ојачање, одредити место на носачу које даје најбољи учинак а не смета при експлоатацији, што се постиже решавањем сваког случаја засебно и израдом *Пројекта ојачања*. За израду ових пројеката и за квалитетну примену при извођењу ојачања на конструкцији потребни су стручњаци за ову област. Овај рад има два важна циља а то су: одабир најбољег начина ојачања и едуковање експерата који ће правилно спровести такве технике.

Циљ истраживања је примена резултата екстерминталних испитивања на санацији и на пројектовању нових носача већих распона. Показатељи који су добијени ојачањем треба да уђу у примену при ојачању конструкција које су деформисане. Примена ојачења дрвених носача са FRP тракама треба да постане поуздана метода која треба да уђе у масовну примену. Применом ове методе се постижу већи учинци у односу на до сада коришћене методе. Употребом квалитетних материјала за ојачање и повећањем носивости носача стиче се све већа примена на подручју санација. Израдом статичких прорачуна носивости ојачаних греда добија се сигурност у примени. Све наведене чињенице треба да допринесу великој примени приказаних система и комерцијалну примену. Економски аспект примене ојачања са FRP тракама треба да постигне велику примену у пракси и обезбеди инвеститорима уштеде при финансирању радова

Програм истраживања је прво радно поглавље где се описује идеја о истраживању која се настала пре пет година као потреба за стручним усавршавањем. Ово је била жеља кандидата да се после стеченог искуства на извођењу и пројектовању опроба и у истраживању. У странијој литератури је било радова објављених из области ојачања бетонских конструкција, док је знатно мањи број било из области ојачања дрвених конструкција. Тиме је био и већи изазов да се истражује у области која није довољно истражена а која пружа велике могућности примене. Сам програм истраживања садржи поглавља рада која описују експериментална истраживања и на крају анализу резултата.

Идеја за израду докторског рада је подржана од стране ментора који је одмах дефинисао радни наслов и дефинисао поље истраживања. У склопу тога вођени су преговори са техничким директором ДОО. "SIKA", Драганом Гавриловићем дипл. инж. грађ. који је преко донације фирме обезбедио карбонске траке које су и потпуности искоришћене за ојачање модела. Од броја трака је зависио и број модела и начин армирања. Израда модела од дрвених ламелираних дасака је изведено у Сремској Митровици у ДОО."Пирамида", захваљујући директору Чеди Андрићу, дипл. инж. грађ. У радионицама ових погона је извршено ојачање модела са карбонским тракама.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА, је друго поглавље где се описују материјали за истраживање и истичу њихове карактеристике.

Лепљени ламелирани носачи, садрже податке о карактеристикама дрвета. Високи квалитет испитаног и употребљеног дрвета од кога су сачињени носачи потиче од дрвета увезеног из Аустрије које је прошло машинску класификацију дрвеног материјала. На основу тога се издаје сертификат о његовом квалитету. Спајање ламела се врши зупчастим лепљеним наставцима тако да се добија трака неограничене дужине и уједначеног квалитета.

Формирање носача од лепљеног ламелираног дрвета, врши се пажљивим спајањем и лепљењем ламела, скраћењем и површинском обрадом. На основу одабраног квалитета ламела добија се и квалитет греде. Попречни пресеци носача се рационално формирају ако се у крајњим зонама у доњем делу и у горњем постави дрво високог квалитета а у средини-у инертној зони дрво нижег квалитета.

Израда и примена носача од лепљеног ламелираног дрвета, представља приказ производње носача од лепљеног ламелираног дрвета у производним погонима. Најважнији процеси представљају обрада дрвених ламела, начин пресовања пресека и

крајња заштита носача. Овако описаним поступком израђују се носачи веома захтевних естетских форми, што је приказано на фотографијама изведених објеката.

Технолошки процес производње, израде носача од лепљеног ламелираног дрвета, дат је преко фаза кроз које пролази и сваки модел који је направљен за потребе овог испитивања. Такође од великог значаја је и примена ових носача за добијање најсложенијих архитектонских форми у савременим репрезентативним објектима, угоститељским и црквеним објектима, надстрешницама на стадионима, спортским халама, мостовима и др.

Отпорност дрвених лепљених ламелираних носача на пожар, представља недостатак ових носача. Отпорност на ватру, је мала ако се ојачани модел остави незаштићен. У зависности од намене простора и времена заштите могу се извршити адекватне заштите. Ове заштите се могу извести са премазима или лепљењем термоотпорним плочама. За сваки тражени степен заштите потребно је извршити тестирање.

Композитни материјали за ојачање су производи који се употребљавају у задњих тридесет година и изазвали су праву револуцију у грађевинарству.

Карактеристике композитних материјала, најбоља су приказане на недавно изведеном хибридном носачу који се састоји из композитних материјала а који има доминантну носивост и издржљивост која је потврђена nanoшењем пробног оптерећења. тренутно се од композитних материјала производе готови пуни и шупљи профили, цеви, платна, шипке и траке. Ако се користе као арматура за ојачање онда се она може постављати да буде видљива или заштићена плочама или скривена у формираним жљебовима на носачу.

Облици FRP композитне арматуре на тржишту, даје избор могуће арматуре која је коришћена и у другим радовима. Дати су пресеци и технички подаци трака где се могу уочити различити модули еластичности и чврстоће на затезање.

FRP траке, су представљене са својим саставним деловима. Истакнута је њихова инваредна издржљивост на затезање. У приказу лома, ова механичка особина је приказана фотографијом. Приказана су и три различита типа трака са ознаком: S, M и H. На два примера је приказан поступак ојачања изведених конструкција: дрвеног носача система просте греде и куполе која је санирана формирањем обруча од FRP трака. Њихово постављање је веома ефикасно и брзо учествују у ношењу.

Заштита FRP трака, односи се на израду изолационог слоја од разних спољашњих утицаја у шта спадају: заштита од температуре, агресивне средине, ударана масто ојачања и сл. У ту сврху су произвођачи FRP трака, дали нека квалитетна решења у облику премаза, плоча и других изолационих слојева.

Експериментална анализа објашњава како су модели изведени и како је и на којим местима извршено ојачање FRP тракама. Да би се објаснио поступак ојачања приказане су фотографије начињене приликом рада на моделима које се одвијало у фазама.

Израда и димензије узорака, је добијена на основу препорука ранијих експеримената, где су димензије усвојене тако да нема потребе за корекцијом напона. Дониране FRP траке и пројекат испитивања су диктирали да се узорци димензионишу у три серије. На фотографијама су документовани детаљи израде узорака,

Поступак ојачања узорака, је извршен када су узорци били припремљени према пројекту. Ојачања су изведена на доњој ламели носача тако што су FRP траке накнадно налепљене или постављене у жљебове у вертикални положај.

Претходна испитивања су била неопходна да би се карактеристике употребљеног материјала унела у прорачун модела. Од материјала који је преостао обрадом и скраћењем модела узети су узорци на којима су извршена претходна испитивања.

Испитивање атхезије подлоге је урађена "pull off" методом. Колачићи справљени од лепила су са уређајем за чупање скидани са дрвене подлоге и на сва три узорка је та сила

била у границама дозвољених сила. Такви резултати су потврдили да ће се остварити добро садејство између арматуре и греде приликом ојачања.

Испитивање лепила за спајање дрвених ламела су испитана на три узорка који су узети при скраћењу греда. Ови узорци су у преси излагани смицању до лома. Појава лома се дешавала преко дрвета а не преко лепка. То је потврдило да је лепак којим се спајају дрвене ламеле квалитетан и боље носивости од влакнасте структуре дрвета.

Карактеристике FRP трака, су узете из претходних испитивања, односно из атеста које даје произвођач ових трака у виду атеста. У случају овог испитивања узете су три врсте FRP трака са различитим карактеристикама. У литератури рада су дати изворни каталози произвођача као и детаљна испитивања која су вршена и усаглашена са нашим стандардима.

Испитивање лепила за повезивање FRP траке и дрвене ламеле, је вршено на три узорка у преси за наношење притиска поступно. Две дрвене ламеле између којих је залепљена FRP трака су излагане смицању до лома. Код готово свих узорака је дошло до појаве "лома" по дрвету. То је добар резултат јер лепило које је коришћено за везу није попуштало, већ структура дрвета. На овом, кратком, узорку у карбонска трака показала велику носивост и на притисак јер је било спречено њено извијање.

Одређивање модул еластичности дрвета, је добијен на два узорка тако што је извршено савијање дрвене ламеле, дужине 70 cm, до лома. Први узорак се пре поломоио јер није било спречено гњечење дрвета на месту уноса силе па је то изазвало прерани лом. Вредност модула еластичности даје криве уједначеног нагиба на дијаграму, а за две различите силе се добијају исте вредности модула еластичности.

Испитивање узорака, је вршено на краткотрајно статичко оптерећење тако да су том приликом мерени угиби на карактеристичним местима и дилатације на средини носача и то на горњем и доњем влакну модела. За време испитивања вођен је записник о испитивању. Мерења су вршена неколико пута и то при малим и већим силама. Вршена су и контролна мерења са два угибомера и то електронским и механичким путем. Такође су вршена растерећења и контролисани су подаци после растерећења. У сваком тренутку је праћено бочно избочавање носача где је постојала стална опасност од обртања пресека и искакање уређаја за унос силе. Када би се испунио услов да до избочавања неће доћи онда се ишло до наношења критичне граничне силе, када је обично долазило до појаве прслина, њихово проширење и до лома. Уочавање положаја и величине пукотина, те облика "лома" је регистровано на топологији модела. Ово су били надрагоценији подаци на основу којих ће касније бити донети важни закључци испитивања. Подаци који су битни код израде модела дати су у табели прегледно за сваки модел.

Резултати мерења су дати само преко дијаграма за угибе, дилатације горњег и доњег влакна модела на средини распона носача и то за прегледно за сваку серију: Серију бр. 1, Серију бр. 2 и Серију бр. 3. Фотографије са испитивања и фотографије деформације узорака су дате у следећем наслову.

Стање деформација испитиваних узорака детаљно описује деформацију у зависности од броја мерења за сваки модел са појавама које су је изазвале. Поред изгледа прслина и деформације дата је и максимална сила која је довела до појаве крајње деформације. Све појаве деформација су документоване са фотографијама.

Опис механизма лома, је описано као појава коју су дефинисане у анализираним радовима из ове области и појавама које су уочене на приказаним испитивањима. У овом делу је описано зашто не долази до лома у притиснутој зони модела, већ готово увек у затегнутој зони модела. У овим испитивањима није долазило до лома у притиснутој зони нити су се појављивале веће пукотине. Понашање носача у зони пластичних деформација даје одговор на питање зашто се дијаграм напона претвара у параболу која сва напрезања премешта у доњу зону, а при томе растеређује горњу ивицу. Код неојачаних модела лом

настаје у доњој ламели на средини распона где су утицаји момента савијања највећи. Ојачањем ове зоне појава лома се премешта ка ослонцима где се увећавају смичући напони. Ту постоје две опције да се лом догоди у доњој ламели блиско ослонцу или да се лом догоди у доњој ламели на месту завршетка траке. Често се и трака може услед трења одвојити од доње ламеле, уколико дужина сидрења није довољна. Најбољи резултати ојачања су добијени када је трака препуштена преко ослонаца. Тада се смањује гњечење на месту ослонаца а трака је притиснута, тако да носи на трење, односно понаша се као претходно напрегнути носач. У том случају модел је могао да прими највеће силе, али постојала је стална опасност од избочавања греде. Овај случај смањује напрезање средишних ламела па даје могућност да се за израду користи и дрво слабијих квалитета, што даје уштеду у цени израде модела. Овај део испитивања је оригинални научни приступ и представља научни допринос рада.

Прорачун модела је урађен да би се могли контролисати резултати мерења угиба, дилатација на горњем и доњем влакну у средини распона носача.

Рачунски модел, је направљен у софтверском пакету AxisVM, који третира греду као скуп коначних елемената, заснован на прорачунима помоћу МКЕ. Свака ламела је висине 3,2 cm, и то представља хоризонталну поделу, а греда је вертикално подељена мрежом на по 10 cm. Између ових елемената дате су међусобне линк везе са подацима о материјалима и крутостима. Такође су дефинисани и гранични услови ослањања и оптерећења модела. Статичком анализом је извршен прорачун дефинисаних модела, а добијени резултати су приказани на дијаграмима.

Резултати нумеричке анализе су дати у виду дијаграма: за модел бр. 10 (еластична линија и 3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 11 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 12 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 13 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 14 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 20 (еластична линија и 3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 21 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 22 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 30 (еластична линија и 3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела), модел бр. 31 (3Д изоповршина која приказује угибе и напоне горње и доње зоне просторног модела).

ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА, је треће поглавље које анализира резултате мерења на моделима и пореди их са резултатима из анализе прорачунског модела.

Поређење експерименталних и рачунских резултата, је у овом делу приказано табеларно. Селектовање упоређење је извршено по угибима, нормалним напонима, на месту горњег и доњег влакна у дрвету и напони у арматури на месту ојачања. Последња колона у табели даје разлику изражену у процентима између рачунских и мерених вредности. Те разлике су готово у свим моделима на страни рачунских вредности, сем у случајевима када ја због несавршености израде модела или због начина мерења долазило до одступања.

Поред тога приказани су и дијаграми међусобне зависности силе и угиба. Овде су узета сва могућа извршена мерења на моделу и упоређена са рачунским мерењем. Код готово свих дијаграма линије се приближно поклапају или је бар рачунска крива већег нагиба.

Анализа механизма лома узорка је обухватала појаву прелома доње ламеле на средини распона, код неојачаног модела; код ослонаца, ако је извршено делимично ојачање; поред траке, ако ојачање није извршено по целој ширини; и одцепљање траке од носача и избочавање и ротација целог модела.

Анализа носивости ојачаних узорака у односу на неојачане узорке је значајна само из претходног става да се појава лома догађа прво код неојачаног на средини распона а код ојачаног ближе ослонцима што зависи од дужине ојачања. Код већине модела носивост ојачаних модела је већа за 15 до 20%, а код ојачања пребаченог преко ослонаца се повећава и до 30%.

Анализа процента армирања, места и положаја FRP трака, је код иситивања била у другом плану, јер због рационализације употребе арматуре у раду нису коришћени јако армирани пресеци. Ипак, се може запазити да се оно креће од 0,3125 до 0,875 % и да се и носивост повећава. У радовима где се овај проблем више анализирао доказано је да се оптимално армирање постиже са 3% и да после тога се носивост мало повећава и није економски исплатива.

Анализа контактне дужине ојачања је дала закључак да што је она дужа одгађаће и спречавати могућност лома али ће повећавати опасност од избочавања. Препорука је да код одређивања дужине ојачања треба покрити дијаграм момената, а од тог места додати и дужину сидрења. Поред тога ојачање мора да прихвати и смичуће напоне код ослонаца. И као закључак може се извести да се најбољи учинак добија ојачање носача по целом распону и препуштањем преко места ослањања.

Анализа резултата по групама даје закључке упоређењем узорака у оквиру једне групе колики је допринос ојачања у односу на носивост а колики је у односу на смањење деформација. Ту су анализирани групе: Група 1, Група 2 и Група 3. Највећу носивост при испитивању је имао узорак бр. 12, који је армиран по целом распону испод доње ламеле.

Анализа трошкова ојачања дала је путем података унетих у табели 20 (Прилог В), да ојачање са FRP тракама у просеку поскупљује насач до 3 пута у односу на неојачани. Овај однос се временом смањује јер цена композитног материјала знатно опадају сваке године услед повећане производње.

ЗАКЉУЧЦИ, је представљају четврто поглавље које је, на основу спроведених анализа, приказало сажетке у виду ставки које указују на предности ојачања носача карбонским влакнима.

Закључци и истраживања, дају формулисани ставке у виду следећих закључака:

- Поређењем ојачаних узорака са онима који нису ојачани добијају се предности ојачања. Код ојачаних узорака деформације, односно угиби су мањи, а и напони затезања се знатно смањују.

- Повећањем површине армирања у попречном пресеку, односно уносом већег обима ојачања повећава се носивост пресека и смањују се угиби. Удаљењем арматуре од неутралне осе се добија већа носивост.

- Постављањем арматуре у вертикалан положај добија се носивост слична као код хоризонтално постављене арматуре али уз повећан ризик од избочавања. То значи да треба спречити појаву избочавања на моделу постављањем бочних укрућења само код ослонаца.

- Узорци ојачани са хоризонтално оријентисаном арматуром имали су већу носивост на затезање, а то је мање утицало на крутост носача.

- При ојачању носача карбонском траком већег модула еластичности добија се већа носивост и мањи угиби.

Резултати испитивања указују на следеће:

- Армирањем модела испод доње ламеле по целом распону носача добија се најбоља носивост носача, а смањује се и гњечење влакана дрвета на месту уноса силе и код ослонаца.

- Појава деформације у еластичном подручју је запажена у виду напрснућа, али се пукотине повећавају у пластичној области. Током повећања оптерећења у овој области

деформације се повећавају и може да се постигне гранично стање лома када долази до искоришћености носивости попречног пресека носача. То стање се може уочити у виду класичног прелома доње дрвене ламеле на местима где се прекораче напони затезања у дрвету или много раније ако се у ламели налазе грешке у дрвету.

- Појава лома код носача се догађала само у доњој затегнутој ламели, док у горњој притиснутој ламели су се уочавале деформације али до лома није долазило,
- Ојачање модела FRP тракама се показало оправданим јер у поређењу са неојачаним носачима или другим методама за ојачање показује велике предности,
- Уштеда у материјалу се може остварити тако што би се пресек формирао тако да за прве две горње ламеле и за две доње ламеле користили квалитетно дрво, а за оне у инертној зони дрво мањег квалитета,
- Рачунски модел и резултати добијени прорачуном дају нам сигурност у пројектовању јер су по вредности мањи од мерених вредности истих величина.
- Особина да је карбонски материјал неотпоран на дејство пожара се може побољшати постављањем заштитних слојева, тако да испуни услов који важи за ламелиране дрвене носаче да је потребна отпорност на пожар задовољена у трајању 30 и 60 min.
- Као заштита FRP траке служе премази који штите од пожара, агресивне средине и удара, а дати су од стране произвођача уз препоруку и атест.
- Да би квалитет уградње био добар потребно је образовати стручне кадрове путем тренинг центара где би се вршила очигледна настава са учешћем привреде и установа за образовање.
- Економаски ојачање FRP тракама нових носача није скупље од других материјала, али је у случајевима санације ова метода веома исплатива и ефикасна.

Поузданост резултата мерења зависи од броја експеримената на истим моделима, али у овом истраживању је употребљен релативно мали број експеримената исте серије. Поједина мерења која су одступала нису утицала на закључак који доказује све предности ојачања дрвених лепљених ламелираних носача са FRP тракама. У потпуности је проучен механизам лома, али је статичка анализа вршена само за понашање у еластичној области.

Значајно у овом истраживању је и то да поред разних врста ојачања, постављено је и ојачање по целом распону са доње стране и препуштено преко ослонаца. Оно је показало најбоље резултате јер је понашање слично са преднапрегнутим носачима. Напрегнута је само зона око карбонске траке па се модел понаша као компактна целина. То представља могућност да се за ламеле употреби дрво нижег квалитета. Ово је важан податак јер појефтиније израду ламелираног дрвеног носача, а при томе представља значајну енергетску ефикасност код искоришћености дрвета у конструкцијама.

Нагласак на нове проблеме и могуће правце даљих истраживања представљају завршни део дисертације у коме се указује на будућа могућа истраживања. Пошто су у овом раду добијени значајни резултати, они се могу користити при изради и усавршавању нових конструкција где се користе дрвени ламелирани носачи у комбинацији са карбонским тракама. Произвођачима нових конструкција ће ови резултати представљати иновацију у производњи а млађим следбеницима истраживачког рада ће бити интересантно да наставе истраживање у том правцу: повећати проценат армирања, користити карбонска платна или попречне вертикалне траке у зони ослонаца и сл.

Резултати рада указују да је сврсисходно извршити даља истраживања у којима би се вршило ојачање спојева између стубова и греда, где делују моменти савијања и трансферзалне силе, и где се најчешће појављују деформације код изведених конструкција. Поред тога требало би извршити испитивање оптималних места

настављања трака, одредити дужине сидрења и разне могућности савијања и укотвљавања.

ЛИТЕРАТУРА је пето поглавље које садржи базе података научних радова, уџбеника, произвођачких каталога и осталог писаног материјала који су наведени у раду. Поред ове литературе у току рада аутор је прикупио податке који су коришћени и код ојачања армирано бетонских конструкција, ојачања дрвених мостова и конструкција у зградарству.

ПРИЛОЗИ су шесто поглавље у којем је дата изворна документација која је повезана са основним текстом који обрађује материју у трећем поглављу, где су описи, закључци и детаљи испитивања:

Прилог А: Садржи контролне податке који су били неопходни пре испитивања да би се одредила опрема и уређаји за праћење појава при испитивању. Међутим, и после испитивања ови подаци су коришћени при доношењу закључака на моделима. У ту сврху су коришћени аналитички изрази да би се извршила рачунска контрола угиба и контрола на избочавање.

Прилог Б: Приказ записника са извршеним мерењем, фотографије модела пре испитивања и после испитивања са карактеристичним деформацијама, топографијама модела са приказом и описом деформација и дијаграм дилатација и напона у попречном пресеку на средини распона.

Прилог В: Трошкови израде модела представљају анализу потребног материјала за израду модела и арматуре која је употребљена за њихово ојачање. На основу табеле је извршен приказ и добијена је вредност трошкова израде модела. Рад није узет у обзир већ само цена ламелираних дрвених греда и карбонских трака са пратећим материјалом.

БИОГРАФИЈА АУТОРА је седмо поглавље, садржи основне чињенице о радним местима, напредовању и ангажовању у струци, док детаљни називи изведених пројеката, као и изведених објеката и друга ангажовања нису дата. Аутор је до сада објавио 12 научних радова и један уџбеник. Рад под бројем [13] је у припреми за објављивање из ове области истраживања и он није цитиран у раду.

5. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

5.1. Значај, оригиналност и савременост

Докторска дисертација кандидата мр Радивоја Соларова на оригиналан начин обрађује једну од тема значајних за примену методологије за евалуацију конструкција у фази пројектовања и извођења. Основни научни допринос докторске дисертације лежи у унапређењу примене теорије конструкција која узима у обзир и коришћење ојачање композитним материјалима. Успостављена је тесна веза између својства дрвета као основног материјала од кога се израђује модел и композитног материјала са којим се врши ојачање модела.

Ојачањем дрвених носача врши се уштеда у искоришћености дрвета и повећава се капацитет носивости остојећих носача.

Тема рада је савремена и налази на све већу примену у архитектури, где је могуће постављањем накнадног ојачања конструкција достићи веома смеле форме објеката, које су до сада биле неизводљиве.

Оригиналност рада је у томе што је утемељен на искуству аутора које је стечено на градилиштима и на санацијама међуспратних конструкција. То указује и на значај рада који није само теоријска расправа, већ представља поступак који се може користити у

циљу постизања веће носивости носача и могућност стварања новог производа од дрвета. Резултати добијени у раду могу послужити произвођачима ламелираних лепљених дрвених конструкција да их примене у већој мери, а заинтересованим истраживачима представља добру основу за наставак истраживања.

У последњем поглављу које је изведено на основу радних хипотеза је доказано да систем ојачања дрвених лепљених ламелираних носача има смисла јер резултати који су добијени представљају метод и модел који је примењив у пракси. Сви резултати испитивања су сврстани у могуће случајеве који се приликом ојачања могу појавити. Сваки од тих случајева је поткрепљен анализом и заључком. Те изведене чињенице свака за себе, а и збирно представља научни допринос у области конструктерства.

5.2. Оцена референтног оквира дисертације

Кандидат мр Радивој Соларов је у складу са сложеним приступом теми докторске дисертације користио обимну грађу из ове области и то књиге, уџбенике, научне радове, брошуре произвођача, анализе испитивања и домаће и стране стандарде. Да би се комплетно обрадио радни материјал било је потребно шири ниво изучавања који је обухватио поред ојачања дрвених конструкција карбонским тракама, ојачања и челиком, преднапрезање греда, ојачање арм. бетонских конструкција и сл. Укупно је анализирано 164 библиографских јединица од којих је један део и цитиран. Наведена литература је на неколико језика, а највећи део чине дела на енглеском језику. Ова литература је послужила у смислу проучавања и начина презентовања добијених резултата. У овом раду је на оригиналан начин изабран материјал за испитивање, ојачања су постављена на места која до сада нису анализирана, а рачунски модел је срачунат коришћењем софтверског пакета који прецизно узима карактеристике материјала путем методе коначних елемената. Анализа резултата која је спроведена узима за компарацију три врсте података:

- мерене вредности деформација помоћу којих се добијају угиби и напони,
- рачунске вредности угиба и напона када се уврсти модул еластичности за класу ламелираног дрвета GL24h и
- рачунске вредности угиба и напона када се уврсти модул еластичности који је за употребљено ламелирано дрво добијено експериментално у оквиру претходних испитивања.

5.3. Анализа теоријских основа на којима је дисертација постављена

Постављене *хипотезе* на почетку рада биле су:

- Да се ојачањем носача карбонским тракама, повећава се њихова носивост. Резултати испитивања ће се добити изградом и испитивањем модела.
- У случају да се добија већа носивост, треба пронаћи најадекватније место и дужину армирања, квалитет арматуре и проценат армирања. Сви ови параметри треба да повећају носивост али и да нађу економску исплативост армирања носача.
- Да се може решити проблем неотпорности арматуре на спољашње утицаје.
- Овакво ојачање ће наћи широку примену.

За реализацију истраживања и доношење закључака у односу на постављене хипотезе коришћено је више научноистраживачких метода. Правац истраживања представља анализа свих фаза пројектног циклуса:

- прикупљање и проучавање литературе,
- прикупљање арматуре за ојачање,
- планирање и израда модела,

- израда контролног прорачуна,
- одабир опреме за испитивање,
- претходна испитивања (атхезија за подлогу, лепак за спајање дрвета и карбонских трака и одређивање модула еластичности),
- испитивање модела на савијање, мерење деформација и вођење записника,
- дефинисање рачунског модела и спровођење статичке анализе, методом коначних елемената,
- упоређење рачунских и мерених вредности и анализа резултата,
- закључци и препоруке.

На основу изнетог први правац обухвата истраживања која су дата у првих пет ставки: прикупљање и проучавање литературе, прикупљање арматуре за ојачање, планирање и израда модела, израда контролног прорачуна и одабир опреме за испитивање.

Други правац истраживања чине претходна испитивања и испитивање модела на савијање, мерење деформација и вођење записника. Овде се предвиђају одређени сценарији који се могу десити при испитивању модела. У овом делу се добијају неопходни подаци који ће послужити као атрибути при прорачуну.

Трећи правац истраживања је дефинисање рачунског модела и спровођење статичке анализе, информатичка анализа унетих података и података који су добијени рачуницом, Четврти правац истраживања је функционална анализа оправданости ојачања, учинак његове примене, економска оправданост, увођење методе у систем образовања и заштита. Ово је најзначајни правац јер су на основу њега донети закључци који представљају научни допринос ове дисертације.

5.4. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено испитивање

Кандидата мр Радивој Соларов је у раду на докторској дисертацији успешно одабрао поступке и методе којима је своје планиране хипотезе доказао и чак том приликом дошао и до нових закључака који су сами произишли из анализе резултата испитивања. У оквиру теоријског истраживања кандидат је успешно користио статичку анализу и упоредни метод како би адекватно сагледао чињенично стање досадашњих истраживања, систематизовао та знања, а све у циљу унапређења примене вредносног инжењеринга и формирање методологија којима би се вршило побољшавање носивости дрвених носача.

Примењивост и верификација приказаних резултата ове дисертације могу се оценити на теоријском и практичном нивоу. Дефинисање циља преко усвојених хипотеза је омогућило израду програма помоћу кога је вршен теоријски и експерименталан приступ реализацији дисертације. Груписањем резултата који су добијени извршено је класификовање у неколико селекција. Анализом тих селекција добијени су подаци на основу којих су изведени закључци описани као научни допринос ове дисертације. У прегледу ових закључака се може извести унапређење примењене методе у циљу постизања бољих својстава. Критеријуми по којима се може извршити оцена квалитета дисертације могу се сврстати од актуелности теме, квалитету израде модела и одабиру места за ојачање, тачности и начину мерења, употреби програмског пакета за статички прорачун, обради података и изведеним закључцима. Ако се све ове компоненте узму у обзир онда се рад може оценити са високом оценом јер је постигао циљ и оригиналност у коме се види и научни допринос.

6. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

6.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос овог рада садржан је у актуалности проблема који је кандидат поставио пред собом, методичном приступу планирања испитивања и детаљном анализом резултата испитивања. Донешени закључци недвосмислено указују на оправданост спроведеног истраживања и дају смернице за примену у пракси и указују у ком правцу би требало наставити истраживања.

Понуђени начини ојачања дрвених лепљених ламелираних носача са карбонским тракама представљају поступак функционалне анализе и вишеструк допринос струци и пракси.

6.2. Критичка анализа резултата истраживања

Изнети резултати показују да је кандидат успео да спроведе квалитетно истраживање, студиозно прикупи и обради стручне информације, изврши њихову анализу и систематизацију и одговори на све постављене хипотезе. Успостављањем релације између неојачаних и ојачаних модела успео је да утврди допринос ојачања. Поред тога постављањем ојачања променљиве дужине и у различите положаје успео је да успостави зависности које доводе до све бољих перформанси носача. Препуштајући арматуру преко ослонаца добијени су најбољи резултати који указују да таква арматура прихвата велики део пресечних сила и да се тиме смањује напрезање у носачу. То је довело до закључка да са носачи могу извести и од дрвених ламела слабијег квалитета. Тиме се добија уштеда у цени израде носача. Поред тога повећава се отпорност дрвета на гњечење на месту концентрисане ослоначке реакције. Такав носач је неотпоран на избочавање ако се оно при мерењу не спречи. Међутим, дрвени носачи у просторним констукцијама, какве су међусупратне констукције, су укрупњени попречним носачима, па до избочавања не може доћи.

У раду се предлажу следеће методологије ојачања које би се примењивале:

- код израде нових констукција, ојачањем се може савладати већи распони или се могу смањити димензије попречног пресека ако се замене неојачани носачи;
- код санације констукција које су деформисане, ојачањем се враћају у функцију употребљивости и
- код реконстукције када се очекују већа оптерећења на констукцију (надоградња, уградња теже опреме, повећање саобраћајног оптерећења), ојачањем се повећава носивост носача.

6.3. Очекивана примена резултата у пракси

У докторској дисертацији кандидата мр Радивоја Соларова дат је предлог начина ојачања дрвених лепљених ламелираних носача са карбонским тракама како би се побољшала носивост тих носача. Експериментом на моделима добијени резултати су потврдили прорачуне на математичким моделима. Овим радом формиран је поступак који може бити примењиван у пракси и то код третирања дрвених констукција у случајевима који су описани у овом раду.

Резултати овог рада, као и будућих истраживања у овој области, даће солидну основу за израду стандарда за пројектовање и извођење дрвених констукција ојачаних карбонским тракама..

7. НАУЧНА БИБЛИОГРАФИЈА КАНДИДАТА РЕЛЕВАНТНА ЗА ТЕМУ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

[13] Соларов Радивој, Глишић Милан, Соларов Јелена: „Ојачање greда od lameliranог дрвета sa FRP trakама i primenom u arhitekturi“, рад у изради.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

8.1. Осврт на докторску дисертацију у целини

Докторска дисертација кандидата мр Радивоја Соларова заснива се на проучавању проблема начина ојачања дрвених лепљених ламелираних носача са карбонским тракама и то на два упоредна правца. Једно је процес индентификације, класификације и теоријског проучавања разних начина ојачања, а други је практични начин примене ових ојачања у пракси.

Начини ојачања дрвених лепљених ламелираних носача карбонским тракама, као и поступци анализе резултата и предлози примене у пракси, представљају оригинални научни допринос.

8.2. Став о способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је до сада објавио 13 научних радова који су публиковани или објављени и презентовани на стручним семинарима. Поред тога ту се може убројати и објављени средњошколски уџбеник који се 20 година налази у систему образовања и доживео је пет допуњених и проширених издања. Теме ових радова су обухватале више инжењерских области: механику тла, фундаирање, информатику, програмирање, структурну анализу, статику конструкција и испитивање конструкција. Докторска дисертација је последњи рад који је представља истраживање кандидата у периоду од 2007. до 2013. године.

У дисертацији је приказана проблематика и поступци ојачања носача која поред своје актуелности садржи и велику сложеност познавања свих фактора који су овде примењени. Кандидат је успешно обрадио ову тематику, извршио коцептуалну анализу рада и одабрао адекватне методе истраживања које су резултирале закључцима.

На основу досадашњег изнетог искуства, увидом у претходно објављене радове и сагледавањем целокупног научног и стручног опуса кандидата, закључује се да је мр Радивој Соларов овом докторском дисертацијом потврдио своје опредељење за научно истраживање, и де је развио способност за самостално, квалитетно и стручно бављење научним радом.

8.2. Предлог комисије

На основу прегледа и анализа докторске дисертације кандидата мр Радивоја Соларова, Комисија је закључила да је она урађена у складу са прихваћеном темом, да су структура дисертације, научни допринос конкретної научној области архитектуре и урбанизма, примењен метод истраживања, као и сви остали елементи, у потпуности и у складу са пријавом на коју је Универзитет дао сагласност. Комисија високо оцењује научни допринос дисертације, као и резултате истраживања, посебно у односу на могућу примену у пракси. Такође, комисија истиче и непосредне способности кандидата за самостални научноистраживачки рад, и закључује да докторска дисертација представља значајан допринос предметним научним дисциплинама. Сагласно томе, Комисија са задовољством предлаже Научно-наставном већу Архитектонског Факултета у Београду да

се мр Радивоју Соларову одобри јавна одбрана докторске дисертације под називом :
"Прилог теорији спрезања дрвених ламелираних носача карбонским влакнима".

У Београду, 2. јун 2014 године.

Чланови комисије:

др Ружа Окрајинов Бајић, дипл. инж. грађ., председник, доцент, Архитектонског факултета, Универзитета у Београду.

др Милан Глишић, дипл. инж. арх., ментор, редовни професор Архитектонског факултета, Универзитета у Београду,

др Сузана Копривица, дипл. инж. грађ., члан, редовни професор, Факултета за градитељски менаџмент-грађевина, Универзитета УНИОН „Никола Тесла“ у Београду,