

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ**  
**ОБРАЗАЦ 6.**

**НАЗИВ ФАКУЛТЕТА: ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**  
**- обавезна садржина - свака рубрика мора бити попуњена**

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију <b>Решење Декана број 012-72/50-2012 од 18.05.2017.</b></p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1. др Милан Тривунић, редовни професор, уно: организација, технологија грађења и менаџмент, 22.03.2007. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.</p> <p>2. др Горан Ђировић, редовни професор, уно: организација, технологија грађења и менаџмент, 28.05.2013, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Бања Лука.</p> <p>3. др Ксенија Јанковић, виши научни сарадник, уно: грађевински материјали и технологија бетона, 30.05.2012. Институт за испитивање материјала а.д. Београд.</p> <p>4. др Властимир Радоњанин, редовни професор, уно: грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 28.03.2013. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови сад.</p> <p>5. др Мирјана Малешев, редовни професор, уно: грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 28.03.2013. Универзитет у Новм Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.</p>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Драган, Миладин, Бојовић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 28.01.1978. Београд, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Грађевински факултет у Београду, Конструкције, Дипломирани грађевински инжењер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2012., Грађевинарство</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Грађевински факултет у Београду, Оптимизација предходних лабораторијских испитивања бетона неуронским мрежама, Грађевинарство, 14.07.2011. године.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Грађевинарство</p>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ</b>
<p>"Параметарска анализа носивости анкера на затезање и смицање у микроармираном бетону веома високих чврстоћа факторијалном анализом и неуронским мрежама"</p>

#### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација је написана на 187 страна и састоји се од девет поглавља, 60 пописа литературе и 2 прилога. Дисертација садржи 54 слике и 43 табеле.

Прво поглавље "Увод" даје приказ поставке и описа проблема, циљева истраживања, методологије истраживања и применљивости очекиваних резултата.

У другом поглављу "Бетон веома високих чврстоћа" дата је класификација ове специјалне врсте бетонских композита, њихова основна својства, историјски развој и могућа примена у бетонским конструкцијама, с обзиром на посебне услове производње и цене коштања.

У трећем поглављу "Анкери у бетону" дат је преглед и класификација анкера који се користе у бетонским конструкцијама. Наведени су основни принципи рада анкера, као и веза анкера и бетона. Приказане су теоријске поставке носивости анкера у класичном бетону, као и основне методе прорачуна, предложене од стране других аутора.

У четвртном поглављу "Истраживања у области анкера - преглед стања" приказана су најновија достигнућа у области испитивања анкера и анализе носивости на чупање и смицање. Посебно је истакнута чињеница да је испитивање анкера на смицање још увек нестандардизовано и да је мало података о овој врсти испитивања.

У петом поглављу "Статистичке и методе меког програмирања" дат је осврт на могућности анализе утицајних параметара факторијалног експеримента и неуронских мрежа. Истакнуте су предности и ограничења ових метода за параметарску анализу резултата испитивања.

У шестом поглављу "Експериментално истраживање" приказано је реализовано сопствено експериментално истраживање. Дати су програм истраживања, поступак и пројектовање састава бетона веома високих чврстоћа, поступак израде узорака за лабораторијска испитивања, опрема и поступци испитивања, као и сви добијени резултати испитивања својстава бетона веома високих чврстоћа и носивости анкера на чупање и смицање.

У седмом поглављу "Анализа резултата испитивања" урађена је анализа добијених резултата истраживања са аспекта носивости анкера у односу на појединачне усвојене параметре. Након тога извршена је и компаративна анализа, а затим и параметарска анализа резултата испитивања.

У осмом поглављу "Дефинисање утицаја варираних параметара помоћу факторијалног експеримента и неуронских мрежа" извршена је обрада резултата испитивања носивости анкера применом метода факторијалне анализе и неуронским мрежама. Упоредени су резултати параметарске анализе добијени са ова два приступа.

У деветом поглављу "Закључци и правци даљих истраживања" сумирани су појединачни и општи закључци спроведених анализа резултата. На крају су предложени правци даљег истраживања у овој области.

Након пописа коришћене литературе, у прилозима су дати све измерене вредности током експерименталног испитивања, као и комплетни резултати изабраних неуронских мрежа.

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Дисертација садржи све неопходне елементе прописане већећим правилницима.

Докторску дисертацију чине четири целине.

У првој целини кандидат је образложио потребу за овом врстом истраживања, а затим је дефинисао циљеве и методологију истраживања на начин који је омогућио теоријску анализу и могућност примене у пракси стечених сазнања.

Кандидат је у другој целини кроз приказ и анализу доступних истраживања других аутора везаних за области теорије и технологије бетона веома високих чврстоћа и теорије носивости анкера, формирао базу података на основу које је дефинисао програм сопственог експерименталног истраживања. На основу резултата доступних истраживања других аутора спроведена је анализа основних својстава бетона веома високих чврстоћа и носивости анкера, као и везе анкера са бетоном. Потом су анализирани и могућности метода параметарске анализе. Осврт је дат на факторијалну анализу као представника класичних метода параметарско-статистичких метода, док је за представника савремених метода одабрана техника меког програмисања помоћу неуронских мрежа. Преглед дат у овом делу дисертације омогућио је верификацију резултата сопственог истраживања.

У трећој целини кандидат је кроз програм сопственог експерименталног истраживања приказао избор, величину и конструкцију узорака. Комисија сматра да је кандидат у оквиру ове целине детаљно приказао и анализирао најважнија својства компонентних материјала. На основу претходних сазнања, концизно је приказан поступак пројектовања састава бетонских мешавина, начин справљања и испитивања својстава бетона веома високих чврстоћа. Кандидат је у оквиру треће целине осмислио интерну методу испитивања анкера на смицање, која није промењивана у истраживањима других аутора. Детаљно је описао и поступак испитивања анкера на чупање који је применио у оквиру експерименталног дела дисертације.

У четвртој целини су презентовани резултати сопственог експерименталног истраживања. Сви резултати су приказани табеларно и графички, а дате су и фотографије чиме се допринело прегледности рада. Резултати испитивања су анализирани са аспекта варираних параметра. Применом факторијалне анализе и неуронских мрежа дефинисан је утицај варираних параметара на носивост анкера. Комисија сматра да су резултати истраживања у складу са постављеним циљевима и одговарају методолошком аспекту дисертације. Спроведене анализе су адекватне и изведени закључци су коректни. Кандидат је јасно указао на правце будућих истраживања.

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

### Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Janković, K., Stanković, S., **Bojović, D.**, Stojanović, M. and Antić L. (2016): "The influence of nano-silica and barite aggregate on properties of ultra high performance concrete", Construction and Building Materials, Vol. 126, 147-156, (ISSN 0950-0618, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.09.026)

### Рад у међународном часопису (M23)

1. Jankovic, K., Cirovic, G., Nikolić, D. and **Bojović, D.** (2011): "Mechanical Properties of Ultra High Properties Self Compacting Concrete with Different Mineral Admixtures", Romanian Journal of Materials, Vol. 41, No.3, 211-218 (ISSN 1583-3186).
2. **Bojović, D.**, Jevtić, D., Knežević, M. (2012): "Application of Neural Networks in Determination of Compressive Strength of Concrete", Romanian Journal of Materials, Vol.42, No.1, 16-22 (ISSN 1583-3186)

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Knezevic, M., **Bojović, D.**, Nikolic, D., Janković, K., and Loncar Lj. (2011): “The Effect of Entrapped Air on Concrete Compressive Strength – Neural Network Approach and Classical Research”, MASE, XIV INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Proceedings, Vol.1, Struga, Macedonia, 69-74 (ISBN: 9989-9785-1-8)
2. Nikolić, D., Jankovic, K., Mitrović, A. and **Bojovic, D.** (2012): “Mechanical Properties of Ultra High Performance Concrete at Elevated Temperatures”, University of Montenegro, IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PROFESSIONAL MEETING “CIVIL ENGINEERING – SCIENCE AND PRACTICE”, Proceedings, Žabljak, Montenegro, 1125-1132 (ISBN 978-86-82707-21-9, COBIAA.CG-ID 19893008)
3. Janković K., Stojanović M., **Bojović D.**, Lončar Lj., Antić L. (2015): “The influence of nano-silica on mechanical properties of ultra high performance concrete”, XIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE “INDIS”, Novi Sad, 25-27.11.2015., Book of abstracts, 69, (ISBN 978-86-7892-748-5, COBISS.SR-ID 300975111), Proceedings on CD, 196-201, (ISBN 978-86-7892-750-8, COBISS.SR-ID 301196551)
4. Janković, K., Stojanović, M., **Bojović, D.**, Lončar Lj., Antić L. (2016): “The influence of nanosilica on mechanical properties of high strength concrete”, Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, 4<sup>th</sup> International Conference “Contemporary Achievements in Civil Engineering 2016”, Proceedings, Subotica, 22.02.2016., 391-396 (ISBN 978-86-80297-63-7), ceo rad na CD, Zbornik abstrakta COBISS.SR-ID 304867335, UDK: 666.982.24, doi:10.14415/konferencijaGFS2016.039
5. Janković, K., **Bojović, D.**, Stojanović, M. Lončar Lj., Antić L. (2016): “The effect of fiber and aggregate type on mechanical properties of UHPC”, University of Montenegro, VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PROFESSIONAL MEETING “CIVIL ENGINEERING – SCIENCE AND PRACTICE”, Proceedings, Žabljak, Montenegro, 07-11.03.2016., 709-714 (ISBN 978-86-82707-30-1, COBISS.CG-ID 29599504)
6. Janković, K., Stanković, S., Stojanović, M., **Bojović, D.**, and Antić L. (2016): “Effect of nano-silica and aggregate type on properties of ultra high performance concrete”, PROCEEDINGS OF THE 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE “ENVIRONMENT, EFFICIENCY AND ECONOMIC CHALLENGES FOR CONCRETE”, Dundee, Scotland, UK, 4-6.7.2016., 839-846 (ISBN: 978-0-9573263-1-6)

### Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

1. **Bojović, D.**, Nikolić, D., Janković, K., Lončar, Lj. (2012): “Evaluation of air content on concrete compressive strength with classical approach and neural networks”, GRAĐEVINSKI MATERIJALI I KONSTRUKCIJE, Vol. 55, Br. 1, Beograd, 47-54 (YU ISSN 0543-0798, UDK: 620.173:691.32=861)

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Закључци истраживања су изведени на основу појединачне и компаративне анализе резултата сопствених експерименталних испитивања, анализе доступних истраживања других аутора и упоређења.

На основу поступка пројектовања обичних бетона и бетона веома високих чврстоћа закључено је да се пројектовање састава бетона веома високих чврстоћа знатно разликује због врсте и броја компонентних материјала. Препоручено је због компакне структуре бетона веома високих чврстоћа количина заробљеног ваздуха буде на нивоу 0.5%. У дисертацији је детаљно описан итеративни поступак пројектовања састава бетона веома високих чврстоћа, који се састоји од прорачуна и провере параметара на пробним лабораторијским мешавинама.

У сопственом експерименталном истраживању пројектован је самозбијајући бетон веома високих чврстоћа. На основу резултата испитивања конзистенције бетона веома високих чврстоћа утврђено је да количина челичних влакана значајно утиче на конзистенцију свеже бетонске мешавине. Препоручено је да се конзистенција унапреди повећањем количине суперпластификатора, а количина хемијског додатка се одређује итеративним поступком описаним у дисертацији.

Према доступним истраживањима других аутора за производњу бетона веома високих чврстоћа користе се мешалице са 5-6 пута већим бројем обртаја од мешалица за обичне бетоне. У сопственом експерименталном истраживању закључено је да је могуће користити класичне мешалице са прилагођеним начином дозирања и продуженим временом мешања компонентних материјала. Комплетан поступак мешања и трајање свих фаза мешања детаљно је описан у дисертацији. Дата је и препорука да се времена мешања морају проверити приликом пројектовања састава бетона веома високих чврстоћа, ако се мења неки од компонентних материјала.

У сопственом експерименталном истраживању контролисане су запреминске масе свеже бетонске мешавине. Као и у истраживањима других аутора потврђено је да се са повећањем коришћења челичних влакана у бетону значајно повећава и запреминска маса свеже бетонске мешавине. Запреминска маса је значајан параметар у пројектовању састава бетона веома високих чврстоћа и препорука је да се контролише чешће него код обичних бетона.

Чврстоћа при притиску бетона веома високих чврстоћа је карактеристика која га најбоље дефинише, али је изузетно осетљива на варијације компонентних материјала, посебно на количину везива и челичних влакана. Пројектовани бетонски композити у оквиру дисертације имали су чврстоће при притиску у распону од  $130\text{N/mm}^2$  до  $160\text{N/mm}^2$ , те се добијени бетони сврставају у бетоне веома високих чврстоћа. Чврстоћа при притиску анализирана је са више аспеката. Посебна пажња посвећена је утицају величине узорка на чврстоћу при притиску. Према истраживањима других аутора као референтни узорци узимају се узорци величине до коцке ивице 10cm. Потврђено је да се са повећањем величине узорка смањује чврстоћа при притиску. У сопственом експерименталном истраживању за испитивање чврстоће при притиску коришћене су три различите величине узорака. Као најмањи узорци коришћени су делови призми 4/4/16cm након испитивања чврстоће при савијању, а испитивање чврстоће при притиску урађено је модификованом методом на узорцима ивице 4cm. Средњу величину имали су узорци коцки ивице 10cm, док су за највеће узорке коришћени цилиндри 15/30cm. Коцке и цилиндри су испитивани директним методом на притисак. Резултати су показали да величина узорка, код бетона веома високих чврстоћа игра значајан утицај на чврстоћу при притиску. Разлика вредности чврстоће при притиску између најмањих и највећих узорака износила је око 30%. Закључено је да је утицај величине узорка на чврстоћу при притиску, који постоји и код обичних бетона, много израженији код бетона веома високих чврстоћа. Ово је посебно важно када се резултати чврстоће при притиску користе за прорачун конструкција.

Чврстоћа при притиску бетона високих чврстоћа је анализирана и у зависности од примењене количине челичних влакана и установљено је да количина челичних влакана нема значајнији утицај на чврстоћу при притиску. Чврстоћа при притиску бетона са 1% и 5% примењених челичних влакана, порасла је у просеку за око 3%. Неговање узорака бетона прилагођено је остваривању високих чврстоћа, односно примењен је начин неге бетона који је подразумевао 12 сати одлежавања у лабораторијским условима, а потом 48 сати запаривања на температурама од  $95^\circ\text{C}$ .

Чврстоћа при савијању је одређивана на свим врстама бетона. Добијене чврстоће су у складу са резултатима других аутора. Чврстоћа при савијању се значајно повећава са повећањем удела челичних влакана у бетону веома високих чврстоћа. Анализом добијених резултата закључено је да је повећање чврстоће при савијању цца 30%, када се количина челичних влакана повећа са 1% на 5%.

У оквиру експерименталног истраживања испитиван је и модул еластичности бетона веома високих чврстоћа. У односу на обичне бетоне модул еластичности бетона високих чврстоћа је нешто већи, док се код бетона са челичним влакнима модул еластичности повећа за 6,5% када се количина челичних влакана повећа са 1% на 5%.

Закључено је да количина челичних влакана у бетону веома високих чврстоћа има највећи утицај на чврстоћу бетона при затезању. С тим у вези препоручено је да се бетони веома високих чврстоћа примењују у конструктивним елементима где се таква напонска стања могу очекивати. Једна од могућих примена је у композитним конструкцијама где би примена ових бетона била у затегнутим зонама елемената док се за притиснуте зоне могу користити и бетони нормалних чврстоћа.

У оквиру дисертације разматране су две врсте анкера: претходно уграђени и накнадно уграђени. Испитивања су вршена на аксијално затезање и смицање. Узимајући у обзир облик узорака за испитивање извршена је модификација стандардног поступка за испитивање једноаксијалног затезања, док је за испитивање носивости анкера на смицање осмишљен сопствени поступак испитивања. Испитивање на смицање анкера је веома ретко истраживано због сложености извођења експерименталног испитивања. Закључено је да је неопходно наставити истраживања носивости анкера на смицање у циљу дефинисања јединствене методе испитивања, а поготово због специфичности анкера уграђених у бетонима веома високих чврстоћа.

За обе врсте анкера анализирана је носивост на затезање и смицање у односу на три варирана параметра: количина челичних влакана, пречник анкера и дубина анкеровања. Експерименталним истраживањем обухваћене су три количине челичних влакана (1%, 3% и 5%), три пречника анкера (10, 12 и 16mm) и шест дубина анкеровања (2, 4, 6, 8, 10 и 12cm). Прво је извршена анализа за сваки од варираних параметара, а потом је егзактно дефинисан и њихов утицај на носивост анкера на затезање и смицање параметарском анализом помоћу факторијалног експеримента и неуронских мрежа.

Повећањем дубине анкеровања смањује се утицај количине челичних влакана на носивост анкера. Код мањих дубина анкеровања допринос количине влакана на носивост анкера је значајан. Закључено је да је за мање дубине анкеровања корисно разматрати повећање примене влакана у бетону јер се тиме може постићи значајно повећање носивости анкера при затезању, како за претходно уграђене, тако и за накнадно уграђене анкере.

Са повећањем пречника анкера повећава се и носивост на затезање. Код мањих дубина анкеровања носивост анкера линеарно зависи од пречника анкера, док се са повећањем дубине анкеровања носивост значајно повећава са повећањем пречника анкера. До дубине анкеровања од 8cm повећање пречника анкера не утиче значајније на носивости анкера, док се за дубине анкеровања од 10cm и 12cm са повећањем пречника анкера добијају значајно веће носивости анкера. За дубину анкеровања од 12cm повећање носивости анкера P16 у односу на P10 је око 100% у бетонима са челичним влакнима. Такође је закључено да се за накнадно уграђене анкере не може утврдити јасна функционална зависност између пречника анкера и носивости на затезање.

Када је у питању утицај количине челичних влакана на носивост анкера закључено је да је тај утицај доминантан за мање дубине сидрења, док се за веће дубине количина влакана може смањивати. За веће количине влакана у бетону (3% и 5%) максимални капацитет носивости добијен је већ при дубинама сидрења од 6cm. За мању количину влакана у бетону (1%) дубина се мора повећати на 8cm, док за исти бетон без челичних влакана дубина анкеровања мора повећати на 10cm или 12cm (у зависности од пречника анкера) да би се постигла иста носивост анкера.

Приликом испитивања анкера на смицање закључено је да је губитак носивости доминантно настајао ломом по телу анкера. Анкери у бетону са челичним влакнима нису достигали лом извлачењем, што може бити последица доброг заклињавања анкера у бетон веома високих чврстоћа. На основу анализе добијених резултата закључено је да је веза између величине анкера и носивости анкера на смицање директно пропорционална и да зависи од пречника анкера, односно површине смицања.

На основу регистрованих начина губитка носивости анкера изведени су закључци о карактеру лома. На основу вредности сила и одговарајућег померања анкера током испитивања, формиран су дијаграми зависности на основу којих је закључено да се анкери у бетону веома високих чврстоћа другачије понашају него у обичном бетону. Понашање је другачије јер се губитак носивости дешава парцијално. После делимичног смањења силе носивости долази до „ојачања“, тј. одржавања силе и тек након тога постепено се губи носивост анкера. Закључак је да је овакво понашање последица примене челичних влакана у бетону и накнадног "заклињавања" анкера услед присуства влакана у бетону. Такође, закључено је да овакво

понашање може бити разматрано само код анкера од ребрасте арматуре или анкера са телом које има ребра како би се ефекат накнадног "заклињавања" могао десити.

Анализом резултата испитивања помоћу факторијалног експеримента закључено је да је доминантан утицајни параметар пречник анкера. Међутим, када је урађена анализа осетљивости модела установљено је да је модел осетљив на број узорака у обради односно експерименту и да може навести аутора на погрешне закључке. Препоручено је да се резултати морају сагледати и неком другом методом како би се са сигурношћу могла урадити параметарска анализа и извели прави закључци.

Коришћењем неуронских мрежа за параметарску анализу утврђено је нешто другачије стање него факторијалном анализом. Код испитивања претходно уграђених анкера на извлачење доминантни утицаји су дубина анкеровања и пречник анкера. Количина челичних влакана у бетону веома високих чврстоћа имала је знатно мањи утицај на носивост анкера, али се свакако не може занемарити. Код накнадно уграђених анкера доминантан утицајни параметар је дубина анкеровања, док су остала два варирана параметра имали знатно нижи ниво значајности, али се морају узимати у разматрање. Када је у питању испитивање смицањем анкера и анализа помоћу неуронских мрежа, за обе врсте анкера доминантан је утицај пречника анкера, док су остали параметри са мањим нивоом значајности.

Закључено је да да класичне статистичке методе имају ограничене могућности код анализе резултата у циљу дефинисања величине утицаја варираних параметара на анализирано својство. Савремене методе, какве су неуронске мреже, могу бити веома корисне у таквим анализама.

## **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу анализе докторске дисертације Драгана Бојовића, комисија сматра да је она урађена систематично, да је добро структурирана и да је примењен адекватан научни приступ.

Резултати сопственог експерименталног истраживања су адекватно обрађени и презентовани на разумљив и коректан начин, при чему су за њихову анализу коришћени софистицирани програмски пакети и научно прихваћене методе.

Тумачење резултата је изведено примерено и јасно, а успостављене функционалне зависности и њихова анализа омогућавају да се довољно поуздано могу предвидети својства бетона веома високих чврстоћа и носивост анкера на чупање и смицање у функцији количине појединих компонентних материјала у бетону и карактеристика примењених анкера.

Комисија сматра да укупан рад кандидата, по свом карактеру и обиму, у потпуности одговара дефинисаној теми и наслову и такође сматра да ће резултати овог истраживања имати примену у грађевинској пракси и у будућим научним истраживањима из ових области.

## **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Комисија констатује да је дисертација урађена у складу са постављеном методологијом, циљевима и хипотезама истраживања које је кандидат предложио приликом пријаве теме. У оквиру истраживања дат је осврт на достигнућа у области испитивања анкера, добијања и примене бетона веома високих чврстоћа, а дат је и преглед потенцијалних компонентних материјала за бетоне веома високих чврстоћа. Анализирано је тренутно стање у области теорије носивости анкера и експерименталног испитивања носивости анкера у бетону. Један део дисертације посвећен је класичним и новим поступцима за параметарску анализу, тј. истражене су могућности факторијалног експеримента и неуронских мрежа. На основу тога извршен је избор параметара који ће се варирати, као и величина и број узорака за испитивање. Такође, дефинисани су и поступци и методе испитивања бетона веома високих чврстоћа и анкера на чупање и смицање. Сви резултати експерименталног истраживања су систематизовани и анализирани са аспекта могућности добијања бетона високих чврстоћа и дефинисања носивости анкера у зависности од појединачних утицајних параметара. За егзактно одређивање величине утицаја варираних параметара на носивост анкера на затезање и смицање приећене су математичко статистичке методе факторијалне анализе и неуронских мрежа. На основу спроведених анализа изведени су одговарајући закључци и дате су препоруке за даља истраживања.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Комисија констатује да су у оквиру дисертације дефинисани сви неопходни елементи: опис проблема, предмет и циљ истраживања, полазне хипотезе, методологија истраживања и методе истраживања. Основне хипотезе су јасно дефинисане и потврђене кроз сопствено експериментално истраживање, односно кроз детаљну анализу и обраду резултата носивости анкера у бетону веома високих чврстоћа. Истраживање је оригинално, тумачење резултата јасно и објективно. Закључци истраживања су јасно дефинисани као и правци даљих истраживања.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Комисија констатује да је у оквиру дисертације приказан оригиналан теоријско-експериментални научни рад на тему носивости анкера у бетону веома високих чврстоћа и детаљна анализа стања у области. Значај и оригинални допринос науци огледа се кроз резултате сопственог експерименталног истраживања, које је потврдило полазне хипотезе о утицају појединих параметара на носивост анкера у бетону веома високих чврстоћа. Посебан значај дисертације је у развоју методе испитивања анкера на смицање, јер је примењено испитивање јединствено у тој области. Значај дисертације огледа се и са еколошког аспекта јер применом бетона веома високих чврстоћа значајно се смањењују димензије конструкција и самим тим употреба цемента чиме се утича на смањење емисије CO<sub>2</sub>.



4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
На основу детаљне анализе рада кандидата комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.
<b>X ПРЕДЛОГ</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</u></b></li> <li>- да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни односно измени) или</li> <li>- да се докторска дисертација одбија</li> </ul>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Председник: др Милан Тривунић, редовни професор,
2. Члан: др Горан Ћировић, редовни професор,
3. Члан: др Ксенија Јанковић, виши научни сарадник,
4. Ментор: др Властимир Радоњанин, редовни професор,
5. Ментор: др Мирјана Малешев, редовни професор.

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.