

**Univerzitet Crne Gore**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**  
81000 Podgorica  
Džordža Vašingtona b.b.



Tel: 020 245 014, 244 905  
Fax: 020 241 903  
Website: [www.ucg.ac.me/gf](http://www.ucg.ac.me/gf)  
E-mail: [gf@ucg.ac.me](mailto:gf@ucg.ac.me)  
Žiro račun: 510-278-79  
530-13649-97

Podgorica, 30.12.2021. godine  
Broj: 2336

**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**SENTU**  
**PODGORICA**

U prilogu vam dostavljamo Izvještaje sa javne odbrane polaznih istraživanja doktorskih disertacija za doktorande mr Ninu Nikolić i mr Petra Subotića (obraci D1).



SEKRETAR FAKULTETA,

Miro Božović, dipl.prav.

|  |      |        |            |
|--|------|--------|------------|
| <b>УНИВЕРЗИТЕТ ЦРНЕ ГОРЕ</b>             |      |        |            |
| <b>ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ - ПОДГОРНИЦА</b> |      |        |            |
| Примљено: 16. 12. 2021.                  |      |        |            |
| Орг. јед.                                | Број | Прилог | Вриједност |
|  | 2233 |        |            |



**UNIVERZITET CRNE GORE**

**Образак D1: Ocjena podobnosti doktorske teze i kandidata**

## OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

| OPŠTI PODACI O DOKTORANDU  |  |
|--|--|
| Titula, ime i prezime  | MSc Nina Nikolić   |
| Fakultet   | Građevinski fakultet   |
| Studijski program  | Građevinarstvo   |
| Broj indeksa   | 1/18   |
| Podaci o magistarskom radu   | Naziv magistarskog rada:<br><i>„Projekat drvene konstrukcije izložbeno-edukativnog centra prema Evrokodovima”</i><br>Naučna oblast:<br><i>konstrukcije</i><br>Institucija na kojoj su završene magistarske studije:<br>Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore<br>Godina završetka:<br>2016. godina<br>Srednja ocjena:<br>„A” (10); ocjena magistarskog rada „A” |
| NASLOV PREDLOŽENE TEME   |  |
| Na službenom jeziku  | Ekperimentalna i numerička analiza K-čvora u aluminijumskim rešetkastim konstrukcijama   |
| Na engleskom jeziku  | Experimental and numerical analysis of the K-joint in aluminum lattice structures  |
| Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice   |  |
| Naučna oblast doktorske disertacije  | Konstrukcije   |
| Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti   |  |
| Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore  |  |
| A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE  |  |
| Javna odbrana polaznih istraživanja doktorske disertacije sa predloženim naslovom „ <i>Ekperimentalna i numerička analiza K-čvora u aluminijumskim rešetkastim konstrukcijama</i> ”, kandidata Nine Nikolić, Msc, Spec.Sci, održana je 14. decembra 2021. godine, u sali 103, na Građevinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore, od 18h do 19.15h pred Komisijom za ocjenu teme doktorske disertacije u sastavu: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prof. dr Duško Lučić, dipl. inž. građ, redovni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta Crne Gore – predsjednik,</li> <li>2. Prof. dr Ljiljana Žugić, dipl. inž. građ, vanredni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta Crne Gore – član,</li> <li>3. Prof. dr Biljana Šćepanović, dipl. inž. građ, vanredni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta Crne Gore – član/mentor.</li> </ol> |  |



Kandidatkinja je, kroz prezentaciju u trajanju od 30 min, obrazložila temu, objasnila njenu aktuelnost i praktični značaj u građevinskoj nauci i struci, ukazala na mogućnost saradnje u realizaciji istraživanja sa privrednim subjektima u Crnoj Gori i predstavila dosadašnja istraživanja iz predmetne oblasti, uz opis i prikaz rezultata do sada sprovedenog sopstvenog istraživanja, prevashodno u dijelu numeričke analize. Kandidatkinja je, takođe, iznijela plan za dalji rad na diotorskoj disertaciji, koji se odnosi prevashodno na eksperimentalnu fazu istraživanja, nakon čega će uslijediti obrada i uporedna analiza rezultata, sa formulisanjem zaključaka i smjernica za buduća istraživanja.

Osim članova Komisije, prezentaciji su prisustvovala i dva doktoranda Građevinskog fakulteta. Nakon uspješnog izlaganja kandidatkinje i njenih odličnih odgovora na pitanja koja su postavili članovi Komisije, kao i jedan od prisutnih doktoranada (koji priprema prijavu teme disertacije takođe iz oblasti aluminijumskih konstrukcija), članovi Komisije su iznijeli pohvale, dali komentare, kao i sugestije i savjete u vezi predstojećeg eksperimentalnog testiranja. Odbrana je završena veoma korisnom kolegijalnom razmjenom mišljenja na temu pojedinih specifičnosti pripreme i realizacije eksperimenta na uzorcima od aluminijuma.

## B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

### B1. Obrazloženje teme

Aluminijum kao konstruktivni materijal sa veoma dobrim tehničkim karakteristikama, svojim estetskim svojstvima daje i poseban arhitektonski efekat koji je izražen kroz formu, harmoniju oblika i zvuk materijala. Priča o aluminijumu je u potpunosti zaokružena, jer, pored simbolike, estetike i tehničkih kvaliteta u gradnji, postoji i druga strana koja se odnosi na ekonomsku i ekološku opravdanost upotrebe aluminijuma na veoma racionalan način. Aluminijum je pogodan za reciklažu i sa malom cijenom prerade za ponovnu upotrebu se svrstava u sam vrh „zelenih“ materijala.

Analiza opšte i stabilnosti pojedinačnih elemenata rešetkaste konstrukcije od aluminijuma, određivanje proračunske nosivosti štapova, te proračunske nosivosti veza u zavarenoj aluminijumskoj rešetkasto konstrukciji, a samim tim i analiza uticaja omekšavanja materijala usled zavarivanja na nosivost veza u čvorovima, predstavljaju osnovu teme doktorske disertacije, iz koje su, zbog posebnog značaja i zastupljenosti u realnim konstrukcijama, izdvojeni K-čvorovi, kao tipični za aluminijumske rešetke, a ne adekvatno tretirani važećim evropskim standardima za projektovanje, koji su na snazi i u Crnoj Gori.

### B2. Cilj i hipoteze

#### *Ciljevi:*

- Eksperimentalna i numerička analiza K-čvorova u sklopu aluminijumske rešetkaste konstrukcije uz analizu njihove nosivosti kao izolovanih čvorova;
- Upoređivanje rezultata eksperimentalne i numeričke analize sa rezultatima dobijenim proračunom prema evropskim standardima za proračun konstrukcija;
- Definisane parametara neophodnih za proračun K-čvora sa čeonom pločom.

#### *Hipoteze:*

- Izrazi za proračunsku nosivost veza u čvorovima rešetkaste konstrukcije, definisani u standardu za čelične konstrukcije EN 1993-1-8, mogu se koristiti za određivanje



određenim modifikacijama vezanim za osobine aluminijuma kao konstruktivnog materijala.

- Proračun veze sa ekvivalentnim T-elementom iz EN 1999-1-1 može se primijeniti i u proračunu K-čvora sa čeonom pločom rešetkaste aluminijumske konstrukcije.

### B3. Metode i plan istraživanja

U prethodnom periodu je temeljno analizirana raspoloživa literatura (knjige, naučni i stručni radovi objavljeni u časopisima i na konferencijama, doktorske disertacije, priručnici itd.) u cilju valjanog koncipiranja eksperimentalnog i numeričkog istraživanja. Kao bazni dokumenti su korišćeni evropski standardi EN 1999-1-1 i EN 1993-1-8, prema čijim smjernicama je i postavljeno istraživanje, u skladu sa navedenim ciljevima i hipotezama.

Za numeričko modeliranje je primijenjen programski paket ANSYS v19.2.

Realizacija eksperimentalne faze istraživanja je planirana za prvu polovinu 2022. god, u Laboratoriji za ispitivanje materijala i konstrukcija Građevinskog fakulteta Univerziteta Crne Gore, nakon čega će uslijediti poređenje dobijenih rezultata sa rezultatima numeričke i teorijske analize.

Planirana je izrada eksperimentalnih uzoraka od legura aluminijuma EN AW 6061-T6 i EN AW 6082-T6, koje posjeduju veoma povoljne karakteristike za izradu elemenata u rešetkastim konstrukcijama. Ove legure pripadaju vrsti srednje-čvrstih legura aluminijuma, odlične zavarljivosti i otpornosti na koroziju. Imaju najveću čvrstoću od svih legura serije 6xxx, posebno u T6 stanju. Za kvalitet šava predmetnog nosača u okviru istraživanja, preliminarno su izabrani Al 4043, Al 4643 i Al 4943. Planirana je primjena čeličnih visokovrijednih zavrtnjeva i ankera klase čvrstoće 10.9.

Eksperimentalno istraživanje biće sprovedeno u više faza.

Za prvu fazu je planirano eksperimentalno ispitivanje fizičko-mehaničkih karakteristika materijala upotrijebljenih kružnih cjevastih profila (CHS – *circular hollow section*) prije formiranja eksperimentalnih uzoraka zavarivanjem. Dobijene karakteristične vrijednosti mehaničkih osobina upotrijebljenog materijala biće preračunate u stvarne napone, koji će kasnije biti korišćeni u numeričkoj analizi. Kod elemenata od aluminijuma, unošenjem temperature zavarivanjem u osnovni materijal mijenjaju se njegove fizičko-mehaničke karakteristike. Nove karakteristične granice nosivosti biće određene na osnovu površinske tvrdoće materijala. Test se sastoji od utiskivanja loptastog šiljka od dijamanta ili kaljenog čelika u površinu materijala koji se ispituje. Ispitivanje se vrši na presjecima na svakih 5 mm po obimu i na osnovu izmjerenih vrijednosti se definišu zone uticaja toplote (ZUT/HAZ – *heat affected zone*). Na mjestu gdje se ujednači tvrdoća, prestaje uticaj toplote. Primjenom iste metode će biti utvrđena i širina prostiranja ZUT/HAZ zone, čime će se izvršiti verifikacija vrijednosti koje predlaže EN 1999-1-1.

U drugoj fazi će najprije biti izvedeni eksperimenti sa segmentima prostorne rešetkaste konstrukcije, a zatim i eksperiment sa izolovanim potpuno zavarenim K-čvorovima. Planirano je ispitivanje 6 segmenata rešetkaste konstrukcije izrađenih od dvije različite legure (3 segmenta od legure EN AW 6061-T6 i 3 segmenta od legure EN AW 6082-T6). U eksperimentalnom dijelu istraživanja će, kao i u numeričkoj analizi, rešetke biti opterećene koncentrisanim silama odgovarajućeg inteziteta u čvorovima. Biće mjereno pomjeranje rešetke, nosivost zategnutih štapova i šavova, uz analizu izvijanja pritisnutih štapova. Planirana je analiza određenog broja uzoraka K-čvora kao izolovanog bloka iz rešetkaste konstrukcije. Zbog formiranja baze eksperimentalnih podataka, u cilju proširivanja numeričke baze koja se tiče K-čvora, predviđeno je testiranje nekoliko uzoraka koji se razlikuju po dimenzijama CHS profila ispuna i pojasa, zazoru između štapova ispuna i vrsti osnovnog materijala, odnosno legure aluminijuma.



Treća faza eksperimenta će biti posvećena ispitivanju izolovanog K-čvora sa čeonom pločom. Planirano je ispitivanje više uzoraka uz varijaciju osnovnog materijala, debljine čeonu ploče i kvaliteta zavrtnjeva.

Eksperimentalnim istraživanjem će biti izmjerene deformacije do granice od 1% $d_0$  ili 3% $d_0$  ( $d_0$  - prečnik CHS profila). Ovo su sadašnje dogovorene granice deformacija, koje je usvojio Međunarodni institut za zavarivanje (IIW-*International Institute of Welding*) za graničnu deformaciju upotrebljivosti (1% $d_0$ ) i graničnu deformaciju nosivosti (13 $d_0$ ). Predložena deformaciona granica od 3% $d_0$  je korisna kao parametar na osnovu koga se upoređuju rezultati iz baze podataka različitih istraživača na polju aluminijumskih konstrukcija.

Pored eksperimentalnog, značajan dio ovog dokorskog istraživanja predstavlja numerička analiza, koja omogućava proširenje eksperimentalne baze podataka i sagledavanje uticaja različitih mehaničkih i geometrijskih parametara na graničnu nosivost elemenata aluminijumske rešetkaste konstrukcije. Veliki dio planirane numeričke analize je već urađen, a biće nastavljena nakon eksperimentalnog testiranja, kada eksperimentalno bude utvrđena/potvrđena validnost formiranih modela.

Zbog kompleksnosti određivanja mjerodavne nosivosti štapova ispune rešetkaste aluminijumske konstrukcije, planirano je da na jednom dijagramu budu objedinjena sva tri kriterijuma nosivosti u skladu sa odredbama EN 1999-1-1 i EN 1993-1-8. Sa dijagrama je moguće uporednom analizom dobijenih vrijednosti graničnih sila odabrati najracionalniju kombinaciju pojasnog štapa i štapa ispune. Za realizaciju te analize potreban je sveobuhvatniji pristup koji će podrazumijevati varijaciju niza parametara, u prvom redu geometrijskih (dimenzije profila, ugao između štapa ispune i pojasa, zazor između štapova ispune), detaljnu analizu uticaja napona pojasnog štapa i varijaciju osnovnog materijala, odnosno legure aluminijuma.

#### B4. Naučni doprinos

Naučni doprinos ove disertacije se ogleda u:

- prikazu mogućnosti korišćenja standarda za čelične konstrukcije (EN 1993-1-8) za proračun veza K-čvorova rešetkastih aluminijumskih konstrukcija, koji nisu adekvatno obuhvaćeni standardom za aluminijumske konstrukcije (EN 1999-1-1);
- pojednostavljenju utvrđivanja mjerodavnog kriterijuma nosivosti štapova ispune rešetkastih aluminijumskih konstrukcija, odnosno odabira najracionalnije kombinacije profila pojasnog štapa i štapa ispune.

Realizacijom doktorske disertacije sa predloženom temom će biti dat značajan doprinos u pogledu unapređivanja razvoja nacionalnih kapaciteta kako u istraživanju, tako i u intenziviranju praktične primjene aluminijuma kao građevinskog materijala za konstrukcije u Crnoj Gori, ali i šire. Od posebnog je značaja i opšti doprinos međunarodnim propisima i standardizovanim procedurama za proračun aluminijumskih konstrukcija.

#### B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Doktorsko istraživanje biće realizovano na Građevinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore.

Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore ima kapacitet za realizaciju eksperimentalnog istraživanja, budući da posjeduje dobro opremljenu laboratoriju i iskusno stručno osoblje.

Kandidatkinja je dobitnica stipendije za doktorska istraživanja od strane Ministarstva nauke Crne Gore (danas – Ministarstvo prosvjete, nauke, kulture i sporta). Programom stipendiranja su

rezultata istraživanja, prevashodno za publikovanje radova u renomiranim časopisima i na naučnim konferencijama, na čemu kandidatkinja uveliko radi.

**Mišljenje i prijedlog komisije**

Nakon kvalitetnog usmenog izlaganja kandidatkinje na javnoj odbrani polaznih istraživanja, argumentovanih odgovora na postavljena pitanja i diskusije, a imajući u vidu prethodno analiziranu prateću dokumentaciju (PD obrazac i elaborat polaznih istraživanja, izložen na 135 strana), Komisija smatra da je tema doktorske disertacije inovativna i naučno opravdana, daje pozitivnu ocjenu polaznih istraživanja, te predlaže Vijeću Građevinskog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvate ovaj izvještaj i odobre predloženu temu doktorske disertacije kandidatkinje Nine Nikolić.

**Prijedlog izmjene naslova**

/

**Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora**

/

**Planirana odbrana doktorske disertacije**

2023. god.

**Izdvojeno mišljenje**

/

**Napomena**

/

**ZAKLJUČAK**

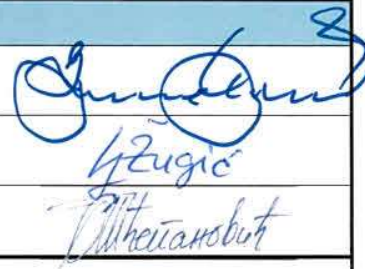
|  |           |    |
|--|-----------|----|
| Predložena tema po svom sadržaju <b>odgovara</b> nivou doktorskih studija.   | <b>DA</b> | NE |
| Tema <b>je</b> originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.  | <b>DA</b> | NE |
| Kandidat <b>može</b> na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze. | <b>DA</b> | NE |

**Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata**

Dr Duško Lučić, redovni profesor  
 Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

Dr Ljiljana Žugić, vanredni profesor  
 Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

Dr Biljana Šćepanović, vanredni profesor  
 Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora



U Podgorici,  
 16. 12. 2021. godine



DEKAN



28.12.2021.



### PRILOG

| PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA  |  |
|---|--|
| Prof. dr Duško Lučić  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Na koji način su modelirani šavovi i ZUT/HAZ zone u numeričkoj analizi?</li> <li>2. Sugestija: S obzirom na obiman plan rada, potrebno je voditi računa da se, u realizaciji, postave granice, kako bi doktorska disertacija ostala u optimalnom okviru, kako po pitanju sadržine, tako i po pitanju vremena u kojem će biti finalizovana. Istraživanje se ne okončava završetkom rada na doktorskoj desrtaciji, već može i obično traje znatno duže.</li> </ol> |
| Prof. dr Ljiljana Žugić   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. U numeričkoj analizi, koji je najoptimalniji odabir vrste konačnog elementa, s obzirom da je u predstavljenim modelima variran upravo ovaj parametar?</li> </ol>   |
| Prof. dr Biljana Šćepanović   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detaljnije objasniti plan eksperimentalene faze istraživanja u smislu broja uzoraka po fazama – na osnovu čega, kako, zašto je planiran baš taj broj?</li> </ol>   |
| PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI  |  |
| (Ime i prezime)   |  |
| (Ime i prezime)   |  |
| (Ime i prezime)   |  |
| ZNAČAJNI KOMENTARI  |  |
| <p>U svrhu cjelishodnosti istraživanja K-čvora eksperimentalnom metodom potrebno je razmotriti unošenje sile zatezanja u dijagonalu rečetke.</p> <p>Trebalo bi detaljno razmotriti i valjano odabrati tehnologiju zavarivanja u cilju postizanja odgovarajućeg kvaliteta šava, uz konsultaciju sa stručnim licima iz predmetne oblasti.</p> |  |

Na osnovu člana 64. Statuta Univerziteta Crne Gore i člana 35. Pravila doktorskih studija Univerziteta Crne Gore, Vijeće Građevinskog fakulteta u Podgorici na sjednici održanoj 28.12.2021.godine, utvrdilo je sljedeći

### PREDLOG

Predlaže se Odboru za doktorske studije Univerziteta Crne Gore, da prihvati Izvještaj Komisije sa javne odbrane polaznih istraživanja za izradu doktorske disertacije studenta Građevinskog fakulteta u Podgorici mr Nine Nikolić, Spec. Sci građ., i svoju odluku dostavi na izjašnjanje Senatu Univerziteta Crne Gore.

- VIJEĆE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U PODGORICI -



DEKAN,

*Marina Rakočević*  
Prof. dr Marina Rakočević



Na osnovu člana 64. Statuta Univerziteta Crne Gore i člana 35. Pravila doktorskih studija Univerziteta Crne Gore, Vijeće Građevinskog fakulteta u Podgorici na sjednici održanoj 28.12.2021.godine, utvrdilo je sljedeći

### PREDLOG

Predlaže se Odboru za doktorske studije Univerziteta Crne Gore, da prihvati prijavu doktorske disertacije studenta Građevinskog fakulteta u Podgorici mr Nine Nikolić, Spec. Sci građ., i odobri doktorsku disertaciju pod naslovom „Eksperimentalna i numerička analiza K-čvora u aluminijumskim rešetkastim konstrukcijama“, i svoju odluku dostavi na izjašnjavanje Senatu Univerziteta Crne Gore.

- VIJEĆE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U PODGORICI -



DEKAN,

*Marina Rakočević*  
Prof. dr Marina Rakočević