

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука-

Београд
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

- Образац захтева за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије.
- Одлука о продужењу рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно факултета.
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о прихватању извештаја Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.
- Реферат Комисије
- Један укоричен штампани примерак докторске дисертације
- Електронска верзија докторске дисертације

Шеф Одељења за студентска
и наставна питања

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет: Рударско-геолошки

(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
 Веће научних области техничких наука
 (Назив већа научних области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Зорана (Милан) Берисављевића, дипл. инж. геологије
 (име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ Зоран (Милан) Берисављевић, дипл. инж. геологије
 (име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„ДЕФИНИСАЊЕ ПАРАМЕТАРА ЧВРСТОЋЕ НА СМИЦАЊЕ КОД ИЗВОЂЕЊА КОСИНА У ИСПУЦАЛОМ СТЕНСКОМ МАСИВУ“

Научна област: Рударско инжењерство Студијски програм: Рударско инжењерство

Универзитет је дана 20.10.2014. год. својим актом под бр. 02 Број:61206-4280/2-14 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ДЕФИНИСАЊЕ ПАРАМЕТАРА ЧВРСТОЋЕ НА СМИЦАЊЕ КОД ИЗВОЂЕЊА КОСИНА У ИСПУЦАЛОМ СТЕНСКОМ МАСИВУ“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата

Зорана (Милан) Берисављевића, дипл. инж. геологије
 (име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 22.10.2015., одлуком факултета под бр. 1/385, у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

1. др Владимир Чебашек, доц. експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена
2. др Небојша Гојковић, ред. проф. експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена
3. др Драгослав Ракић, доц. механика тла и фундирање, механика стена и инжењерска геологија
4. др Зоран Радић, доц. Универзитета у Београду-Грађевински факултет инжењерска геологија
5. др Ненад Шушић, научни саветник Института за испитивање материјала, Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 21. 01.2016.

ДЕКАН
 Рударско-геолошког факултета

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом
 2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја
 3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедба било.

Проф. др Душан Поломчић

На основу члана 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси

ОДЛУКУ

Студентима Рударско-геолошког факултета може се на лични захтев, поднет пре истека рока предвиђеног за завршетак студија (члан 93. став 1. и 2. Статута Универзитета у Београду) одобрити продужење рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно Факултета.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Др Душан Поломчић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 111. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 26. Правилника о студирању на докторским студијама и стицању звања доктора наука – пречишћен текст, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.01.2016. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Зорана Берисављевића**, дипл. инж. геологије, под насловом *"Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву"*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 20.10.2014. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - Berisavljević D., Berisavljević Z., Čebašek V., Šušić N. Characterisation of collapsing loess by seismic dilatometer. Engineering geology. 2014. Vol. 181. pp. 180-189. (M21)
 - Berisavljević Z., Berisavljević D., Čebašek V. Shear strength properties of Dimitrovgrad flysch, Southeastern Serbia. Bulletin of the engineering geology and the environment. 2015. Vol. 74(3). pp. 759-773. (M23)
 - Berisavljević Z., Berisavljević D., Čebašek V., Rakić D. Slope stability analyses using limit equilibrium and soil strength reduction methods. Građevinar. 2015. Vol. 67(10). pp. 975-983 (M23)
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Владимир Чебашек, доц.; др Небојша Гојковић, ред. проф.; др Драгослав Ракић, доц.; др Зоран Радић, доц. Универзитета у Београду – Грађевински факултет; др Ненад Шушић, научни саветник Института за испитивање материјала, Београд
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Душан Полоччић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата
Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије**

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, број 1/385 од 27.10.2015. године донетој на седници одржаној 22.10.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије под насловом:

*„Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом
стенском масиву“*

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Зоран Берисављевић, дипл. инж. геологије је 2009. године уписао докторске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду на смеру за Рударско инжењерство. Током докторских академских студија испунио је све обавезе и положио испите предвиђене планом и програмом докторских студија.

На седници Катедре за механику стена Рударско-геолошког факултета, одржаној 07.02.2014. године, констатовано је да је Зоран Берисављевић, дипл. инж. геологије пријавио докторску дисертацију под називом *Карактеристике чврстоће на смицање испуцалог стенског материјала у условима засецања косина*, и у складу са Статутом Рударско-геолошког факултета Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду предложена је Комисија за давање мишљења о подобности теме и кандидата у саставу: др Владимир Чебашек, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Небојша Гојковић, редовни професор (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Драгослав Ракић, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Зоран Радић, доцент (Универзитет у Београду, Грађевински факултет), др Ненад Шушић, научни саветник (Институт за испитивање материјала а.д., Београд).

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета бр. 1/77 од 25.02.2014. године, донетој на седници одржаној 20.02.2014. године за чланове Комисије за оцену подобности, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије, под насловом *Карактеристике чврстоће на смицање испуцалог стенског материјала у условима засецања косина* одређени су: др Владимир Чебашек, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Небојша Гојковић, редовни професор (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Драгослав Ракић, доцент (Универзитет у Београду,

Рударско-геолошки факултет), др Зоран Радић, доцент (Универзитет у Београду, Грађевински факултет), др Ненад Шушић, научни саветник (Институт за испитивање материјала а.д., Београд).

Комисија у претходно наведеном саставу је сачинила извештај бр. 1/237 од 09.09.2014. године, којим се утврђује да кандидат Зоран Берисављевић, дипл. инж. геологије, испуњава Законом предвиђене услове за пријаву докторске дисертације и предлаже да се кандидату одобри израда докторске дисертације под измењеним насловом *Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву*. За ментора се предлаже доц. др Владимир Чебашек, дипл. инж. рударства. Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета бр. 1/242 од 22.09.2014. године донетој на седници одржаној 18.08.2014. године усвојен је извештај Комисије за оцену подобности, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 20.10.2014. донело одлуку бр. 61206-428/2-14 којом је дало сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије, под називом *Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву*.

Кандидат Зоран Берисављевић, дипл. инж. геологије је завршену докторску дисертацију предао Студентској служби Рударско-геолошког факултета 14.10.2015. и истог дана поднео молбу за именовање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације заведену под бр. 1/337 од 14.10.2015. године. Катедра за Механику стена Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета је на основу те молбе својим дописом бр. 1/338 од 14.10.2015. предложила Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да формира комисију у саставу: др Владимир Чебашек, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Небојша Гојковић, редовни професор (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Драгослав Ракић, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Зоран Радић, доцент (Универзитет у Београду, Грађевински факултет), др Ненад Шушић, научни саветник (Институт за испитивање материјала а.д., Београд). На седници одржаној 22.10.2015. године, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета донело је одлуку о формирању Комисије у наведеном саставу заведену под бр. 1/385 од 27.10.2015. године.

На основу поменуте одлуке Наставно-научног већа, стечени су услови за писање овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом *Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву* припада области техничких наука, научној области "Рударство", односно, припада ужој научној области "Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена" (по новом Статуту од 29.05.2015. године назив уже научне области је "Механика стена") за коју је матичан Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет. Према правилима Универзалне децималне класификације (УДК), докторска дисертација сврстана је на следећи начин: 622:622.271, 622.28/.33/.833, 624.121/.5/.13(043.3).

За ментора је именован др Владимир Чебашек, доцент Рударско-геолошког факултета за ужу научну област "Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена" (по новом Статуту од 29.05.2015. године назив уже научне области је "Механика стена") и наставник је докторских студија на студијском програму "Рударско инжењерство". Ментор је

објавио већи број радова и других издања из области примењене механике стена, стабилности косина и испитивања стенског материјала, чиме је потврђена његова компетентност за вођење ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Зоран Берисављевић је рођен 19.05.1984. године у Београду. Основну школу и средњу електротехничку школу „Никола Тесла“ завршио је у Београду. Рударско-геолошки факултет уписао је 2003. године. Током основних студија био је награђиван од стране Рударско-геолошког факултета за постигнут успех у првој и другој години студија. Дипломирао је на геолошком одсеку на смеру за геотехнику, са просечном оценом 9,11. Дипломски рад на тему: „*Геотехнички услови изградње стамбено-пословног комплекса на локацији бродоградилнице Београд*“, одбранио је 2009. године и тиме стекао звање дипломираног инжењера геологије. За дипломски рад добио је годишњу награду Привредне коморе Београда, што је рад сврстало у групу најбољих дипломских радова у 2009. години. Докторске студије уписао је 2009/2010. године на Рударско-геолошком факултету на смеру Рударско инжењерство.

Од марта до августа 2009. године радио је као сарадник на департману за геотехнику Рударско-геолошког факултета. Од августа 2009. године до априла 2013. године био је запослен као пројектант у Институту за путеве у Заводу за геотехнику, где је од јула 2012. године до марта 2013. године ангажован као пројектантски надзор на изградњи аутопута Е-80, од Ниша до границе са Бугарском. Од априла 2013. године запослен је у сектору за пројектовање Коридора Србије д.о.о.

Зоран Берисављевић учествује на пројектима које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и то: *Геотехнички аспекти истраживања и развоја савремених технологија грађења и санација депонија комуналног отпада* (ТР36014) и *Примена GNSS и LIDAR технологије у мониторингу стабилности инфраструктурних објеката и терена* (ТР36009). Ради стицања знања и вештина потребних за израду докторске дисертације учествовао је на различитим семинарима младих истраживача и курсевима о клизиштима и примени методе коначних елемената у геотехници.

Члан је Српског друштва за механику стена, Међународног друштва за механику тла и геотехничко инжењерство, Међународне асоцијације за инжењерску геологију и Инжењерске коморе Србије. Поседује пројектантску (391) и извођачку (491) лиценцу.

Аутор је и коаутор 20 радова објављених у домаћим и међународним часописима, као и радова објављених на међународним и националним скуповима.

Одлично говори, чита и пише на енглеском језику и служи се руским.

Докторску дисертацију под називом *Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву* пријавио је 06.02.2014.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Зорана Берисављевић под називом „*Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву*“ написана је на 194 једнострано одштампаних страна формата А4, латиничним писмом, на српском језику. Дисертација садржи 128 илустрација (графикона, цртежа или шема) и 26 табела. Током

израде дисертације коришћено је 230 библиографских јединица чији је списак дат на крају дисертације.

Докторска дисертација подељена је на 8 поглавља:

1. Увод,
2. Напони у стенском масиву,
3. Критеријуми лома и чврстоћа стенског материјала,
4. Класификације стенског материјала,
5. Методе прорачуна стабилности косина,
6. Дефинисање параметара чврстоће на смицање хетерогених испуцалих стенских маса,
7. Утицај распадања на чврстоћу на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву,
8. Закључна разматрања.

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

Тема докторске дисертације је обрађена у оквиру осам поглавља. У оквиру уводног поглавља дати су основни подаци о дисертацији: предмет и циљеви истраживања, полазне поставке, програм и методологија истраживања. Указано је на значај спроведених истраживања за област механике стена и геотехничког инжењерства.

У другом поглављу је дат осврт на напонско стање у стенском масиву. Познавање напонског стања је веома важно, јер до лома у стенској маси долази након што смичућа напрезања прекораче смичућу чврстоћу стенске масе. Приказан је утицај ископа на понашање стенске масе. Расподела напонског стања у косини је израчуната по методи коначних елемената.

Треће поглавље је посвећено приказу критеријума лома којима се дефинише смичућа чврстоћа монолитног дела стенске масе, дисконтинуитета и испуцале стенске масе у целини. Детаљније су обрађени: линеарни Кулон-Моров критеријум лома, Бартон-Бандис критеријум за дефинисање параметара смичуће чврстоће дуж дисконтинуитета, нелинеарни Хук-Браунов критеријум лома и нелинеарна анvelope хиперболичког типа. Посебан акценат се ставља на понашање материјала након достизања вршне смичуће чврстоће.

У четвртном поглављу су приказане мултипараметарске класификације стенске масе (RMR, Q и RMI), чији су поједини параметри искоришћени да би се квантификовао GSI дијаграм.

Пето поглавље се односи на приказ основних механизма нестабилности и методе за прорачун стабилности косина. Акценат је стављен на методе граничне равнотеже и методу коначних елемената, а ради комплетности приказане су основне дефиниције и појмови из теорије пластичности и граничне анализе. У дисертацији су анализе стабилности спроведене методама граничне равнотеже, док је метод коначних елемената коришћен приликом прорачуна ефективних нормалних напона дуж клизне површи. На основу интензитета ефективног нормалног напона испитан је утицај закривљености анvelope напона лома на коначан резултат.

У шестом поглављу су тестиране основне хипотезе о утицају хетерогености на чврстоћу стенске масе. Приказани су резултати испитивања композитних узорака у условима једноосног притиска, извршена је квантификација GSI дијаграма за флиш, одређени су иницијални параметри за флиш. Поред тога, дефинисани су параметри хиперболичке анvelope и дат је распон очекиваних вредности. Верификација параметара је извршена на бази повратне анализе глобалних и структурних ломова.

Седмо поглавље се надовезује на резултате и закључке приказане у претходном поглављу, при чему је посебна пажња посвећена одређивању параметара за хетерогене седименте након распадања. Шесто и седмо поглавље представљају централна поглавља дисертације.

У завршном осмом поглављу сумирани су резултати истраживања и закључци који су из њих проистекли. Такође су дате и препоруке за даља истраживања.

На крају је дат списак коришћене литературе и краћа биографија аутора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Чврстоћа на смицање стенских маса представља једно од основних својстава које је потребно дефинисати приликом геотехничких (геомеханичких) истраживања терена. Познавање чврстоће на смицање омогућава рационалније пројектовање и грађење објеката, а што је посебно важно у случајевима када се врши засецање косина и тиме нарушава постојећа стабилност стенског материјала.

Лом у стенској маси се може јавити одмах након формирања косина и тада је појава нестабилности проузрокована чињеницом да стенска маса не може да се одупре смичућим напрезањима која су последица засецања косина. Лом може бити инициран и у неком тренутку времена након отварања косина, када лом може бити последица: деформацијског омекшања, смањења/поништавања ефеката сукције услед падавина и/или пораста нивоа подземне воде у стенској маси и деградације стенске масе услед распадања. Механизам деформацијског омекшања („прогресивног лома“), којим се врши параметри редукују на резидуалне или блиско резидуалним вредностима (пост-руптурна или чврстоћа у критичном стању), је генерално добро изучен иако и данас побуђује интересовање шире научне и стручне јавности. Са друге стране, утицај распадања на стабилност новоформираних косина данас све више добија на значају. Многи аутори су се бавили утицајем ефеката сушења/влажења, одмрзавања/замрзавања и температурних промена на механичка својства стенске масе у лабораторијским условима. Мали број аутора је покушао да примени резултате лабораторијских испитивања на теренску размеру. Ово доводи до низа практичних потешкоћа које није једноставно узети у обзир. У дисертацији је као основа за праћење процеса распадања разматрана стенска маса у којој су изграђене косине, а које се налазе на траси инфраструктурног Коридора 10. Ово је омогућило да се паралелним осматрањем понашања стенског материјала на косинама и на специјално припремљеним узорцима од истог материјала (који су изложени дејству атмосферских утицаја) донесу одређени закључци о промени појединих параметара Хук-Брауновог критеријума лома у времену. Кроз процес који доводи до распадања, у обзир су квалитативно узети и ефекти сукције, бубрења и промене хемизма порне воде. У прилог савремености истраживања иде и чињеница да се у оквиру појединих конференција, планираних у наредним годинама, по први пут утицај распадања издваја као посебна целина, тј. конференцијска тематика. Још један од разлога за издвајање ове тематске области је и пораст свести код истраживача да је управо распадање узрок за иницирање великог броја плитких нестабилности у неким испуцалим стенским масама и да истраживања на потпуном разумевању овог проблема тек предстоје.

Поред тога, стенске масе могу бити изграђене од више литолошких чланова (најчешће пешчара и силтита-алевролита), битно различитих механичких својстава. Смене су честе и неправилне, па их је практично немогуће, без одређених поједностављења, уврстити у геотехнички модел терена. Стога је, поред чврстоће литолошки хомогених блокова и њихове издељености, потребно познавати у ком процентуалном односу су заступљене мекше (финозрна) и тврђе (крупнозрна) партије стенског материјала.

Да би се утврдило у којој мери величина иницијалне чврстоће на смицање опада у времену потребно је поуздано утврдити њену величину непосредно након формирања косина. Величина иницијалне чврстоће на смицање је у оквиру ове дисертације урађена на основу испитивања специјално припремљених композитних узорака. На овај начин су проверене емпиријске претпоставке о утицају литолошке хетерогености на чврстоћу стенских маса. Након тога је извршена квантификација GSI дијаграма комбинујући параметре из других класификационих система, што омогућава да се смањи субјективност приликом одређивања GSI вредности. Ова два корака омогућила су да се са задовољавајућом тачношћу дефинишу иницијални параметри чврстоће на смицање хетерогених испуцалих флишних и седимената „уплетених река“. Коначно, праћењем процеса дезинтеграције стенске масе „in-situ“, од тренутка отварања косина до тренутка појава глобалних нестабилности, предложен је концепт за редукцију чврстоће на смицање услед распадања стенске масе. Овакав приступ омогућава да се дефинишу параметри чврстоће на смицање у различитим временским интервалима након отварања косина.

Оригиналност дисертације се огледа и у томе што су за флиш из околине Димитровграда и генералну флишну секвенцу састављену од пешчара и силтита одређене вредности параметара нелинеарне анvelope хиперболичког типа.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде ове дисертације, кандидат је прегледао и обрадио велики број референци, углавном објављених на енглеском језику. У припреми текста дисертације коришћено је укупно 230 референци, чији је списак дат на крају дисертације.

Велики број референци (36%) датира из претходних петнаест година, 25% референци датира из претходних десет година, а чак 12% референци је објављено током претходних пет година (2010-2015). Овај показатељ илуструје савременост у области анализе утицаја литолошке хетерогености на чврстоћу стенске масе на основу лабораторијских испитивања, превођења резултата испитивања на стенски масив, као и анализе утицаја распадања на дугорочну стабилност косина.

Утицај хетерогености на чврстоћу стенске масе испитивао је велики број истраживача на основу одговарајућих моделских, нумеричких или лабораторијских испитивања. Специфичним утицајем литолошке хетерогености на величину једноосне чврстоће на притисак, према аутору познатој и доступној литератури, бавило се свега десетак аутора, од чега је само у два рада разматрано понашање композитних узорака састављених од пешчара и пелита. Превођење резултата лабораторијских испитивања композитних узорака на стенску масу обрађено је у једном публикованом раду. Утицај распадања на чврстоћу стенског масива до сада је разматран углавном у лабораторијским условима. Смањење вредности GSI индекса услед распадања квалитативно је обрађено у једном публикованом раду. Све претходно наведено указује на чињеницу да су постојећа сазнања о утицају хетерогености и распадања на дугорочну стабилност новоформираних косина релативно скромна, чиме се додатно наглашава адекватност научно-истраживачког тренутка израде ове дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживања у дисертацији се заснивају на резултатима досадашњих истраживања из ове области, као и на резултатима истраживања која су спроведена у оквиру овог рада. У оквиру дисертације примењене се следеће методе истраживања:

1. Метода теоријске анализе је примењена за потребе проучавања досадашњих теоријских сазнања и најновијих резултата везаних за предмет дисертације.
2. Методе прикупљања података се пре свега односе на припрему и извођење лабораторијских испитивања и опсервацију понашања стенске масе у теренским условима, у те сврхе извршена су:
 - лабораторијска испитивања на композитним узорцима, састављеним од дискова пешчара и силтита,
 - испитивања специјално припремљених узорка, изложених дејству атмосферских утицаја,
 - осматрања промене својстава површи механичких и других дисконтинуитета у времену.
3. Обрада и анализа података су обухватили:
 - дефинисање зависности једноосне чврстоће на притисак од процентуалног учешћа силтита у композитном узорку,
 - квантификацију степена распадања (по неколико метода),
 - дефинисање зависности за смањење GSI индекса у времену,
 - одређивање параметара нелинеарне анvelope хиперболичког типа за флишну секвенцу.
 - развијање и примену квантификованог GSI дијаграма за флиш.
4. Верификација проблема је извршена на основу повратне анализе стабилности косина код којих се лом већ догодио:
 - у сврху провере дефинисаних параметара спроведене су дводимензионалне анализе стабилности косина методом граничне равнотеже,
 - метода коначних елемената је коришћена како би се у једном примеру одредило напонско стање у стенском масиву.

За потребе прикупљања, обраде и анализе података и верификације проблема коришћени су програмски пакети (Microsoft Excel, Kaleidagraph, RocLab, RocData, NENVE, GeoStudio, Slide i BGSlope).

На основу изложеног, Комисија констатује да примењене технике и методе по значају, обиму и другим својствима у потпуности одговарају теми и обиму дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Применљивост остварених резултата у дисертацији је за научну и инжењерску јавност вишеструка. Као прво издвајамо чињеницу да је емпиријска препорука за утврђивање пондерисаних вредности параметара чврстоће на смицање флишних седимената (састављених од пешчара и силтита) потврђена на основу лабораторијских испитивања композитних узорка. На бази овога се лабораторијски добијена зависност препоручује за даљу примену у пракси, код ових и сличних материјала.

Иницијални параметри нелинеарне анvelope хиперболичког типа су дефинисани за флиш околине Димитровграда. Горње и доње граничне вредности параметара генералне флишне секвенце (састављене од пешчара и силтита), са одговарајућим зависностима, се могу применити у практичном разматрању стабилности косина.

Квантификација GSI дијаграма за флиш (преко квалитета зидова пукотина) омогућава његову лакшу и поузданију примену великом броју мање искусних корисника. Мишљења смо да ће ово умногоме помоћи код популаризације GSI дијаграма (на основу кога се одређује GSI индекс или број, који представља један од параметара Хук-Брауновог критеријума лома) у рударској и грађевинској пракси.

Праћење процеса дезинтеграције стенске масе у времену омогућило је да се дефинише критеријум за смањење параметара чврстоће на смицање преко GSI индекса. На основу ових закључака могуће је анализирати косине различитих висина и нагиба у овом и сличним материјалима у произвољним временским интервалима. Ово је од изузетног практичног значаја у ситуацијама када косине остају непокривене у дужем временском периоду након формирања.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Зоран Берисављевић је својим досадашњим истраживачким активностима, заинтересованошћу и стручношћу испољио квалитет за научни и истраживачки рад. Кандидат је био укључен у пројектовање и израду капиталних објеката (изградња путне инфраструктуре, Коридори 10 и 11), од значаја за Републику Србију и регион, при чему је имао прилику да се сусретне са различитим практичним и теоријским проблемима. Појаве великог броја нестабилности на косинама у хетерогеним стенским масама (флиша и седимената уплетених река) иницирале су спровођење опсежне студије од стране кандидата, која је на крају крунисана израдом докторске дисертације. Оправданост оваквог приступа огледа се у чињеници да је кандидат објавио два научна рада као први аутор, која су уско повезана са темом дисертације. Објављени научни радови показују да је рад кандидата признат на међународном нивоу, те да у потпуности располаже знањима и вештинама да се бави теоријским и нумеричким истраживањима, као и практичним анализама.

Приликом писања дисертације кандидат је у терминолошком и логичком смислу тежио савршенству. Мноштво стручних термина је по први пут било потребно прилагодити духу српског језика.

Досадашњи научни рад и истраживачка делатност кандидата су суштински повезани са темом докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан рад на предложеној теми.

У докторској дисертацији се налазе још увек необјављени резултати који се планирају представити научној јавности у наредном периоду.

На основу резултата које је постигао у свом стручном и научном раду током основних и докторских академских студија, без икакве резерве, може се закључити да Зоран Берисављевић у сваком погледу испуњава услове који га квалификују да се самостално бави научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Сва истраживања предвиђена планом и програмом израде дисертације су реализована, а остварени научни доприноси огледају се кроз следеће:

- Извршена су испитивања композитних узорака у циљу дефинисања зависности једноосне чврстоће на притисак и процентуалног учешћа силтита код хетерогених флишних седимената. Експоненцијална зависност је упоређена са емпиријским препорукама, на основу чега је утврђено да резултати добро кореспондирају.
- Утврђеном зависношћу дефинисане су пондерисане вредности улазних геотехничких параметара Хук-Брауновог критеријума лома код хетерогених стенских маса.
- Извршена је квантификација GSI дијаграма за флиш, што подразумева увођење коефицијента којим се дефинише квалитет зидова пукотина, а на основу чега је

одређена вредност GSI броја релативно прецизно и тиме доза субјективизма сведена на најмању могућу меру.

- Дефинисане су вредности параметара нелинеарне хиперболичке анvelope за флиш, водећи при томе рачуна о њиховом физичком значењу, чиме је омогућена шира примена критеријума и на испуцале стенске масе окарактерисане као Хук-Браунов материјал.
- Одређен је степен распадања пермских седимената лабораторијским опитом и поступком који подразумева излагање специјално припремљених узорака дејству атмосферских чинилаца у периоду од једне године.
- Утврђена је зависност GSI индекса у времену, а чиме је представљено смањење параметара чврстоће на смицање као последице процеса распадања.
- Развијен је модел за анализу стабилности косина различитих висина и нагиба у овом и сличним материјалима, у произвољним временским интервалима, а што је од изузетног практичног значаја у ситуацијама када косине остају непокривене у дужем временском периоду након формирања.
- Сви добијени резултати су верификовани повратном анализом појава нестабилности на детаљно изученим и осматраним косинама, а што представља веома поуздан начин доказивања резултата истраживања и чиме се умногоме доприноси поузданости и квалитету самих истраживања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је сагледавању проблематике дефинисања параметара чврстоће на смицање хетерогених испуцалих стенских маса пришао на један посебан начин. Максимално је уважио искуства истраживача и аутора из развијених земаља, али је такође, применио свој оригиналан начин истраживања.

Квантификација GSI дијаграма за флиш и концепт смањења параметара чврстоће на смицање могу се сматрати оригиналним научним доприносом.

По први пут су дефинисани параметри нелинеарне хиперболичке анvelope флишних седимената техником нелинеарне регресије, на примеру флиша околине Димитровграда.

Одређена допуна постојећих експерименталних и теоријских сазнања може подразумевати следеће:

- Испитивање већег броја композитних узорака ради провере добијене зависности којом се мења једноосна чврстоћа на притисак са процентуалним учешћем силтита. У литератури постоји релативно мали број студија ове врсте, а закључци које изводе поједини аутори се често разликују. Велики допринос студији би представљала испитивања са мерењем вертикалних и хоризонталних деформација. На овај начин би се могле добити комплетне напонско-деформацијске зависности.
- Праћење процеса распадања хетерогених седимената у дужем временском периоду. На овај начин би се утврдила коначна дебљина дезинтегрисане зоне, испитало да ли даље распадање има утицаја на положај и облик клизне површи формиране у разматраном периоду и омогућило проширење предложеног концепта редукације чврстоће.

Веома значајан аспект извршених истраживања јесте практична применљивост решења, што је такође једна од предности дисертације, обзиром да омогућава употребу критеријума смањења параметара чврстоће на смицање у различитим временским интервалима. Како је то у дисертацији наведено, проблем дефинисања параметара чврстоће на смицање у различитим временским интервалима односи се на период од годину дана

након формирања косина и у будућем раду би било веома значајно дефинисати понашање стенске масе и након овог периода.

Коначно, треба истаћи и остале закључке за наставак истраживања на предметном пољу. Кандидат својим препорукама и идејама за наставак истраживања указује на могуће, истовремено и највероватније правце у којима треба тражити свеобухватно решење.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације верификован је објављивањем два рада у часописима индексираним у SCI листи и већим бројем радова презентованих на међународним стручним и научним скуповима и објављених у зборницима са скупа и у часописима националног значаја.

У наставку је дат списак објављених научно-стручних радова из области геотехнике, механике тла и механике стена кандидата Зорана Берисављевића у последњих пет година:

Категорија M20:

1. Berisavljević D., **Berisavljević Z.**, Čebašek V., Šušić N. Characterisation of collapsing loess by seismic dilatometer. *Engineering geology*. 2014. Vol.181. pp. 180-189. (M21)
2. **Berisavljević Z.**, Berisavljević D., Čebašek V. Shear strength properties of Dimitrovgrad flysch, Southeastern Serbia. *Bulletin of the engineering geology and the environment*. 2015. Vol.74(3). pp. 759-773. (M23)
3. **Berisavljević Z.**, Berisavljević D., Čebašek V., Rakić D. Slope stability analyses using limit equilibrium and soil strength reduction methods. *Građevinar*. 2015. Vol.67(10). pp. 975-983 (M23)

Категорија M30:

1. **Berisavljević Z.** Problems in predicting the behaviour of the road embankment built on a soft soil. In: *Proceedings of the 20th EYGEC*. Brno; 2010. pp. 242-47. (M33)
2. Mitrović P., Vujanić V., Jotić M., **Berisavljević Z.** The Application of EPS in Geotechnical Practice: a Case Study from Serbia. In: *Proceedings of the 4th International Conference on the use of Geofoam Blocks in Construction - EPS2011*. Lillestrom, Norway; 2011. (M34)
3. Ćorić S., Čaki L., Rakić D., Ubiparip B., **Berisavljević Z.** Geotechnical aspects of three dimensional stability analysis of landslides. In: *Proceedings of the International Scientific Conference INDIS 2012*. Novi Sad; 2012. pp. 361-69. (M33)
4. Rakić D., Stevanović M., **Berisavljević Z.**, Basarić I., Janković J. Geotehnički uslovi fundiranja mosta preko Kameničke reke. *Zbornik radova šestog naučno-stručnog međunarodnog savetovanja Geotehnički aspekti građevinarstva*. Vršac; 2015. pp. 83-93. (M33)
5. **Berisavljević Z.**, Rakić D, Šušić N., Berisavljević D. Definisane parametara čvrstoće na smicanje heterogene flišne stenske mase - deo I (inženjerskogeološke karakteristike). *Zbornik radova šestog naučno-stručnog međunarodnog savetovanja Geotehnički aspekti građevinarstva*. Vršac; 2015. pp. 129-139. (M33)
6. **Berisavljević Z.**, Rakić D, Šušić N., Berisavljević D. Definisane parametara čvrstoće na smicanje heterogene flišne stenske mase - deo II (geotehničke karakteristike). *Zbornik radova šestog naučno-stručnog međunarodnog savetovanja Geotehnički aspekti građevinarstva*. Vršac; 2015. pp. 139-150. (M33)

7. Berisavljević D., Šušić N., Rakić D., Hadži-Niković G., **Berisavljević Z.** Određivanje vrste tla i mirostrukture iz SDMT opita. Zbornik radova šestog naučno-stručnog međunarodnog savetovanja Geotehnički aspekti građevinarstva. Vršac; 2015. pp. 175-185. (M33)
8. Rakić D., **Berisavljević Z.**, Basarić I. Fizičko-mehaničke karakteristike otpadne šljake i mulja iz železare Smederevo. Međunarodna konferencija "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasni otpad". Budva; 2015. pp. 237-241. (M33)
9. **Berisavljević Z.**, Milenković S. Berisavljević D. Šušić N. Convergence Predictions and Primary Support Optimization of the Tunnel Progon. Proceedings of XII IAEG congress 2014, G. Lollino et al. (eds.), Engineering Geology for Society and Territory. Torino; 2014. Vol.6. pp. 323-328. (M33)
10. Rakić D., **Berisavljević Z.**, Basarić I. Đurić U. The Importance of the Existing Engineering Geological Conditions During the Building Construction on the Terrain Affected by Sliding. Proceedings of XII IAEG congress 2014, G. Lollino et al. (eds.), Engineering Geology for Society and Territory. Torino; 2014. Vol.6. pp. 285-289. (M33)

Категорија M50:

1. **Berisavljević Z.**, Ubiparip B. Nasipi na slabonosivom tlu, izbor najpovoljnije varijante. Institut za puteve. 2010. Vol.39. pp. 27-34. (M53)
2. **Berisavljević Z.** Analiza stabilnosti otvorenog iskopa za tunel „Beli potok“. Put i Saobraćaj. 2011. Vol.3. pp. 17-22. (M52)
3. **Berisavljević Z.** Komparativna analiza stabilnosti kosina metodama granične ravnoteže i metodom konačnih elemenata. Izgradnja. 2012. Vol.1. pp. 9-15. (M51)

Категорија M60:

1. **Berisavljević Z.** Ubiparip B., Jotić S. Analiza stabilnosti otvorenog iskopa, za tunel „Beli potok“ - obilaznica (Beograd). Zbornik radova četvrtog naučno-stručnog savetovanja Geotehnički aspekti građevinarstva. Zlatibor; 2012. pp. 239-49. (M63)
2. **Berisavljević Z.** Tuneli na koridorima 10 i 11 - geotehnička istraživanja, projektovanje i građenje. Savremena građevinska praksa 2014. Andrevlje; 2014. pp. 165-188. (M61)

Укупно:

- Радови у међународним часописима на SCI листи (M20): 3 рада
- Радови на међународним научним скуповима (M30): 10 радова
- Радови у часописима националног значаја (M50): 3 рада
- Радови на скуповима националног значаја (M60): 2 рада

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација „*Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву*“ кандидата Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије, поседује савремен, оригиналан и научно утемељен приступ проблему дефинисања чврстоће на смицање хетерогених испуцалих стенских маса подложних распадању. Резултати и закључци који су засновани на оригиналном методолошком приступу чине ову дисертацију веома актуелном у области механике стена.

Резултати приказани у дисертацији омогућавају да се у раној фази пројектовања будућих косина ефекти хетерогености и дезинтеграције на адекватан начин узму у обзир. Занемаривање ових ефеката у фази пројектовања може довести до појаве непредвиђених

додатних трошкова током извођења косина, услед потребе за санирањем нестабилности које настају на непокривеном челу косине.

Треба истаћи да је кандидат студиозним приступом проблему, анализирајући велики број углавном страних литературних извора, спроведеним експерименталним испитивањима и изведеним закључцима, дошао до оригиналних и проверљивих резултата, чиме је показао висок ниво способности и самосталности за бављење научно-истраживачким радом. Добијени резултати представљају основу која ће омогућити другим истраживачима у овој области да се укључе у даља истраживања.

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану закључује да урађена докторска дисертација кандидата Зорана Берисављевића, дипл. инж. геологије испуњава све законске и остале услове за јавну одбрану. Урађена докторска дисертација је написана у складу са свим стандардима о научно-истраживачком раду и испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Рударско-геолошког факултета и критеријумима које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија, на основу горе наведеног, са задовољством предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом *„Дефинисање параметара чврстоће на смицање код извођења косина у испуцалом стенском масиву”* кандидата Зорана Берисављевић, дипл. инж. геологије прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Владимир Чебашек, доцент
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Небојша Гојковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Драгослав Ракић, доцент
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Зоран Радић, доцент
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

др Ненад Шушић, научни саветник
Институт за испитивање материјала а.д., Београд