УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

РУДАРСКО- ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Наставно - научном већу

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета, број 1/148 од 23. 05. 2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата **Стевана Ћорлуке, маст. инж. геологије,** под насловом:

„РЕЗИДУАЛНА ЧВРСТОЋА СМИЦАЊА НЕПРОДУКТИВНИХ СРЕДИНА СА ПК ДРМНО“

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

И З В Е Ш Т А Ј

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

1.1.Биографски подаци о кандидату

Стеван Ћорлука је рођен 08.11.1992. у Кикинди. Основну школу завршио је у Руском Селу, а гимназију „Душан Васиљев" у Кикинди. Основне студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, студијском програму Геотехника, завршио је 2015. године а мастер студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Геотехника, завршио је 2016. године Школске 2016/17. уписао је докторске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Геотехника.

Након завршених мастер студија, од 2016. до 2023. године радио је у Рударском институту у Земуну, на обради лабораторијских геомеханичких испитивања, на изради рударских и геолошких пројеката, документације, елабората и студија, са акцентом на област инжењерске геологије и геотехнике, нарочито извођењем теренских истраживања и лабораторијских испитивања за потребе израде геолошких/геотехничких подлога за израду Планова детаљне регулације и геотехничке документације за потребе одређивања услова изградње различитих објеката. Од 2018. године као заменик лица одговорног за квалитет Лабораторије за геомеханику у Рударском институту учествује у увођењу система квалитета SRPS 17025:2017 и припреми материјала за добијање акредитације лабораторије за геомеханичка испитивања из серије стандарда SRPS EN ISO, од стране Акредитационог тела Србије - АТС-а.

Од новембра 2023. године заснива радни однос у Институту за испитивање материјала ИМС у Београду, Центру за путеве и геотехнику. У Институту ИМС, као водећи инжењер за лабораторијска испитивања, бави се лабораторијским геомеханичким испитивањима

за потребе израде геотехничке документације за различите објекте, учествује у изради елабората и студија и бави се научно-истраживачким радом.

Стручни испит, прописан Законом о рударству и геолошким истраживањима за дипломираног инжењера геологије - геотехнике, положио је 2019. године. Члан је Српског друштва за механику стена, Савеза инжењера и техничара Србије и Инжењерске коморе Србије. Поседује пројектантску и извођачку лиценцу Инжењерске коморе Србије. Учесник је бројних научних и стручних скупова и семинара из геолошког инжењерства. До сада као аутор и коаутор објавио је више научних и стручних радова и техничких решења.

1.2.Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације кандидата Стевана Ћорлуке, маст. инж. геологије је: „**Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно**“. Дисертација садржи: 129 страна текста А4 формата, 41 табелу у тексту, 134 слике, графикона и фотографија, као и 152 навода у списку литературе. Дисертација је технички обликована према упутствима и прописима Универзитета у Београду.

1.3.Хронологија одобравања и израде дисертације

Стеван Ћорлука, маст. инж. геол., докторске студије уписао је 2016.године на Универзитету у Београду - Рударско-геолошки факултет, Студијски програм Геотехника. Током докторских академских студија испунио је све обавезе и положио испите предвиђене планом и програмом докторских студија. Докторску дисертацију је пријавио 2021. године (бр. пријаве 1/21 од 24. 02. 2021. године) под називом „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно".

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, бр. 1/517 од 28.12.2020. године донетој на седници одржаној 24.12.2020. године именована је трочлана Комисија за оцену подобности теме докторске дисертације Стевана Ћорлуке, маст. инж. геологије, под насловом „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно“, у саставу: проф. др Драгослав Ракић, ван. проф. (Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду); др Ласло Чаки, ванр. проф. у пензији (Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду) и др Милинко Радосављевић, научни сарадник (Рударски институт д.о.о., Београд).

Комисија у претходно наведеном саставу је сачинила Реферат бр. 1/7 од 28.01.2021. године, којим се утврђује да кандидат Стеван Ћорлука, маст. инж. геологије, испуњава Законом предвиђене услове за пријаву докторске дисертације и предлаже да се кандидату одобри израда докторске дисертације под насловом „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно“. За ментора је предложен др Драгослав Ракић, ванредни професор на Катедри за Геотехнику, Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на електронској седници одржаној 03.03.2021. год. донело је Одлуку којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације под називом „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно“ (Одлука 02 број: 61206- 937/2-21 од 03.03.2021. године).

Кандидат је поднео молбу за продужење рока израде дисертације на лични захтев. На седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду одржаној 22.09.2022. године донета је Одлука за продужење рока за завршетак докторских студија највише до троструког броја година потребних за реализацију студијског програма (Одлука бр.1/229 од 27.09.2022. године).

Кандидат Стеван Ћорлука, маст. инж. геологије, је завршену докторску дисертацију предао Студентској служби Рударско-геолошког факултета 03.04.2025. и истог дана поднео молбу за именовање Комисије за оцену докторске дисертације заведену под бр. 1/73 од 03.04.2025. године. На седници Катедре и Департмана за Геотехнику Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду одржаној 07.04.2025. године је на основу те молбе донет предлог бр. 1/79 од 07.04.2025. којим је предложено Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета – Геолошког одсека да формира комисију у саставу:

др Гордана Хаџи-Никовић, редовни професор (Универзитет у Београду, Рударско геолошки факултет, Београд),

др Ирена Басарић Икодиновић, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд) и

др Ксенија Ђоковић, научни сарадник (Институт за испитивање материјала – ИМС, Београд).

На седници одржаној 22.05.2025. године, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета донело је одлуку о формирању Комисије у наведеном саставу заведену под бр. 1/148 од 23.05.2025. године. На основу поменуте одлуке Наставно-научног већа, стекли су услови за писање овог Извештаја.

1.4.Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација Стевана Ћорлуке, маст. инж. геологије, под насловом „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно“ припада научној области Техничких наука - Геолошко инжењерство, односно ужој научној области: Инжењерска геологија, геомеханика и геотехничко инжењерство, за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. Према правилима Универзалне децималне класификације (УДК), докторска дисертација сврстана је на следећи начин: 6312.431.2(043.3).551.1/.4

За ментора на изради докторске дисертације именован је др Драгослав Ракић, редовни проф. Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Ментор је аутор већег броја научних радова објављених у међународним и домаћим часописима и зборницима радова са различитих научних скупова, који су везани за проблематику која се обрађује у дисертацији, тако да испуњава важеће критеријуме за менторство на Универзитету у Београду. Поред тога, има и велико искуство у менторском раду са студентима основних, мастер и докторских академских студија

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Један од предуслова за безбедно обављање експлоатације на површинским коповима, јесте стабилност завршних и радних косина копа. Да би се ово обезбедило потребно је извршити детаљна теренска и лабораторијска геомеханичка испитивања тла и на основу добијених резултата урадити прорачуне везане за анализе стабилности. Овако добијени резултати користе се за димензионисање нагиба експлотационих косина (ископа), односно косина формираних услед одлагања јаловине. У оквиру дисертације биће дефинисани резидуални параметри чврстоће смицања, не узимајући у разматрање ефекте динамичких сила.

Нестабилности косина/клизишта могу захватити више етажа и довести до губитка ресурса, што значајно поскупљује експлоатацију јер захтева додатне радове, а врло често и измену самог процеса експлоатације. Клизишта настају када је достигнута гранична чврстоћа смицања и зато је адекватно дефинисање параметара смичуће чврстоће, један од битних предуслова за успешно решавање проблема стабилности.

Лабораторијским испитивањима је потребно одредити: кохезију – везивне силе између додирних површина честица и угао унутрашњег трења – јавља се између честица услед њиховог померања, клизања или котрљања. Резидуална чврстоћа тла је важан параметар у геотехничком инжењерству. То је чврстоћа достигнута при великим деформацијама. Даље смицање у истом правцу доводи до уређене оријентације зрна што условљава престанак смањења чврстоће смицања, и она остаје константна, па отуда нема даље промене запремине као ни промене порних надпритисака.

Разумевање резидуалне чврстоће смицања при великим деформацијама је од суштинског значаја при објашњавању механизма клизања (Skempton, 1985; Tika и Hutchinson, 1999; Wen и сар., 2007). Резидуална чврстоћа смицања, тј. њени параметри имају кључну улогу при пројектовању санационих мера код нарушене стабилности терена. Конвенционалне лабораторијске методе за дефинисање чврстоће смицања, попут опита директног смицања, омогућавају максимална померања до 10 mm за узорке димензија 60 x 60 mm (Casagli и сар., 2006; Okada и сар., 2007; Van Asch и сар., 2007). Из тих разлога је понашање тла при великим деформацијама доста отежано јер се резидуална чврстоћа смицања може дефинисати само на основу вишеструког смицања. Опит кружним смицањем, који омогућава неограничено померање узорка, много је поузданији начин одређивања резидуалне чврстоће смицања (Okada и сар., 2007; ASTM Standard D7608-10, 2010, D6467-13, 2013), што је и показано на основу неколико научних студија (Wang и сар., 2004; Fukuoka и сар., 2007; Li и сар., 2013; Hoyos и сар., 2014). На пример, Fukuoka и сар. (2007) применили су нови концепт помоћу опита кружним смицањем, како би дефинисали зоне смицања које настају при великим деформацијама. Ова студија је указала на то да је опит кружним смицањем најприкладнији за проучавање чврстоће смицања тла у клизишту, где се по правилу јављају велика померања. Kimura и сар. (2014) проучавали су ефекат брзине смицања за дефинисање резидуалне чврстоће смицања тла у клизишту, користећи опит кружним смицањем.

У важећим прописима Eurocod 7: Part 2: 2007, наведен је захтев да је приликом извођења опита за одређивања параметара резидуалне чврстоће тла, неопходно обезбедити паралелност кутија током смицања, које може да се постигне само у апарату за кружно смицање. Међутим, треба напоменути да се у устаљеној геотехничкој пракси за дефинисање резидуалних параметара чврстоће смицања, најчешће користе резултати реверсних опита класичног директног смицања. Зато је један од циљева овог рада да укаже на односе резидуалних параметара чврстоће смицања добијених класичним

реверсним опитом директног смицања и опитом кружног смицања, уз напомену да је овај апарат конструкционо сложен, па врло често припада категорији истраживачке опреме.

Мноштво је фактора од којих зависи резидуална чврстоћа смицања, а уопштено се могу класификовати као фактори природног стања који зависе од физичких својстава тла (минералног и хемијског састава, гранулометријског састава и облика честица, пластичних карактеристика, као и хигроскопних својства и садржаја чврсто везане воде у тлу) и спољни фактори (промена ефективних нормалних напона током узорковања, промена порних притисака, температуре, услова дренирања па и брзине клизања). У односу на величину и облик честица, јављају се три вида резидуалног смицања материјала: котрљање, уређење чврстих честица дуж равни смицања и прелазно стање између котрљања и уређења честица дуж клизне равни.

Котрљање је резидуално смицање при константној запремини, где дуж клизне равни долази до ротације и транслације чврстих честица. Јавља се код песковитих, прашинасто-песковитих и прашинастих врста тла. Код тла која су изграђена од глиновитих честица плочастог облика, при великим деформацијама честице се оријентишу у правцу смицања дуж клизне површине. Као резултат овог преусмеравања плочастих честица, трење је сведено на минимум, тако да при великим деформацијама преовладава трење које се остварује између честица обавијених танким слојем воде који је везан за површину чврсте честице (адсорбована вода), што у суштини зависи од минералног састава. Прелазно резидуално смицање се јавља када нема доминантног облика честица тако да оно укључује комбинацију котрљања и уређења честица. По клизној равни честице се и ротирају и оријентишу у правцу смицања. Са повећањем процента садржаја глиновитих фракција уређенији механизам смицања постаје доминантнији и обрнуто.

У Србији до сада није детаљно истраживана резидуална чврстоћа смицања тла коришћењем апарата за кружно смицање. Предмет научног истраживања ове дисертације обухвата:

- дефинисање релевантних физичко-механичких параметара глиновитих, прашинастих и песковитих материјала, тзв. непродуктивних средина са површинског копа Дрмно, на којима су вршени опити за дефинисање резидуалне чврстоће смицања;

- предности апарата за кружно смицање за одређивање параметара резидуалне чврстоће тла (детаљан опис апарата за кружно смицање конструкцијског типа Bromhead);

- дефинисање резидуалних параметара чврстоће смицања помоћу апарата за кружно смицање и помоћу реверсног опита у апарату за директно смицање за различите типове тла: песак, алеврит, сива глина и песковита прашина (ова испитивања обављена су у складу са важећим националним стандардима, односно релевантним стандардима и препорукама других земаља);

- утицај појединих физичких својстава тла на резидуалну чврстоћу смицања тзв. непродуктивних средина са површинског копа Дрмно

Циљеви докторске дисертације су:

- компаратавна анализа параметара резидуалне чврстоће смицања тла непродуктивних средина површинског копа Дрмно који су одређени реверсним опитом директног смицања и опитом кружног смицања;

- успостављање нових корелационих зависности између резидуалних углова унутрашњег трења и гранулометријског састава тла, индекса пластичности, граница течења и комбинованог индекса CALIP;

- анализе стабилности косина са меродавним резидуалним параметрима чврстоће смицања тла добијеним из различитих апарата;

- верификација добијених резултата на конкретним примерима из праксе - клизање косина на површинском копу Дрмно.

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ И ПОЛАЗНИ ПОДАЦИ

У анализи стабилности клизишта код којих је дошло до великих смичућих померања, меродавна је резидуална смичућа чврстоћа. Она се најчешће дефинише на основу лабораторијских испитивања коришћењем апарата за директно смицање извођењем реверсног опита, или апарата који омогућује кружно смицање. У геотехничкој пракси у Србији, али и у свету, примена апарата за кружно смицање није честа с обзиром да спада у истраживачку опрему, а не стандардну лабораторијску. Да би се што приближније дефинисала резидуална чврстоћа смицања, потребна су значајна померања, која се само апроксимативно могу обезбедити у опитима директним и кружним смицањем.

Постављене хипотезе истраживања:

- напонско-деформацијско понашање материјала зависи од врсте материјала тј. облика и величине доминантних честица (ситнозрно или крупнозрно тло);

- резидуална чврстоћа представља минималну чврстоћу смицања којом се дефинише стање када нема промене запремине при даљим деформацијама, па према томе ни промене смичућих напона;

- резидуална чврстоћа тла може се дефинисати на непоремећеним и на поремећеним узорцима тла, али и на засићеним узорцима у консолидованим дренираним условима,

- чврстоћа смицања директно зависи од водно-физичких карактеристика (пластичности) ситнозрних материјала, тако да стање конзистенције значајно утиче и на вредности резидуалних параметара чврстоће смицања;

- за дефинисање резидуалних параметара чврстоће смицања тла могу се користити различити лабораторијски опити (опит кружним смицањем, реверсни опит у апарату за директно смицање) и корелационе зависности на основу бројних литературних података;

- резидуални параметри чврстоће смицања добијени реверсним опитом директног смицања разликују се од параметара добијених извођењем опита кружним смицањем;

- лабораторијски опит кружног смицања даје најприближнију вредност природној, реалној резидуалној чврстоћи тла.

4. ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Стевана Ћорлуке, маст.инж.геологије, под насловом „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно" написана је на српском језику ћириличним писмом.

Докторска дисертација садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, податке о ментору и члановима комисије, захвалнице, резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, садржај, списак табела, списак слика и десет поглавља.

Дисертацију чине следећа поглавља:

1. Увод
2. Теоријске основе
3. Апарати за одређивање резидуалне чврстоће тла
4. Инжењерскогеолошки приказ површинског копа Дрмно
5. Методе и програм испитивања
6. Приказ резултата испитивања
7. Анализа резултата лабораторијских испитивања
8. Корелационе зависности и верификација
9. Верификација добијених резултата на примеру анализа стабилности карактеристичних профила на ПК Дрмно
10. Закључак и предлог даљих истраживања

Након последњег поглавља приказана је коришћена литература и дата је кратка биографија кандидата. Поред тога, на крају рада приложени су обавезни обрасци, и то: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности електронске и штампане верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

4.1.Кратак приказ појединих поглавља

Докторска дисертација приказана је кроз десет поглавља:

У *Поглављу 1*, је јасно дефинисан проблем истраживања, објашњен значај области истраживања, постављени су циљеви и хипотезе, и истакнута је потреба за неопходним унапређењем разумевања фактора који утичу на резидуалну чврстоћу смицања у контексту површинских копова.

Поглавље 2 пружа свеобухватан преглед коришћене литературе, покривајући историјски развој концепта резидуалне чврстоће смицања, методе испитивања (директно и кружно смицање) и факторе који утичу на резидуалну чврстоћу. Посебно је корисно детаљно разматрање механизама клизања, котрљања и уређења честица, јер то омогућава боље разумевање понашања тла при великим деформацијама. Приказани су и различити

критеријуми за одређивање чврстоће смицања, што доприноси целовитости теоријског оквира.

У *Поглављу 3* детаљно су описани принципи рада, предности и недостаци апарата за директно и кружно смицање, са посебним нагласком на Bromhead-ов апарат и детаљан приказ модификација и процедура које се користе за минимализацију грешака што доприноси већој поузданости резултата.

Поглавље 4 даје контекст истраживању, пружајући информације о геолошкој грађи лежишта, стратиграфским јединицама и инжењерскогеолошким карактеристикама тла. Разумевање геолошког и инжењерскогеолошког контекста је кључно за интерпретацију резултата лабораторијских испитивања и њихову примену у анализи стабилности косина.

У *Поглављу 5* детаљно је описана методологија лабораторијских испитивања. Прецизно су дефинисане методе за одређивање физичких и механичких својстава тла, припрема узорака, поступак консолидације и смицања. Детаљан опис фаза испитивања, коришћене опреме и мерних уређаја доприноси транспарентности и поновљивости истраживања.

У *Поглављу 6* дат је детаљан и систематичан преглед свих резултата добијених кроз лабораторијска испитивања током израде дисертације. Резултати су организовани и приказани табеларно и графички, са јасно означеним јединицама и нумеричким вредностима за сваки испитивани узорак. Пажња је посвећена одвојеном приказу резултата за различите врсте тла и за различите методе испитивања (директно и кружно смицање), што олакшава каснију анализу и упоређивање података. Наведени су и сви остали физичко-механички параметри испитаних узорака, којима су обухваћене све непродуктивне средине са ПК Дрмно.

Поглавље 7 се бави критичком анализом резултата добијених применом различитих метода испитивања и разматрањем појединачних утицаја бројних фактора (тип тла, нормални напон, услови испитивања) на резидуалну чврстоћу смицања испитаних узорака којима су обухваћене све непродуктивне средине ПК Дрмно. Посебна пажња се посвећује идентификацији потенцијалних извора грешака и предностима и ограничењима коришћених апарата.

У *Поглављу 8* успостављене су бројне корелационе зависности између резидуалних углова унутрашњег трења и других параметара тла, као што су индекс пластичности, граница течења и гранулометријски састав тла. Корелационе зависности су верификоване поређењем са литературним подацима. Успостављање корелација је корисно за брзу процену резидуалне чврстоће на терену, уз коришћење једноставнијих и јефтинијих метода испитивања.

У *Поглављу 9*, резултати лабораторијских испитивања као и параметри који су добијени на основу успостављених корелационих зависности искоришћени су за формирање геотехничких модела према којима су извршене анализе стабилности косина на ПК Дрмно. Након избора физичко-механичких параметара спроведене су анализе стабилности методом граничне равнотеже (Бишопова метода). Анализом стабилности косина добијене су вредности фактора сигурности, које су затим упоређене са очекиваним вредностима из релевантне литературе. Ово поређење је омогућило процену

поузданости и валидности добијених резултата. Овај део рада показује практичну примену истраживања и значај резултата за инжењерску праксу.

У *Поглављу 10* сумирани су најважнији резултати дисертације и потврђене су постављене хипотезе. Наглашена је важност избора одговарајуће методе испитивања за дефинисање резидуалних параметара чврстоће смицања и утицај физичких и геомеханичких карактеристика тла на стабилност косина. Дати су предлози за будућа истраживања, усмерена на повећање базе података, комбиновање лабораторијских и теренских испитивања и укључивање додатних фактора у анализу.

5. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

5.1.Савременост, оригиналност и значај

Тема докторске дисертације, која се бави истраживањем резидуалне чврстоће смицања, представља актуелан и релевантан проблем у геотехничком инжењерству. У контексту површинске експлоатације минералних сировина, стабилност косина представља битан аспект који директно утиче на ефикасност, безбедност и еколошку одрживост рударских операција. Савремени трендови у рударству теже ка оптимизацији експлоатационих процеса, смањењу ризика и побољшању управљања јаловином, што захтева прецизније разумевање понашања тла при великим смичућим деформацијама, када се чврстоћа смицања своди на резидуалну чврстоћу смицања. Стога, ова дисертација представља значајан допринос развоју геотехничких и рударских инжењерских пракси.

Оригиналност дисертације огледа се у комбиновању различитих научних метода истраживања у циљу постизања свеобухватније и поузданије процене резидуалне чврстоће тла. Комбиновање стандардних и напредних лабораторијских метода, као и статистичка анализа добијених резултата и њихова верификација кроз анализу стабилности косина на примеру копа Дрмно, представља иновативни приступ овој проблематици. Увођење нових корелација за предвиђање резидуалне чврстоће смицања на основу доступних физичких карактеристика тла, представља значајан допринос у области практичне примене.

Резултати дисертације имају вишеструки значај за теорију и праксу. У теоријском смислу, доприноси се бољем разумевању механизама резидуалног смицања и пружању података за валидацију постојећих модела. У практичном смислу, истраживање пружа смернице за избор одговарајуће методе испитивања и омогућава бржу процену резидуалне чврстоће смицања на терену. Примена резултата на анализу стабилности косина на површинском копу Дрмно демонстрира практичну вредност истраживања и потенцијал за унапређење рударских пракси и смањење ризика од настанка клизишта, а такође и ефикасније планирање и реализацију мера заштите и санације терена.

5.2.Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Стеван Ђ. Ђорлука је током израде докторске дисертације показао потребне способности и вештине за самостални научно-истраживачки рад. Кроз теоријску анализу, а касније и планирање и извођење лабораторијских испитивања конвенционалним и савременим методама, те анализу добијених резултата и њихове примене у оквиру анализа стабилности косина, докторанд је приказао темељно знање и систематичност у решавању сложеног проблема.

Посебно је важно истаћи да је кандидат самостално извео комплетан програм лабораторијских испитивања захваљујући претходном искуству у раду у лабораторији за геомеханику у Рударском Институту и учествовању у писању техничких и допунских рударских пројеката. Такође, кандидат је демонстрирао и велику упорност у савладавању различитих изазова током експерименталног рада.

Поред процеса припреме и израде докторске дисертације, кандидат је стекао значајну самосталност у научном раду кроз полагање испита на докторским студијама, као и кроз активно учешће у различитим пројектима и научним истраживањима од значаја за Републику Србију, те конференцијама и семинарима, уз објављивање научних радова. Треба истаћи да је кандидат објавио један научни рад као први аутор, који је уско повезан са темом дисертације у водећем међународном часопису са SCI листе.

Сходно оствареним резултатима у научном и истраживачком раду, може се констатовати да је кандидат Стеван Ћорлука у сваком погледу испунио услове који га квалификују за даљи самостални научно-истраживачки рад.

5.3.Приказ остварених научних доприноса

Резултати овог рада су систематизовали досадашња сазнања о резидуалној чврстоћи смицања и омогућили формирање корелационих зависности које се могу применити у геотехничким анализама и прорачунима стабилности косина на површинским коповима. Поред тога дисертација је указала на значај одговарајућег избора и примене различитих метода испитивања као и опреме на добијене резултате.

Из докторске дисертације „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно“ проистекло је низ научних доприноса који се огледају кроз следеће:

- Систематизација досадашњих сазнања о факторима који утичу на резидуалну чврстоћу смицања и механизмима клизања у различитим типовима тла;
- Утврђивање значаја одговарајуће примене лабораторијских метода и опреме за одређивање резидуалне чврстоће у зависности од геолошких услова и карактеристика испитиваног тла, укључујући и верификацију добијених резултата на конкретном примеру површинског копа Дрмно;
- Успостављање нових корелација за процену резидуалне чврстоће смицања на основу параметара као што су гранулометријски састав, граница течења и индекс пластичности, чиме се отвара могућност за брзу прелиминарну процену стабилности косина;
- Потврда применљивости и поређење различитих метода лабораторијског испитивања (директно и кружно смицање) у циљу дефинисања параметара за прорачун стабилности косина.

5.4.Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања којима се бави ова докторска дисертација конципирана су на основу дефинисаних циљева и детаљне анализе литературе из области испитивања резидуалне чврстоће смицања тла и њене примене у анализама стабилности косина. Кандидат је у сагледавању проблематике пришао на један посебан начин. Максимално је уважио искуства истраживача и аутора из светске литературе, али је такође применио свој оригиналан начин истраживања, са посебним освртом на начин избора одговарајуће методе испитивања и интерпретацију добијених резултата.

Одлука о спровођењу лабораторијских испитивања применом две различите методе (директно и кружно смицање) омогућила је кандидату да директно упореди добијене параметре и да оцени њихову поузданост и осетљивост. Уочено је да се у апарату за кружно смицање, који омогућава веће деформације, добијају конзистентно ниже вредности резидуалне чврстоће смицања, што је у складу са теоријским поставкама. Овај резултат наглашава значај избора адекватне методе испитивања у зависности од специфичних услова.

Веома значајан аспект истраживања јесте практична применљивост резултата који су приказани у докторској дисертацији, с обзиром да су постављене основе за ефикасније и поузданије пројектовање радних и завршних косина на површинским коповима. Ово омогућава инжењерима геотехнике и рударским инжењерима да ефикасније управљају стабилношћу косина и донесу квалификоване одлуке о најекономичнијим и најбезбеднијим нагибима косина, узимајући у обзир специфичне карактеристике и понашање тла на локацији Дрмно.

Добијени резултати представљају значајну основу за развој поузданих модела за предвиђање понашања косина на површинским коповима. Препоручује се да се будућа истраживања усмере на испитивање утицаја различитих фактора (нпр. минералошког састава, порозности и хемијских својстава тла) на резидуалну чврстоћу смицања. Додатна истраживања су такође неопходна како би се поставили темељи за базу података о параметрима резидуалне чврстоће смицања тла за подручје Републике Србије и за процену применљивости добијених корелација на другим локацијама при пројектовању косина на површинским коповима.

5.5. Очекивана примена резултата у пракси

Одређивање резидуалне чврстоће смицања непродуктивних средина на површинским коповима, којима се бави дисертација, представља актуелан и важан изазов у рударској и грађевинској пракси. Добијени резултати указују на значај начина дефинисања резидуалних параметара чврстоће смицања у анализи стабилности косина, што доприноси рационалнијем избору параметара за пројектовање, ефикасније мере санације клизишта, као и смањењу вероватноће њиховог настанка. Све ово води ка ефикаснијем искоришћавању ресурса и смањењу трошкова рударских операција. Успостављене корелационе зависности могу се користити за брзу процену резидуалне чврстоће смицања што је врло значајно за практичну примену, с обзиром да се геометрије косина на површинским коповима такорећи мењају тренутно.

Поред тога, резултати истраживања могу се искористити за развој и допуну техничких спецификација и стандарда у области геотехнике, нарочито у делу који се односи на пројектовање и анализу радних и завршних косина на површинским коповима као и при санацији клизишта. Уважавање параметара резидуалне чврстоће смицања и њихово прецизније одређивање за потребе прорачуна стабилности косина омогућавају потпунију и реалнију анализу од досадашњих конвенционалних приступа, а све то с циљем да се побољша предвиђање понашања косина и смањи ризик од настанка клизишта на површинским коповима. Значај дисертације је утолико већи што оваква научна истраживања до сада нису извођена у Србији, тако да ће њихови резултати бити врло корисни за домаћу научну и стручну јавност.

5.6.Осврт на коришћену и референтну литературу

Током израде докторске дисертације детаљно су извршени преглед и анализа релевантне литературе. На основу приказаног, одређене су смернице за даља истраживања, која су била предмет ове докторске дисертације.

У списку публикација датом на крају докторске дисертације наведена су 152 литературна навода, од којих највећи број чине радови у међународним часописима, углавном објављених на енглеском и немачком језику. Литература је изабрана са циљем да обухвати све аспекте истраживања, укључујући теоријске основе, методе испитивања и практичне примене.

Преглед литературе је структуриран тако да прати хронологију развоја знања у области резидуалне чврстоће тла. Разматрани су радови који су поставили темеље разумевању понашања тла у резидуалним условима, као и они који су предложили нове методе испитивања. Поред тога, посебна пажња посвећена је домаћој литератури, чиме се обезбеђује релевантност истраживања за локални контекст.

У списку литературе налазе се радови објављени у реномираним међународним часописима као што су Géotechnique, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Engineering Geology и други, као и коришћени важећи стандарди и препоруке релевантних организација. Поред научних радова, анализирани су и технички пројекти и извештаји везани за површински коп Дрмно, чиме је обезбеђена практична перспектива истраживања. На основу начина на који је урађена докторска дисертација, као и из пописа литературе која је коришћена, може се закључити да кандидат добро познаје предметну област истраживања и његово актуелно стање у свету.

6. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Научни допринос докторске дисертације „Резидуална чврстоћа смицања непродуктивних средина са ПК Дрмно“ кандидата Стевана Ћорлука, маст. инж. геологије верификован је објављивањем једног рада у часопису индексираном у SCI листи и публикацијама које су резултат примењених научних метода у истраживањима у току израде докторске дисертације:

Категорија М 22:

1. **Ćorluka, S.,** Rakić, D., Živanović, N., Djoković, K., Đurić, T.: *A Correlation Relating the Residual Strength Parameters to the Proportions of Clay Fractions and Plasticity Characteristics of Overburden Sediments from the Open - Pit Mine Drmno*. Appl. Sci. 2024, 14, 10325. https://doi.org/10.3390/app142210325 (IF_{2023}=2.5)

Такође, током докторских студија, кандидат је резултате свог научноистраживачког рада публиковао у релевантним научним часописима и представио на домаћим и међународним конференцијама. Овим активностима је додатно потврђен и верификован научни допринос кандидата. Сазнања објављена у радовима наведеним у наставку представљају само део целокупног научног опуса кандидата, али су директно или индиректно утицала на квалитет и научну заснованост приказане докторске дисертације.

Категорија М 22:

1. Petković Papalazarou, S., Nešković, J., **Ćorluka, S.**, Polavder, S., Mitrašinović, A., Stjepanović, P.: *The Effects of Wind Velocity on the Binding Properties of Ash, Bottom Ash, and Additives: A Wind Tunnel Study*. Minerals 2024, 14, 809. https://doi.org/10.3390/min14080809 (IF_{2023}=2.2)

Категорија М 23:

2. Živanović N., Rončević V., Spasić M., **Ćorluka S.**, Polovina S.: *Construction and calibration of a portable rain simulator designed for the in situ research of soil resistance to erosion*. Soil & Water Res. 2022., 17: pp. 158–169, https://doi.org/10.17221/148/2021-SWR , ISSN 1805-9384 (On-line) (IF_{2022}=2.3).

Категорија М 33:

3. Čanović V., Čolaković V., Maksimović S., **Ćorluka S.**: *Prikaz radova neophodnih za uspešnu stabilizaciju slabonosećeg tla primenom šipova u cilindrično tkanom geotekstilu*, II Međunarodni simpozijum Rudarstvo i geologija danas, Beograd, 2018., str 211-217, ISBN: 978-86-82673-14-9(РИ), ISSN: CIP55(082)622(082); COBISS.SR-ID270601228.
4. Tričković M., Živanović M., Janković S., **Ćorluka S.**; Hafner Ljubenović T.: *Geotehnički nadzor tokom sanacije flotacijskog jalovišta rudnika antimona „Stolice" nakon pojave klizišta usled obilnih padavina izazvanih ciklonom Tamara*, II Međunarodni simpozijum Rudarstvo i geologija danas, Beograd, 2018., str 188-195, ISBN: 978-86-82673-14-9(РИ), ISSN: CIP55(082)622(082); COBISS.SR-ID270601228.
5. Janković S., Živanović M., Lazić M., **Ćorluka S.**, Hafner Ljubenović T.: *Stabilnost terena u široj zoni desne obale Dunava sa primerom ugroženog vikend objekta kod Slankamena*, II Međunarodni simpozijum Rudarstvo i geologija danas, Beograd, 2018., str 196-201, ISBN: 978-86-82673-14-9(РИ), ISSN: CIP55(082)622(082); COBISS.SR-ID270601228.
6. Živanović N., Rončević V., Čebašek V., Rupar V., **Ćorluka S.**, Polovina S.: Mogućnost primene priručnih aparata za određivanje otpornosti zemljišta na erozione procese šumskih ekosistema, Engineering problems in soft rocks, Proceedings of the 5th Symposium of the Macedonian association for geotechnics, an ISRM SPECIALIZED CONFERENCE, SECOND CONFERENCE OF REGIONAL GEOTECHNICAL SOCIETIES vol.2, Društvo za geotehnika na Makedonija, Ohrid R.N.Macedonia, 2022, pp.829-838,, ISBN:978-9989-2053-5-4.

Категорија М 34:

7. Živanović N., Rončevič V., **Ćorluka S.**, Čebašek V., Rupar V.: Comparison of the Physical Properties of Soils on Transverse Profiles along the Gullies. The 5th WASWAC World Conference ADAPTATION STRATEGIES FOR SOIL AND WATER CONSERVATION IN A CHANGING WORLD 19.–23. 6. 2023 at Palacký University in Olomouc, Czech Republic p. 28-29.
8. Živanović N.; Rončević V.; **Ćorluka S.**; Čebašek V.; Kašanin-Grubin M.; Štrbac S.; Nevena A.: Using portable field rainfall simulator for experimental research of soil resistance. 2nd Rainfall Simulator Workshop Towards harmonisation in the use of rainfall simulators. Book of Abstracts 22-24 May 2023, Coimbra, Portugal. p. 28

Категорија М 52:

9. Cvetković J., Živanović N., Rončević V., Šurjanac N., **Ćorluka S.**: Analiza mogućnosti primene gabionskih zidova za sanaciju klizišta - studija slučaja klizište na putu Stolice - Krupanj na km 0+578,6 - 0+605,90, Erozija Vol.49, str. 42-60 ISSN 0350-9648, Beograd, 2023.

Категорија М 82:

10. Čanović V., Čolaković V., Maksimović S., **Ćorluka S.**: *Razvoj i rešenje inovacione tehnologije stabilizacije zavodnjenih sredina šljunčanim drenovima u cilindrično tkanom geotekstilu sa primenom u rudarstvu i građevinarstvu*, Inovacioni projekat delom finansiran od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, Rudarski institut, Beograd, 2018.

Категорија М 84:

11. Milošević D., Jovanović B., Radosavljević S., Čanović V., **Ćorluka S.**: *Stabilizacija unutrašnjeg odlagališta polja B/C u funkciji odlaganja jalovine sa PK polja E,* Rudarski institut, Beograd, 2022. (Odluka br.TP0309-033/2022, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja).

7. ЗАКЉУЧАК

На основу прегледа докторске дисертације, под насловом: „**РЕЗИДУАЛНА ЧВРСТОЋА СМИЦАЊА НЕПРОДУКТИВНИХ СРЕДИНА СА ПК ДРМНО**“, кандидата Стевана Ћорлуке, маст. инж. геологије, Комисија закључује да дисертација представља савремен и оригинални научни рад. Примењена методологија и добијени резултати потврђују значајан научни допринос у области геотехничког инжењерства. Њен научни допринос огледа се у томе што је кандидат, применом савремених метода које се користе у геотехници, анализирао резидуалну чврстоћу смицања различитим методама испитивања, факторе који утичу на њу и успоставио нове корелације за процену резидуалне чврстоће смицања. Такође, квантитативно је дефинисао утицај примене резултата на стабилност косина.

Кроз анализу добијених резултата, је уочено да се вредности резидуалне чврстоће добијене различитим методама испитивања (директно и кружно смицање) разликују, посебно код глиновитих и прашинастих материјала, што указује на значај избора адекватне методе у зависности од типа тла и проблема који се решава.

Посебан значај посвећен је верификацији резултата, која је изведена кроз анализе стабилности косина на примеру површинског копа Дрмно. Иако су успостављене корелације специфичне за истраживано подручје, оне представљају полазну основу за даља истраживања са циљем утврђивања општих закономерности које важе на различитим геолошким локацијама и у различитим условима експлоатације, а посебно је важно да овај рад представља један од првих покушаја у Републици Србији да се та питања квантитативно анализирају и поставе темељи за будућа истраживања у овој области.

Кандидат је студиозним приступом, почевши од анализе доступне литературе кроз планирање и реализацију лабораторијских истраживања, а посебно тумачењем

добијених резултата, дошао до оригиналних закључака чиме је показао способност за самостални научно-истраживачки рад. На основу приказаних резултата и њихове анализе, може се закључити да је кандидат у потпуности остварио циљеве и претпоставке које су постављене у докторској дисертацији.

Предлог Комисије наставно-научном већу

На основу свега изложеног, сматрамо да докторска дисертација кандидата Стевана Ћорлуке, маст.инж.геол., „**РЕЗИДУАЛНА ЧВРСТОЋА СМИЦАЊА НЕПРОДУКТИВНИХ СРЕДИНА СА ПК ДРМНО**“, представља оригинално научно дело из уже научне области Инжењерска геологија, геомеханика и геотехничко инжењерство.

Предлажемо Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати позитиван Извештај о урађеној докторској дисертацији, као и да кандидата Стевана Ћорлуку, маст. инж. геологије, позове на усмену одбрану пред Комисијом у истом саставу.

У Београду,

10.06.2025. године

Комисија за оцену докторске дисертације:

др Гордана Хаџи-Никовић, редовни професор,

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Ирена Басарић Икодиновић, доцент,

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Ксенија Ђоковић, научни сарадник

Институт за испитивање материјала - ИМС