

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука  
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији  
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

КАНДИДАТ Душан (Милан) Берисављевић, дипл. инж. геологије  
(име, име једног од родитеља и презиме)студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерствопријавио је докторску дисертацију под називом: \_\_\_\_\_  
„ГЕОТЕХНИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ТЛА НА ОСНОВУ ПАРАМЕТАРА ОДРЕЂЕНИХ СЕИЗМИЧКИМ ДИЛАТОМЕТРОМ“из научне области: Рударско инжењерствоУниверзитет је дана 20.10.2014. године својим актом под бр. 61206-4279/2-14 дао сагласност на предлог темедокторске дисертације која је гласила: \_\_\_\_\_  
„ГЕОТЕХНИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ТЛА НА ОСНОВУ ПАРАМЕТАРА ОДРЕЂЕНИХ СЕИЗМИЧКИМ ДИЛАТОМЕТРОМ“Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 27.04.2017. годинеодлуком факултета под бр. 1/66, у саставу:

|                                                                                 | Име и презиме члана комисије            | звање | научна област                                                     | Установа у којој је запослен                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1.                                                                              | <u>др Владимир Чебашек, ванр. проф.</u> |       | Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена        | Рударско-геолошки факултет у Београду               |
| 2.                                                                              | <u>др Небојша Гојковић, ред. проф.</u>  |       | Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена        | Рударско-геолошки факултет у Београду               |
| 3.                                                                              | <u>др Драгослав Ракић, доц.</u>         |       | Механика тла и фундамирање, механика стена и инжењерска геологија | Рударско-геолошки факултет у Београду               |
| 4.                                                                              | <u>др Звонимир Бошковић, доц.</u>       |       | Експлоатација течних и гасовитих минералних сировина              | Универзитет у Бања Луци, Рударски факултет Приједор |
| 5.                                                                              | <u>Др Ненад Шушић, научни саветник</u>  |       | Инжењерска геологија, геомеханика и геотехничко инжењерство       | Институт за испитивање материјала, Београд          |
| <b>Напомена:</b> уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања. |                                         |       |                                                                   |                                                     |

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 21.09.2017. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Полончић

- Прилог:
1. Реферат комисије са предлогом
  2. Акт Наставно-начног већа факултета о усвајању реферата
  3. Примедбе дате у току стављања реферата на увид јавности, уколико је таквих примедби било
  4. Електронска верзија

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 Полочичић, ред. проф.

Доставити:

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

На основу члана 98. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 57. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.09.2017. године, донело је

## О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за израду докторске дисертације **Душана Берисављевића**, дипл. инж. геологије, под насловом *"Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром"*, до завршетка школске 2017/2018. године.

Д Е К А Н

др Душан Полочић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 111. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 57. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.09.2017. године, донело је

## О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Душана Берисављевића**, дипл. инж. геологије, под насловом *"Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром"*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 20.10.2014. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Рад из научног 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. DOI: 10.1016/j.enggeo.2014.07.011 (M21)
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Владимир Чебашек, ванр. проф.; др Небојша Гојковић, ред. проф.; др Драгослав Ракић, доц.; др Звонимир Бошковић, доц. Универзитета у Бањој Луци, Рударски факултет, Приједор; др Ненад Шушић, научни саветник Институт 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 Полончић, ред. проф.

Достављено:

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

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

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

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, број 1/66 од 27.04.2017. године донетој на седници одржаној 27.04.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Душана Берисављевића, дипл. инж. геологије под насловом:

***„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених  
сеизмичким дилатометром“***

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 Душан Берисављевић, дипл. инж. геологије је 2010. 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 14.02.2014. године, констатовано је да је Душан Берисављевић, дипл. инж. геологије пријавио докторску дисертацију под називом ***„Геотехнички параметри тла одређени сеизмичким дилатометром“***, 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 Ненад Шушић, научни саветник (Институт за испитивање материјала а.д., Београд).

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета бр. 1/111 од 28.03.2014. године, донетој на седници одржаној 27.03.2014. године за чланове Комисије за оцену подобности, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата Душана Берисављевића, дипл. инж. геологије, под насловом ***„Геотехнички параметри тла одређени сеизмичким дилатометром“*** 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 Ненад Шушић, научни саветник (Институт за испитивање материјала а.д., Београд).

Комисија у претходно наведеном саставу је сачинила извештај бр. 1/235 од 09.09.2014. године, којим се утврђује да кандидат Душан Берисављевић, дипл. инж. геологије, испуњава Законом предвиђене услове за пријаву докторске дисертације и предлаже да се кандидату одобри израда докторске дисертације под измењеним насловом **„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром“**. За ментора се предлаже доц. др Владимир Чебашек, дипл. инж. рударства. Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета бр. 1/249 од 23.09.2014. године донетој на седници одржаној 18.09.2014. 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. 61206-4279/2-14 којом је дало сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Душана Берисављевића, дипл. инж. геологије, под називом **„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром“**.

Кандидат Душан Берисављевић, дипл. инж. геологије је завршену докторску дисертацију предао Студентској служби Рударско-геолошког факултета 07.04.2017. и истог дана поднео молбу за именовање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације заведену под бр. 1/57 од 07.04.2017. године. Катедра за Механику стена Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета је на основу те молбе својим дописом бр. 1/59 од 10.04.2017. предложила Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да формира комисију у саставу: др Владимир Чебашек, ванредни професор (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 Звонимир Бошковић, доцент (Универзитет у Бања Луци, Рударски факултет, Приједор), др Ненад Шушић, научни саветник (Институт за испитивање материјала а.д., Београд). На седници одржаној 27.04.2017. године, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета донело је одлуку о формирању Комисије у наведеном саставу заведену под бр. 1/66 од 27.04.2017. године.

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

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом **„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром“** 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: 621:621.38, 622:622.33, 624.121.5, 624.131.1:551.2(043.3).

За ментора је именован др Владимир Чебашек, ванредни професор 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

Кандидат Берисављевић Душан рођен је 19. маја 1984. године у Београду. Основну и средњу школу је завршио у Београду. Школске 2003/04. године уписао је Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. Дипломирао је на Геолошком одсеку - смер за геотехнику са темом: *„Геотехнички услови изградње трговинског центра Туш-Меркур у Крагујевцу“* и тиме стекао звање дипломирани инжењер геологије за геотехнику.

Након дипломирања 2009. године запослио се у Институту за испитивање материјала из Београда где добија стипендију за докторске студије, које уписује 2010. године на Рударско-геолошком факултету у Београду на смеру Рударско инжењерство.

Научно звање истраживач сарадник је стекао 2014. године.

Члан је српског и међународног друштва за механику тла и геотехничко инжењерство.

Као млади истраживач запослен у Институт ИМС обавио је неколико специјализација у иностранству и то:

- у Чешкој, специјализацију за употребу опреме и метода за испитивање интегритета шипова,
- у Холандији, обуку за динамичко испитивање шипова,
- у Турској, усавршавање вештина из области примене методе коначних елемената у геотехници,
- у Италији, обуку за коришћење сеизмичког дилатометра,
- у Немачкој, усавршавање знања из области пројектовања шипова.

Признање за увођење у праксу нове испитне опреме и технологије при испитивању шипова – за допринос и ангажовање у пословању Института ИМС додељено му је 2012. године. Био је члан техничког комитета треће међународне конференције „International conference on the flat dilatometer DMT '15“ која је одржана 2015. године.

У периоду од 2011. до 2016. године активно учествује на пројекту који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом: *„Геотехнички аспекти истраживања и развоја савремених технологија грађења и санација депонија комуналног отпада“* - ТР36014.

У досадашњим истраживањима кандидата интересовања су била усмерена ка извођењу теренских метода испитивања тла и интерпретацији њихових резултата, геотехничким прорачунима за потребе плитког и дубоког фундирања. Практично искуство је стекао учествовањем у реализацији бројних инфраструктурних пројеката у Србији и иностранству. Кандидат иза себе има више од 25 публикованих радова на међународним и домаћим конференцијама и часописима.

Од 2016. године запослен је у Саобраћајном институту ЦИП у Заводу за геотехнику.

Ожењен је и има две кћерке.

Докторску дисертацију под називом *„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром“* пријавио је 10.02.2014. године.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Душана Берисављевића под називом „*Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром*“ написана је на 208 једнострано одштампаних страна формата А4, (не рачунајући и 60 стр. текста и графичких прилога у додацима од I до IV) латиничним писмом, на српском језику. Дисертација садржи 136 илустрација (графикана, цртежа или шема) и 21 табелу. Током израде дисертације коришћена је 291 библиографска јединица чији је списак дат на крају дисертације.

Докторска дисертација подељена је на 9 поглавља:

1. Увод,
2. Механички дилатометар,
3. Сеизмички дилатометар (SDMT),
4. Одређивање параметара,
5. Интерпретација резултата,
6. Компарација слегања,
7. Интерпретација SDMT опита у лесу,
8. Закључна разматрања и препоруке,
9. Литература.

На крају дисертације су дата четири додатка (I, II, III и IV)

### 2.2. Кратак приказ појединих поглавља

Тема докторске дисертације је обрађена у оквиру девет поглавља и четири додатка. Прво поглавље поред уводног разматрања и структуре дисертације даје историјски преглед развоја употребе дилатометра у свету и код нас.

Друго поглавље приказује области геотехнике у којима се примењују резултати DMT опита. Сажето су приказане различите врсте плочастих дилатометара које се користе у оквиру геотехничких истраживања. У овом поглављу приказане су и врсте тла које су подобне за испитивање, као и опрема потребна да се изведе опит. На крају поглавља приказан је поступак извођења опита.

У трећем поглављу описан је сеизмички дилатометар, поступак испитивања и опрема која је неопходна за извођење опита. Дате су основе мерења брзине смичућих таласа и фактори који утичу на измерену брзину.

Четврто поглавље приказује поступак за одређивање параметара који се добијају из DMT опита. Приказан је и поступак одређивања прелазних параметара који су својствени искључиво овом опиту.

У петом поглављу приказан је поступак интерпретације резултата у циљу одређивања геотехничких параметара. Извршена је систематизација постојећих корелација за: класификацију тла, запреминску тежину у природном стању влажности, историју оптерећења и збијеност, параметре чврстоће, параметре деформабилности и пенетрационе отпорности које тло пружа при утискивању сечива. Извршена је валидација појединих корелација у односу на референтне лабораторијске резултате, а за тла са одређених локација успостављене су нове корелације.

Поређење измерених и слегања одређених рачунском анализом резултата DMT опита приказано је у шестом поглављу. Компарација слегања је извршена за алувијалне седimente реке Дунав код Београда и Смедерева за силос и танквану.

У седмом поглављу приказана је интерпретација SDMT опита у колапсибилном лесу. Посебна пажња посвећена је: издвајању колапсибилних зона у лесу на основу резултата DMT опита и поређењу лабораторијске величине модула стишљивости и модула стишљивости одређеног из DMT опита.

У завршном осмом поглављу сумирани су резултати истраживања и закључци који су из њих проистекли. Такође су дате и препоруке за даља истраживања. У деветом поглављу дат је списак коришћене литаратуре.

На крају дисертације дата су четири додатка, са описом поступака за: одређивање угла смичуће чврстоће песка, одређивање услова дренирања током извођења опита, одређивање врсте тла и присуства микроструктуре на основу резултата SDMT опита и приказани су резултати изведених DMT и SDMT опита који су коришћени за израду дисертације.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Теренски пенетрациони опити представљају основни вид геотехничког (геомеханичког) истраживања и пројектовања. Њихова економичност, брзина извођења и поузданост су главни разлог њихове широке примене. Тенденција у светској пракси да се једнопараметарски теренски опити (механички CPT и SPT опит) замењују вишепараметарским опитима (SDMT и SCPT-u), од пре пар година узела је маха и код нас. Савремена конструкција SDMT сонде са два интегрисана троосна геофона развијена је 2007. године у Италији. Код нас је почела да се користи 2011. године у академске и истраживачке сврхе.

Мерење брзине смичућих таласа у тлу одавно се користи за потребе сеизмичке рејонизације терена, међутим од недавно је њен значај препознат и код интерпретације резултата пенетрационих опита (SDMT). Савремени приступ интерпретацији SDMT опита и параметара тла који се на основу њега одређују полази од тога да се утврди у којој мери је присутна микроструктура у тлу. Микроструктура, односно процеси који је стварају (цементација, старење-пузање, преконсолидација, па и сукција) модификују тло и мењају његова инжењерска својства (чврстоћу и деформабилност). Корелације између инжењерских својстава тла и пенетрационе отпорности (притисака који се мере у фази извођења SDMT опита) изведена су за млада, нормално консолидована тла, без знатног присуства микроструктуре. Зато, директна примена тих корелација на тло са микроструктуром, може да има за последицу да инжењерска својства одређена из њих буду подцењена (неекономична) или прецењена (на страни несигурности). С друге стране, одређене врсте тла као што су лес и лапоровити седименти, код којих је микроструктура изражена као последица цементације између зрна тла, знатно се другачије понашају у домену малих деформација (оптерећења) када је микроструктура још увек присутна у односу на домен великих деформација након губитка микроструктуре. Утискивање дилатометарског сечива у тло изазива смичуће деформације тла око сечива, а њихова величина зависи од врсте тла која се испитује. То значи да су притисци, који се мере SDMT опитом, одређени у поремећеном (деформисаном) тлу, док с друге стране простирање смичућих таласа од површине терена до сеизмичке сонде, изазива мале смичуће деформације тла, тако да измерене брзине и смичући модули одређени из њих карактеришу тло у интактном стању. Комбиновање параметара одређених

при различитом нивоу смичућих деформација (притисака из DMT и смичућих модула из SDMT опита) нам омогућава да ближе разумемо природу тла које испитујемо.

Одређивање врсте тла (глина, прашина или песак) из SDMT опита има свој практични значај, међутим са академског становишта није у потпуности оправдана. Разлог је то што се постојеће класификације заснивају на физичким карактеристикама тла које се одређују на поремећеним узорцима док се врста тла из SDMT опита одређује на основу механичке реакције тла на утискивање сечива и ширење мембране. Срећна околност је та што механичко понашање тла зависи од његових физичких својстава. Међутим, у тлу са израженом микроструктуром то не мора да буде случај. Колапсибилни лес (околина Београда и АП Војводине) који је представник незасићених, цементираних, прашинастих седимената према SDMT опиту класификује се као растресит песак (грубозрно тло) што имплицира на примену корелација за грубозрна тла (без кохезије) приликом одређивања параметара чврстоће што је у супротности са тренутном инжењерском праксом. Савремени приступ у одређивању врсте тла подразумева да се размотре запреминске промене које настају приликом смицања током утискивања сечива у дренираним условима, односно генерисање порних притисака (негативних или позитивних) у тлу које настаје у условима недренираног смицања. Врста тла одређена на основу понашања у условима смицања узета је у обзир на основу разматрања прелазних параметара који се добијају из опита.

Успостављање корелација између параметара смичуће отпорности песка и пенетрационе отпорности посебно је компликовано с обзиром да је из песка веома тешко узети непоремећен узорак тла за лабораторијска испитивања, а што указује на недостатак референтних испитивања. Из претходно наведених разлога су за упоређивање са постојећим полуемпиријским методама коришћене теоријски одређене вредности смичуће отпорности као референтне. Теоријске вредности одређене су из статичких услова равнотеже сила које делују на сечиво, шипке и проширивач (сонду) применом теорије утискивања клина. За те потребе мерен је укупан притисак (сила) потребан да се утисне сечиво у тло што није уобичајено приликом извођења SDMT опита.

Оригиналноост дисертације се огледа и у томе што је успостављен начин да се утврде колапсибилне зоне макропорозног леса на основу прелазних SDMT параметара.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације, кандидат је прегледао и обрадио велики број референци, углавном објављених на енглеском језику. У припреми текста дисертације коришћено је укупно 291 референци, чији је списак дат на крају дисертације.

Велики број референци (43%) датира из претходних петнаест година, 32% референци датира из претходних десет година, а чак 15% референци је објављено током претходних пет година (2012-2017). Овај показатељ илуструје савременост у приступу интерпретацији и анализи резултата SDMT опита.

Приказана литература обухвата велики број референци које третирају различите области уско повезане са SDMT опитом. Детаљнија анализа основних података који се добијају опитом извршена је прегледом литературе која се односи на истраживачке дилатометре, односно специјално конструисана сечива која имају уграђене додатне сензоре који омогућавају да се мере порни притисци, померања мембране (клипа) у фази експанзије и силе на врху или непосредно изнад сечива.

Велики број аутора истраживао је емпиријске и теоријске зависности између резултата SDMT опита и инжењерских својстава тла. Корелације за песак су углавном успостављене на основу резултата добијених у калибрационој комори и триаксијалним

опитима, а за глину из конвенционалних лабораториских опита. Један део референци односи се на SCPT-у опит који спада у исту групу опита као и SDMT. Наиме, SCPT-у је тренутно најкоришћенији опит и најдетаљније изучен са теоријског аспекта тако да је искуство у интерпретацији и анализи SCPT-у опита помогло код интерпретације SDMT опита. Мали број аутора испитивао је колапсибилни лес DMT опитом док је испитивање SDMT опитом први пут вршено за потребе израде овог доктората.

### 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 су следеће методе истраживања:

1. Метода теоријске анализе је примењена за потребе проучавања досадашњих теоријских сазнања и најновијих резултата везаних за предмет дисертације:
  - методе прикупљања података се пре свега односе на припрему и извођење теренских опита и узимање узорака из истражних јама и бушотина за лабораторијска испитивања,
  - лабораторијска едометарска испитивања узорака леса у природном стању влажности и засићеном стању при чему је засићење вршено за различите величине оптерећења,
  - одређивање минералошког састава узорака тла на основу прелиминарне минералошке анализе и
  - утврђивање садржаја карбоната на језгру истражних бушотина употребом лабораторијских и теренских метода.
2. Обрада и анализа података су обухватили:
  - издвајање поузданих и квалитетних мерења (теренских и лабораторијских) која су коришћена за даљу анализу,
  - поређење и дефинисање зависности између параметара одређених из лабораторијских опита и параметара одређених из резултата SDMT опита,
  - поређење и дефинисање зависности између параметара одређених из вишегодишњег осматрања понашања инжењерских конструкција праћењем слегања и резултата SDMT опита и
  - дигитализација података из литературе и њихова реинтерпретација.
3. Верификација проблема је извршена на основу повратне анализе:
  - у сврху провере параметара деформабилности извршена је повратна анализа дубинских и површинских репера како би се одредиле величине деформација испод објеката,
  - применом методе граничне равнотеже за одређивање теоријског угла смичуће отпорности песка из измерене пенетрационе отпорности и
  - применом опште прихваћених метода лабораторијско-теренских истраживања за потребе утврђивања присуства карбоната у тлу.

За потребе прикупљања, обраде и анализе података и верификације проблема коришћени су следећи програми: Microsoft Excel, SDMT Elab, DMT Settlements, Settle и Digitizeit.

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. DMT опит је применљив за одређивање и дефинисање великог броја релевантних података неопходних за успешно геотехничко (геомеханичко) пројектовање.

Дијаграм за одређивање присуства микроструктуре у тлу и врсте тла изведен је на основу научних чињеница и доказа, при чему је инжењерски оријентисан и тиме лако применљив у пракси.

Показано је да резултати DMT опита могу да се користе за одређивање нивоа подземне воде у грубозрним срединама и релативне водопропусности појединих средина.

Приказане једначине за недренирану чврстоћу и модуле стишљивости тврдых, преконсолидованих глина, изнад нивоа воде одређене су корелацијом са референтним лабораторијским вредностима и као такве могу директно да се примене приликом пројектовања инжењерских конструкција.

Модул стишљивости одређен из DMT опита може да се директно користи за прорачун консолидационог и/или тренутног слегања објеката изведених у крупнозрним срединама.

Показано је да постоји висок ниво повезаности између притисака измерених у опиту и отпора тла на продор сечива, што може да се примени код одређивања теоријске величине угла смичуће отпорности песка и отпора тла на продор конуса.

Показано је да прелазни DMT параметри могу директно да се примене за издвајање колапсибилних зона (хоризоната) у лесу што је посебно значајно приликом прелиминарне фазе истраживања и у ситуацијама у којима је време кључан фактор. Показано је да модули стишљивости одређени из постојећих DMT корелација могу да се примене као улазни подаци за прорачун слегања плитких темеља фундираних на лесу у природном стању влажности.

### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад**

Душан 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 инжењерских објеката од значаја за Републику Србију и регион (изградња "Ветропарка" за производњу електричне енергије у ближој околини насеља Пландиште, одлагалишта површинског копа „Тамнава - источно поље“, монтажног плаца површинског копа "Поље Д" у Зеокама, објеката термоелектрана "Костолац Б", "Костолац А", "Никола Тесла Б" и др.), при чему је имао прилику да се сусретне са различитим практичним и теоријским проблемима. Честа употреба дилатометра у свету и стечена искуства из ове области у последње две деценије навела су кандидата да анализира савремене трендове, али и критички сагледава све аспекте употребе дилатометра у геотехничком инжењерству. Истраживања која су спроведана у пракси уз надоградњу са новостеченим искуством проистеклим из употребе дилатометра последњих пет година у нашој земљи и жељом аутора да резултати нађу практичну примену од стране инжењера геотехнике, су на крају крунисана израдом докторске дисертације. Оправданост оваквог приступа огледа се у чињеници да је кандидат објавио један научни рад као први аутор, који је уско повезан са темом дисертације у водећем међународном часопису. Тај и други 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 чије се представљање научној јавности планира у наредном периоду.

На основу резултата које је постигао током основних и докторских академских студија, као и у свом стручном и досадашњем научном раду, без икакве резерве, може се закључити да Душан 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:

- Изведено је преко 10000 опита (мерења притисака), односно испитано је 2150 м тла. То је први пут да су се DMT и SDMT опити изводили код нас. Стечено је огромно практично искуство, а опит је уведен у нашу геотехничку праксу као стандардни вид истраживања.
- Дат је преглед и систематизација досадашњих истраживања у овој области.
- Предложена је корекција за индекс материјала у случају када су дубине испитивања мање од 2.5 м. Корекција има значај приликом пројектовања темеља малих димензија (нпр. тракасти темељи и темељи самци) где се интеракција објекта и тла дешава у приповршинским деловима терена.
- Приказана је фамилија дијаграма која може да се користи за одређивање присуства микроструктуре у тлу, при чему се у те сврхе користе различити „независни” параметри измерени током извођења SDMT опита.
- Први пут је изведен и интерпретиран SDMT опит у лесу. Показано је да корелације изведене за седиментна тла, које су приказане у постојећој литератури, између DMT параметара и брзине смичућих таласа није оправдано примењивати на резултате добијене у лесу. Ово је битно с обзиром да се на мањим пројектима брзине смичућих таласа не мере већ се одређују применом постојећих корелација. Зато је за лес изведена нова корелација која може да се користи за процену брзине смичућих таласа.
- Закључено је да прелазни параметри имају специфичне вредности у колапсибилном лесу. На основу тога предложен је поступак за издвајање колапсибилних зона макропорозног леса.
- Приказано је да постојеће корелације, које се користе за одређивање модула стишљивости, нису применљиве за све врсте тла. Корелације нису применљиве у тврдој, засићеној глини изнад нивоа воде и у одређеним прашинастим срединама где је опит делимично дрениран.

- Издвојене су границе на дијаграму гранулометријског састава у оквиру којих је DMT опит делимично дрениран.
- Приказан је практичан начин да се утврде услови дренирања који владају током извођења опита.
- Изведене су корелације између дилатометарског опита и статичке пенетрације за грубозрна тла, при чему су утврђене корелације између: отпора тла на продор сечива и отпора тла на продор конуса; индекса хоризонталног напона и отпора тла на продор конуса; ефективног првог читања и силе, мерене на глави пенетрометра, потребне за утискивање сечива.
- Дате су нове и верификоване постојеће зависности између запреминских тежина, параметара историје оптерећења, смичуће отпорности тла.

## 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања којима се бави ова докторска дисертација су конципирана на основу дефинисаних циљева и детаљне анализе литературе из области анализе, интерпретације и примене резултата добијених испитивањем тла механичким и сеизмичким дилатометром. Кандидат је у сагледавању проблематике пришао на један посебан начин. Максимално је уважао искуства истраживача и аутора из развијених земаља, али је такође, применио свој оригиналан начин истраживања.

Ова врста опита се први пут изводи код нас тако да су постојеће и успостављене нове корелације прилагођене тлу са којим се наши инжењери у пракси свакодневно сусрећу.

Додатна испитивања би омогућила да се прошири примена резултата на друге области из рударско-геолошког инжењерства, као што су:

- Изучавање ликвифакције са аспекта SDMT параметара одређених при различитом нивоу смичућих деформација.
- Мерење брзине простирања примарних-лонгитудиналних таласа које би омогућиле да се дефинише дубина до нивоа подземне воде. То је битно код изучавања дубине простирања потенцијално колапсибилних зона леса, нивоа воде у флотацијској јаловини, итд.
- Интерпретација резултата опита у шљунку. Акценат може да буде на мерењу силе потребне да се утисне сечиво у тло уз предлог да се из измерене силе повратном анализом одреди притисак-А.
- Уградња мерних инструмената (мерних трака) изнад сечива ради мерења „стварне” силе која се пренесе са главе пенетрометра на сечиво.
- Интерпретација резултата добијених испитивањем незасићених средина.
- Нумеричка симулација DMT опита.

Веома значајан аспект извршених истраживања јесте практична применљивост резултата који су приказани у докторској дисертацији, обзиром да су постављене основе за употребу SDMT опита у свакодневној пракси.

Резултат дисертације је посебно интересантан за будуће истраживаче јер представља добру основу за додатно изучавање, не само SDMT опита већ и сродних пенетрационих опита као што је нпр. SCPT-и опит.

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 проширити истраживања.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

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

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

##### *Рад у у тематском зборнику водећег међународног значаја (M13)*

1. **Berisavljević D.**, Rakić D., Šušić N., 2015. *SDMT – a Tool for in Situ Identification of Collapsible Soils*. Proc. 3rd Int. Conf. on the Flat Dilatometer DMT '15, Roma, pp 457-463. (M13)

##### *Радови објављени у научним часописима међународног карактера (M20)*

1. Berisavljević Z., **Berisavljević D.**, Rakić D., Hadži-Niković G., Radić Z. *Strength of composite flysch samples under uniaxial compression*. *Bulletin of the engineering geology and the environment*. 2017. In press. DOI 10.1007/s10064-017-1009-4 (M23)
2. Rakić D., Basarić I., Berisavljević Z., **Berisavljević D.** *Geotechnical characteristics of industrial waste slag and sludge from Smederevo steel mill, Serbia*. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 2016. 17 No. 2. pp. 512-522. (M23)
3. 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. DOI 10.1007/s10064-014-0678-5. (M23)
4. 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. DOI: 10.14256/JCE.1030.2014. (M23)
5. **Berisavljević D.**, Berisavljević Z., Čebašek V., Šušić N. *Characterisation of collapsing loess by seismic dilatometer*. *Engineering geology*. 2014. Vol.181. pp. 180-189. DOI: 10.1016/j.enggeo.2014.07.011 (M21)

##### *Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини (M31)*

1. **Berisavljević D.**, Šušić N.: *Static load testing of large diameter piles*. Conference-Contemporary Civil Engineering Practice 2013, Andrevlje, Serbia, 2013, 159–166.

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

1. **Berisavljević D.**, Šušić N., Rakić D., Hadži-Niković G. i Berisavljević Z., 2015. *Određivanje vrste tla i mikrostrukture iz SDMT opita*. Šesto naučno-stručno savetovanje SGIS "Geotehnički aspekti građevinarstva".

2. Z. Berisavljević, D. Rakić, N. Šušić, **D. Berisavljević**. 2015, *Definisanje parametara čvrstoće na smicanje heterogene flišne stenske mase - deo I (inženjersko geološke karakteristike)*. Šesto naučno-stručno savetovanje SGIS "Geotehnički aspekti građevinarstva".
3. Z. Berisavljević, D. Rakić, N. Šušić, **D. Berisavljević**. 2015. *Definisanje parametara čvrstoće na smicanje heterogene flišne stenske mase - deo II (geotehničke karakteristike)*. Šesto naučno-stručno savetovanje SGIS "Geotehnički aspekti građevinarstva".
4. M. Prica, K. Đoković, N. Šušić, **D. Berisavljević**. *Some experience in performing in situ test screw plate load test (SPLT)*. 4th Symposium of Macedonian Association for Geotechnics, Struga, Macedonia, 2014, 217-222.
5. D. Rakić, N. Šušić, I. Basarić, K. Đoković, **D. Berisavljević**. *Load test of large diameter piles for the bridge across Danube river in Belgrade*. XV Danube - European Conference on Geotechnical Engineering (DECGE 2014), Vienna, Austria, 2014, Paper No. 111, 867-872.
6. **Berisavljević D.**, Šušić N.: *Analysis of static load test results*. 8th International Conference Assessment, maintenance and Rehabilitation of Structures and Settlements, Borsko jezero, Serbia, 2013, 585–594.
7. **Berisavljević D.**, Šušić N., Rakić D.: *A note on cpt-dmt correlations in sand*. Conference Geotechnical Society of Bosnia and Herzegovina GEO-EXPO 2013, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 2013, 267-273.
8. Prica M., Đoković K., Šušić N., **Berisavljević D.**: *In situ testing of soils by screw plate load test (splt)*. 5th International Conference – Geotechnics in Civil Engineering, Sokobanja, Serbia, 2013, 191-196.
9. Rakić D., Vojnović B., **Berisavljević D.**, Basarić I.: *Geotechnical conditions of industrial waste landfill construction for U.S. steel Serbia*. In Proc. XV Balkan Mineral Processing Congress, Sozopol, Bulgaria, June 12-16, 2013, pp 1056-1060.
10. Šušić N., **Berisavljević D.**, Hadži-Niković G.: *Evaluating susceptibility of heterogeneous terrain to cyclic liquefaction*. Proceedings of Conference - Third International Conference: *Seismic Engineering and Engineerings Seismology*, str. 77-84, Savez građevinskih inženjera Srbije, Divčibare, 22-24.maj 2012.
11. Hadži-Niković G., Šušić N., **Berisavljević D.**: *Seismic dam's and embankment's slope stability*. Proceedings of Conference - Third International Conference: *Seismic Engineering and Engineerings Seismology*, str. 251-258, Savez građevinskih inženjera Srbije, Divčibare, 22-24.maj 2012.
12. Šušić N., Rakić D., Đoković K., **Berisavljević D.**: *Water evacuation from the "Sarića Osoje" municipal waste landfill of Užice*. 2nd International Symposium on Environmental and Material Flow Management – EMFM 2012, Zenica BiH, Jun, 2012. str. 71-76.
13. **Berisavljević D.**, Šušić N., Laslo Č., Đoković K.: *Numerical analysis of axially loaded pile*. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Scientific Meeting: State and Trends of Civil Engineering GTZ 2012 and 2<sup>nd</sup> Conference GEO-EXPO 2012, Vol.1, pp. 517-524, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, University of Tuzla and geotechnical Society in bosnia and Herzegovina, Tuzla , June 07-09.2012.
14. **Berisavljević D.**, Šušić N.: *Geotechnical field investigations for the new bridge over Danube at beska*. 5th International Conference Science and Higher Education in Function of Sustainable Development SED 2012, 4th-5th October 2012, Uzice, rad 3-7 na CD.
15. **Berisavljević D.**, Šušić N., Čorić S.: *Settlements of shallow foundations based on flat dilatometer test results*. 12th International Scientific Conference iNDiS 2012 - Planning, Design, Construct And Renewal in the Civil Engineering, University of Novi Sad Faculty of

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

1. **Берисављевић Д., Шушић Н.:** *Основе испитивања интегритета шипова с примерима из праксе.* Грађевински материјали и конструкције, бр.1, стр. 55-64.

**Рад у научном часопису (M53)**

1. **Берисављевић Д., Шушић Н.:** *Динамичке методе за испитивање шипова.* Грађевински календар, Савез грађевинских инжењера Србије, бр. 45, стр. 201-245, 2013.

**Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)**

1. Шушић Н., **Берисављевић Д.:** *Динамичко испитивање шипова.* Зборник радова Симпозијума Друштва грађевинских конструктера Србије – ДГКС, стр.309-314, Врњачка Бања, септембар 2012.
2. **Берисављевић Д., Шушић Н., Јока М.:** *Контрола квалитета шипова „сит“ методом-примери из праксе.* Зборник – Пола века на путевима, АД “Нови-Пазар – пут“, Нови Пазар 2012, стр. 257-261.
3. Ракић Д., Војновић Б., **Берисављевић Д.:** *Геотехнички услови изградње постројења за управљање отпадом за потребе U.S.Steel Serbia, 4. Интернационални научно-стручни скуп ГНП 2012 Грађевинарство – Наука и пракса,* Жабљак, 2012. стр. 2117-2124.
4. Шушић Н., **Берисављевић Д., Ракић Д.:** *Неколико примера из праксе контроле квалитета шипова СИТ методом, Зборник радова са четвртог научно-стручног саветовања - Геотехнички аспекти грађевинарства,* Златибор, 2011. стр. 389-394

**Укупно:**

- |                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| – Радови у тематском зборнику водећег међународног значаја (M10): | 1 рад     |
| – Радови у међународним часописима на SCI листи (M20):            | 5 радова  |
| – Радови на међународним научним скуповима (M30):                 | 16 радова |
| – Радови у часописима националног значаја (M50):                  | 2 рада    |
| – Радови на скуповима националног значаја (M63):                  | 4 рада    |

## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација *„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром“* кандидата Душана Берисављевића, дипл. инж. геологије, представља савремен, оригиналан и научно утемељен приступ проблему анализе, интерпретације и примене резултата добијених сеизмичким дилатометром. Резултати и закључци који су засновани на оригиналном методолошком приступу чине ову дисертацију веома актуелном у области механике тла и геотехничког инжењерства.

Резултати приказани у дисертацији омогућавају да се утврди присуство микроструктуре у тлу и узму у обзир запреминске промене у условима дренажног смицања, односно одреди врста тла и параметри потребни за рационално пројектовање инжењерских

конструкција. Ово знатно смањује време потребно да се реализују истраживања терена на свим нивоима пројектовања.

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 Душана 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 *„Геотехничко моделирање тла на основу параметара одређених сеизмичким дилатометром”* кандидата Душана Берисављевић, дипл. инж. геологије прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

## **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

---

**др Владимир Чебашек, ванредни професор**  
**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 Звонимир Бошковић, доцент**  
**Универзитет у Бања Луци, Рударски факултет, Приједор**

---

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