

Образац 3.

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 одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом

прогнозе деформација“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Лука (Рајко) Црногорац, мастер инжењер рударства

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Рударско инжењерство

3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2017.

4. Година уписа на докторске студије:

2017/18.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Раде Токалић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Luka Crnogorac, Rade Tokalić, Zoran Gligorić, Aleksandar Milutinović, Suzana Lutovac and Aleksandar Ganić
Gate Road Support Deformation Forecasting Based on Multivariate Singular Spectrum Analysis and Fuzzy Time Series
Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia
Energies 2021, 14(12), 3710; <https://doi.org/10.3390/en14123710>, ISSN 1996-1073, M22
https://www.mdpi.com/journal/energies/special_issues/Mining_Innovation
2. Milutinović Aleksandar, Ganić Aleksandar, Tokalić Rade
Accuracy assessment of geometrical elements for setting-out in horizontal plane of conveying chambers at the bauxite mine „Kosturi “Srebrenica”
Archives of Mining Sciences 59 , 1 (2014): 93-106, DOI 10.2478/amsc-2014-0007, ISSN 0860-7001 (Online), M23
<http://mining.archives.pl>
3. Vidanović Nebojša, Ognjanović Saša, Ilinčić Nebojša, Ilić Nebojša, Tokalić Rade
Application of unconventional methods of underground premises construction in coal mines
Technics Technologies Education Management / TTEM, 4(6) 2011, 861-865, ISSN 1840-1503, M23
http://www.ttem.ba/pdf/ttem_6_4_web.pdf
4. Suzana Lutovac, Branko Gluščević, Rade Tokalić, Jelena Majstorović and Čedomir Beljić
Models of Determining the Parameters of Rock Mass Oscillation Equation with Experimental and Mass Blastings
Faculty of Mining and Geology, Djušina 7, 11060 Belgrade, Serbia
Minerals 2018, 8(2), 70 DOI: 10.3390/min8020070, ISSN 2075-163X, M22
<https://www.mdpi.com/2075-163X/8/2/70>
5. Suzana Lutovac, Dragan Medenica, Branko Gluščević, Rade Tokalić and Čedomir Beljić
Some Models for Determination of Parameters of the Soil Oscillation Law during Blasting Operations
Faculty of Mining and Geology, Djušina 7, Belgrade 11000, Serbia
Volmont Ltd., Ustanička 128a, Belgrade 11000, Serbia
Energies 2016, 9(8), 617; <https://doi.org/10.3390/en9080617>, ISSN 2075-163X, M21
<https://www.mdpi.com/2075-163X/8/2/70/htm>

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној _____ размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 34. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 25.11.2021. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације **Луке Црногорца, маг. инж. рударства**.
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“*.
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За ментора се именује др Раде Токалић, ред. проф.
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Научна заснованост теме докторске дисертације кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства

Одлуком бр. 1/408 од 27.10.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата **Луке Црногорца, мастер инжењера рударства**, под насловом ***„Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“***.

На основу материјала приложеног уз Пријаву теме докторске дисертације и на основу усмене одбране предложене теме од стране кандидата (записник у прилогу), Комисија доноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографија

Кандидат је рођен 03.06.1993. године у Београду. Основну школу „Светозар Марковић“ у Београду завршио је 2008. године. Исте године уписао је XII Београдску гимназију општи смер, а 2009. године пребацио се на природно-математички смер VIII Београдске гимназије коју је завршио 2012. године.

Исте 2012. године уписао је Рударско – геолошки факултет Универзитета у Београду. Основне академске студије, на студијском програму Рударско инжењерство – модул Подземна градња, завршио је 2016. године, са просечном оценом током студирања 8,14. Завршни рад под називом „Израда истражног ходника ИХ-1 на школском руднику „Црвени брег“ на Авали“ одбранио је 07.07.2016. године са оценом 10. На међународном такмичењу у оквиру „Mining Knowledge Tournament 2016“ у Пољској представљао је Рударско-геолошки факултет. Током основних студија обављао је стручну праксу у предузећу Рудник и флоатација „Рудник“ доо и у Ирану у компанији LECA Co.

Мастер академске студије, на истом факултету, уписао је 2016. године, а завршио 2017. године на студијском програму Рударско инжењерство – модул за Подземну градњу, са просечном оценом током студирања 9,90. Завршни рад под називом „Израда тунела „Вишњица“ са посебним освртом на подграђивање“ одбранио је 25.09.2017. године са оценом 10.

Докторске академске студије на Рударско – геолошком факултету, студијски програм Рударско инжењерство уписао је 2017. године.

Од 01.04.2017. до 01.04.2018. године био је запослен на Катедри за рударске радове и израду подземних просторија Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду у звању сарадника у настави.

Од 01.04.2018. до 28.02.2021. године био је запослен на Катедри за рударске радове и израду подземних просторија Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду у звању асистента.

Од 01.03.2021. године запослен је на Катедри за рударске радове и израду подземних просторија Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду у звању асистента.

Тренутно је уписан на пету годину докторских академских студија. Остварио је 175 ЕСПБ бодова на претходним годинама докторских студија са просечном оценом 9,94.

1.1 Преглед положених испита

Ознака	Назив	ЕСПБ	Оцена
13-3ВКОР	Вишекритеријумско одлучивање у рударском инжењерству	10	10
13-ЗИДД1	Израда докторске дисертације	10	10
13-3НЕЛН	Нелинеарна динамика	10	10
13-ЗИДД2	Израда докторске дисертације	10	10
13-3ОПВС	Одабрана поглавља из вероватноће и статистике	10	9
13-3ПММР	Примена метода меког рачунарства у рударском инжењерству	10	10
2017/2018		60	9,83
13-ЗИДД3	Израда докторске дисертације	10	10
13-3ППИП	Посебна поглавља из израде подземних просторија	10	10
13-3ППСТ	Пројектовање подградних система	10	10
13-ЗИДД4	Израда докторске дисертације	10	10
13-3ПВРО	Просторна визуелизација рударских објеката	10	10
13-3СМАТ	Савремени материјали	10	10
2018/2019		60	10,00
13-3НИР1	Научно-истраживачки рад	5	10
13-ЗИДД5	Израда докторске дисертације	25	10
13-3НИР2	Научно-истраживачки рад	5	10
13-ЗИДД6	Израда докторске дисертације	20	10
2019/2020		55	10,00

1.2 Списак објављених радова

Категорија M10 – Монографије, монографске студије, тематски зборници, лексикографске и картографске публикације међународног значаја

Поглавље у монографијама и тематским зборницима M14

1. COMPOSITE MATERIALS FOR UNDERGROUND CONSTRUCTIONS – **Crnogorac L.**, Tokalić R., Đukanović D., Savić Lj. in Traditions and innovations of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph – Petrosani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2019; pp. 135-151; UDC 622.002; ISBN 978-973-741-692-2

Категорија M20 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја

Рад у истакнутом међународном часопису M22

1. GATE ROAD SUPPORT DEFORMATION FORECASTING BASED ON MULTIVARIATE SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS AND FUZZY TIME SERIES - **Crnogorac, L.**, Tokalić, R., Gligorić, Z., Milutinović, A., Lutovac, S., Ganić, A., *Energies* 2021, 14, 3710. <https://doi.org/10.3390/en14123710>

Категорија M30 – Зборници међународних научних скупова

Саопштење са међународног скупа штампано у целини M33

1. ИЗБОР ОДГОВАРАЈУЋЕ ВРСТЕ ПОДГРАДЕ ЗА УСЛОВЕ РУДНИКА „РЕБЕЉ“ - КОСЈЕРИЋ – **Црногорац Л.**, Митић С. стране 320-333 на VIII Симпозијуму са међународним учешћем „Рударство 2017“ – 16.5-18.5.2017. – Палић; ISBN 978-86-80420-13-4
2. POSSIBILITY OF APPLICATION OF PHYTOREMEDIATION IN MINING – Lekić M., **Crnogorac L.**, Pantelić U., Nikić Z. pp. 355-360, 6TH International Symposium „MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION“ – 21.6-24.6. 2017. – Vrdnik; ISBN 978-86-7352-298-2
3. CONDITION OF SUPPORT SYSTEMS IN GVH-1a VENTILLATION DRIFT IN „JASENOVAC“ MINE – **Crnogorac L.**, Mladenović M., Halilović Dž. pp. 64-70 10th Regional Congress of Students of Geotechnical Sciences „GEOREX“ – 13.07-16.07.2017. – Tuzla; ISSN 1512-7044
4. GEOLOGICAL STORAGE OF CARBON DIOXIDE – Milić S., Jančić N., **Crnogorac L.** pp. 142-147 10th Regional Congress of Students of Geotechnical Sciences „GEOREX“ – 13.07-16.07.2017. – Tuzla; ISSN 1512-7044
5. POSSIBILITY OF APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR STABILITY ASSESMENT OF UNDERGROUND FACILITIES – **Crnogorac L.**, Tokalić R., Nikšić Đ., Jovanović S. pp. 293-300, 7TH International Symposium „MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION“ – 25.9-28.9. 2019. – Vrdnik; ISBN 978-86-7352-354-5
6. EXPERIMENTAL DETERMINATION THE PARAMETERS OF ROCK MASS OSCILLATION EQUATION AT COPPER ORE USING SIMPSON'S RULE – Lutovac S., Gligorić M., Majstorović J., **Crnogorac L.** pp. 17-24, 28TH International Conference Ecological Truth & Environmental Research „EcoTER'20“ – 16.06.-19.06. 2020. – Kladovo; ISBN 978-86-6305-104-1

7. SEISMIC WAVES UNCURRED AS A RESULT OF BLASTING OPERATIONS – Lutovac S., **Crnogorac L.**, Majstorović J., Tokalić R., Virtual International Conference on Science eNergetics2020, Technology and Management in Energy, Serbia, Niš – 14.12.-15.12.2020.
8. SIMPSON'S RULE APPLICATION FOR EXPERIMENTAL DETERMINING THE PARAMETERS OF ROCK MASS OSCILLATION EQUATION AT LIMESTONE – Lutovac S., Gligorić M., Majstorović J., Gluščević B., **Crnogorac L.** pp. 22-28, 8TH International Symposium „MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION“ – 22.09-25.09.2021. – Sokobanja; ISBN 978-86-7352-372-9

Категорија М50 – Радови у часописима националног значаја

Рад у врхунском часопису националног значаја М51

1. MINING ACTIVITIES THROUGH HISTORY AT AVALA LOCALITY – **Crnogorac L.**, Underground Mining Engineering 28, jun, 2016, pp. 61-67; UDK 62; YU ISSN 03542904
2. INJECTION COMPOSITIONS – **Crnogorac L.**, Kubatović A., Underground Mining Engineering 29, decembar, 2016, pp. 55-62; UDK 62; YU ISSN 03542904
3. 3D MODELING OF TERRAIN AND SPATIAL VISUALIZATION OF UNDERGROUND FACILITIES AT THE "CRVENI BREG" MINE – **Crnogorac L.**, Gojković Z., Milutinović A., Ganić A., Tokalić R., Underground Mining Engineering 33, decembar, 2018, pp. 17-30; UDK 62; ISSN 03542904
4. CORRELATION OF UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH WITH THE DYNAMIC ELASTIC MODULUS, P – WAVE VELOCITY AND S – WAVE VELOCITY OF DIFFERENT ROCK TYPES – Majstorović J., Gligorić M., Lutovac S., Negovanović M., **Crnogorac L.**, Underground Mining Engineering 34, jun, 2019, pp. 11-25; UDK 62; ISSN 03542904
5. FUZZY LOGIC MODEL FOR STABILITY ASSESSMENT OF UNDERGROUND FACILITIES – **Crnogorac L.**, Tokalić R., Gutić K., Jovanović S., Đukanović D., Underground Mining Engineering 36, june, 2020, pp. 29-48 UDK 62; ISSN 0354-2904; eISSN 2560-3337
6. APPLICATION OF JKSIMBLAST SOFTWARE IN DRIFTING OPERATIONS – **Crnogorac L.**, Tokalić R., Lutovac S., Gligorić M., Ganić A., Underground Mining Engineering 35, decembar, 2020, pp. 37-48 UDK 62; ISSN 03542904

Категорија М60 – Зборници националних научних скупова

Предавање по позиву са домаћег скупа штампано у целини (неопходно позивно писмо) М61

1. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА И ИЗБОР ОБЛОГЕ ХИДРОТЕХНИЧКОГ ТУНЕЛА „ВЛАДИКИНЕ ПЛОЧЕ“ – **Црногорац Л.**, Токалић Р., стране 28-32 V научно-стручни скуп „Подземна експлоатација минералних сировина 2017“ 8.12.2017. Универзитет у Београд – Рударско – Геолошки факултет, Београд, ISBN: 978-86-7352-302-6

Студије и пројекти

1. Слободан Трајковић; Сања Бајић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ ДЕЈСТВА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИЗВОЂЕЊУ МИНИРАЊА ПО ГЛАВНОМ ГРАЂЕВИНСКОМ ПРОЈЕКТУ НА САНАЦИЈИ НЕСТАБИЛНЕ КОСИНЕ НА СЕВЕРНОЈ ПАДИНИ БРДА ВОЛУЈИЦА У ЛУЦИ БАР, Fluctus 032 Čačak, Чачак, 2019.

2. Слободан Трајковић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКИХ УТИЦАЈА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ У С. ЧИТЛУК КАО ПОСЛЕДИЦА ИЗВОЂЕЊА МИНИРАЊА НА ОТКОПНОМ БЛОКУ Б-4, ЕТАЖА ЕХ-51 РУДНИКА УГЉА „СОКО“, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2019.
3. Слободан Трајковић; Вук Вукашиновић; **Лука Црногорац**; ТЕХНИЧКИ ПРОЈЕКАТ БУШЕЊА И МИНИРАЊА ПРИ ИСКОПУ ТУНЕЛА „ЛАЗ“ – КОД ЛУЧАНА – Рударски институт Београд, Београд, 2019.
4. Слободан Трајковић; Раде Шарац; **Лука Црногорац**; ТЕХНИЧКИ ПРОЈЕКАТ БУШЕЊА И МИНИРАЊА ПРИ ИСКОПУ ТУНЕЛА „МУЊИНО БРДО“ – КОД ЛУЧАНА, Рударски институт Београд, Београд, 2020.
5. Слободан Трајковић; Милица Томковић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ УТИЦАЈА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИСКОПУ СТЕНСКЕ МАСЕ НА ЛЕЖИШТУ „ТАВАНИ-МАРКОВИЋИ“ – С. МРЧИЋИ КОД КОСЈЕРИЋА, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2020.
6. Слободан Трајковић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА УТИЦАЈА МИНИРАЊА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИСКОПУ СТЕНСКЕ МАСЕ НА ПК „ВРХОВИНА“ – КОД УБА, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2020.
7. Слободан Трајковић; Сања Бајић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ ДЕЈСТВА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ КАО ПОСЛЕДИЦА ИЗВОЂЕЊА МИНИРАЊА НА ПК „КОВИЛОВАЧА“ – КОД ДЕСПОТОВЦА, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2020.
8. Слободан Трајковић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ УТИЦАЈА МИНИРАЊА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИСКОПУ СТЕНСКЕ МАСЕ НА ЛОКАЦИЈИ ДЕЛА ТРАСЕ ПУТА ТУТИН – ШАРОЊЕ, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2020.
9. Слободан Трајковић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКИХ УТИЦАЈА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИЗВОЂЕЊУ МИНИРАЊА НА ПК „БАЈЕВАЦ“ – КОД ЛАЛКОВЦА, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2020.
10. Слободан Трајковић; **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКИХ УТИЦАЈА МИНИРАЊА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИСКОПУ СТЕНСКЕ МАСЕ НА ПК „ЗАБРДИЦА“ – КОД ВАЉЕВА, Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2020.
11. Члан тима за израду студије, СТУДИЈА ИЗВОДЉИВОСТИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ ЛЕЖИШТА ЛИТИЈУМА И БОРА ЈАДАР, Универзитет у Београд – Рударско - геолошки факултет, Београд, 2020.
12. Слободан Трајковић, Сања Бајић, **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКИХ УТИЦАЈА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ ПРИ ИЗВОЂЕЊУ МИНИРАЊА НА ПК „ОТИЛОВИЋИ“ – КОД ПЉЕВАЉА, (С) - Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2021.
13. Слободан Трајковић, **Лука Црногорац**; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ ДЕЈСТВА НА ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ У НАСЕЉУ ЈЕЗЕРИНА КАО ПОСЛЕДИЦА ИЗВОЂЕЊА МИНИРАЊА НА ОТКОПИМА РУДНИКА „ЛЕЦЕ“ – МЕДВЕЂА - Fluctus 032 Џаџак, Чачак, 2021.

Техничке контроле

1. Члан тима за техничку контролу пројекта: ГЛАВНИ РУДАРСКИ ПРОЈЕКАТ ОТВАРАЊА ЛЕЖИШТА ЧУКАРУ ПЕКИ – ГОРЊА ЗОНА ДО КОТЕ К-260m, ТЕХНИЧКИ ПРОЈЕКАТ IZRADE PROSTORIJA OTVARANJA, Универзитет у Београд – Рударско - геолошки факултет, Београд, 2020.
2. Члан тима за техничку контролу пројекта: ГЛАВНИ РУДАРСКИ ПРОЈЕКАТ ЈАМСКОГ МАГАЦИНА ЕКСПЛОЗИВА И СРЕДСТАВА ЗА ИНИЦИРАЊЕ У РУДНИКУ БАКРА

„ЧУКАРУ ПЕКИ“ БОР, Универзитет у Београд – Рударско - геолошки факултет, Београд, 2020.

3. Члан тима за техничку контролу пројекта: ГЛАВНИ РУДАРСКИ ПРОЈЕКАТ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ РУДЕ ИЗ ЛЕЖИШТА БАКРА И ЗЛАТА ЧУКАРУ ПЕКИ – ГОРЊА ЗОНА, Универзитет у Београд – Рударско - геолошки факултет, Београд, 2021.
4. Члан тима за техничку контролу пројекта: ДОПУНСКИ РУДАРСКИ ПРОЈЕКАТ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ РЕЗЕРВИ УГЉА ИЗМЕЂУ ПРОСТОРИЈА ОХ-800, ТН-1 И РАСЕДА Р-8 У ДЕЛУ ЛЕЖИШТА БЛОКОВА БРОЈ 8А, 9А И 10 ЦЕНТРАЛНОГ ПОЉА У ЈАМИ РУДНИКА „ШТАВАЉ“, Универзитет у Београд – Рударско - геолошки факултет, Београд, 2021.
5. Члан тима за техничку контролу пројекта: ДОПУНСКИ РУДАРСКИ ПРОЈЕКАТ ИЗВЕДЕНОГ СТАЊА ОБЈЕКТА ОТВАРАЊА ЛЕЖИШТА ЧУКАРУ ПЕКИ – ГОРЊА ЗОНА ДО КОТЕ К-260, Универзитет у Београд – Рударско - геолошки факултет, Београд, 2021.

2. Предмет и циљ дисертације

2.1 Предмет истраживања

Стабилност подземних просторија је од кључног значаја за експлоатациони век подземне просторије. Дуготрајност и стабилност подземних инфраструктурних објеката решава са уградњом висококвалитетне, чврсте и дуготрајне подградне конструкције. Специфичност израде јамских просторија и динамичност процеса експлоатације, у рудницима са подземном експлоатацијом, могу условити да улагања у подграђивање буду значајна компонента у целокупној цени добијања руде. При томе се тежи да се трошкови израде подземних просторија (и подграђивања) сведу на минимум, а да се радови на санацији (реконструкцији, перманизација) подземних просторија избегну. Често се у пракси у нашим рудницима догађа да је санација просторија неопходна јер долази до смањења попречног пресека подземних просторија што може да угрози пројектовани начин експлоатације подземних просторија. Овај проблем углавном настаје услед недовољног познавања радне средине током пројектовања подграде. Неодређеност параметара радне средине настаје као последица истражних радова који подухватају податке макролокације.

Када говоримо о рудницима у Србији, мора се узети у обзир степен механизованости процеса израде подземних просторија и експлоатације лежишта, који је и даље на ниском нивоу у односу на европске и светске трендове. Низак степен механизованости са собом повлачи и већи број застоја у раду, продужавајући на тај начин време израде подземне просторије. Застоји у раду за последицу имају одлагање почетка употребе и продужење века трајања просторија неопходних за функционисање подземног рудника као интегрисаног система јамских просторија. Низак степен механизованости условљава повећање трајања технолошких операција током откопавања, што за последицу има дужу изложеност просторија подземним притисцима у непосредној близини откопа.

Осим тога, неусклађеност динамике израде просторија и процеса откопавања са оптималним временом уградње подграде, може довести до развоја већих оптерећења из стенског масива и настанка већих деформација подграде. Дужи експлоатациони век просторија повећава могућности појаве израженијих деформација подградних система и повећање обима радова на санацији подземних просторија, што доводи до продужења времена трајања и повећања финансијских трошкова експлоатације.

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је дефинисање модела за прогнозу деформација јамских просторија у жељеном временском периоду заснованог на малом броју улазних података добијених претходним праћењем стања јамске просторије током одређеног временског периода.

2.2 Циљ истраживања

Узимајући у обзир досадашња истраживања у области стабилности и функционалности подземних просторија уочена је потреба за честом санацијом просторија, нарочито у рудницима угља у Србији. Предмет тих истраживања углавном је била техно-економска оптимизација процеса израде и начина подграђивања просторија, али без предлога за дефинисање временских интервала у којима ће доћи до смањења димензија просторија испод законски регулисаних вредности.

Природу стенског масива одликује променљивост особина и на релативно малом простору. Као последица овога често се јављају непредвиђене деформације.

Непредвиђене деформације, као последицу имају потребу за санацијом и/или заменом типа подграде, што условљава повећани обим радова, ангажовање додатне радне снаге, финансијских средстава и непланиране застоје у процесу експлоатације.

На основу наведених чињеница развила се идеја за дефинисањем ефикасног начина прогнозе стања јамских просторија у функцији времена. Истраживања су базирана на дефинисању методологије, која ће помоћи да на основу праћења деформација у одређеним временским интервалима на подградној конструкцији, прогнозирамо будућа стања и оценимо ефикасност постојећег подградног система. На тај начин омогућило би се планирање евентуалних радова на санацији и одржавање стабилности просторија у циљу неометаног функционисања производног подземног система.

Применом савремерних мерних инструмената велике прецизности (3-Д ласерског скенера) могу се прикупити квалитетни подаци неопходни за даљу анализу. Вишечаналном сингуларном спектралном анализом могуће је описати механизам реализованих деформација, а потом извршити прогнозу будућих стања јамске или било које друге подземне просторије. Применом фази временских серија, могуће је извршити класификацију података о деформацијама подземних просторија у више независних група, са освртом на магнитуду интензитета деформација. Овим приступом повећава се флексибилност у процесу доношења одлуке о замени или начину санације деформисане подграде.

Циљ предложене докторске дисертације је да се рударским инжењерима пружи примењив модел на основу кога је могуће планирање одржавања подграде подземних просторија. Планирање активности попут индетификације стања подграде у будућности, времена реконструкције и избора одговарајуће врсте подграде, може утицати на смањење трошкова израде и одржавања подземних просторија, цене откопавања минералне сировине и смањења застоја у раду, а пре свега и до повећања сигурности и хуманизације рада.

3. Полазне хипотезе

Рударски радови се изводе у циљу израде просторија или откопавања корисне минералне сировине. Како се откоп приближава ходнику, вредност подземног притиска се повећава.

Динамичко понашање подграде је изазвано подземним притиском, који се јавља у непосредном окружењу ходника и изазива деформације подграде. Ова оптерећења су дефинисана променом интензитета подземног притиска проузрокованог рударским радовима.

Праћење и описивање деформација подграде подземне просторије је сложен процес. Овом проблематиком се бавило много истраживача, па постоји пуно различитих приступа који се користе за прогнозирање будућег стања подграде, односно контура подземних просторија.

Основна полазна хипотеза за предлог истраживања у оквиру ове докторске дисертације је чињеница да динамика деформација подграде подземних просторија представља проучавање утицаја временског фактора на интензитет динамичких оптерећења и одговора подградне конструкције. У овом истраживању разматра се временска зависност деформација у вертикалном попречном пресеку.

Подграда у вертикалном попречном пресеку има две димензије - горњу и доњу ивицу подградне конструкције. Изједначењем горње и доње ивице подградне конструкције могуће је извршити трансформацију површине попречног пресека подграде у једну линију. Свођење дводимензионалне подграде на вештачку једnodимензионалну подграду олакшава формирање модела без губитка генералности.

На основу праћења реалних деформација може се успоставити модел који ће прогнозировать будућа стања деформација са прихватљивим степеном сигурности.

Развој модела се у првој фази презентује у општем теоријском начину, а затим се формулише за специфичан случај у прецизној математичкој форми.

Основне претпоставке су:

- могућност свођења реалне дводимензионалне подграде на вештачку једnodимензионалну подграду (линију) у датом попречном пресеку,
- почетна конфигурација подграде је недеформисана и позната (извршено је снимање и дефинисање референтног координатног система),
- подграда је подељена у коначни број сегмената са тачно дефинисаним позицијама маркера,
- свако померање тачке подграде (сваког маркера) у потпуности је дефинисано временски зависном функцијом мапирања,
- праћење померања маркера могуће је извршити у истим временским интервалима,
- могућност третирања добијених резултата као вишеканалне временске серије,
- могућност прогнозе померања применом одговарајуће методологије,
- ефикасност производње рудника са подземном експлоатацијом директно је зависна од функционалности подземних просторија,

- могућност праћења и прогнозе деформација је кључна за одржање стабилности подземне просторије,
- постајање оптималног плана одржавања стабилности и функционалности јамских просторија.

4. Научне методе истраживања

Истраживање у предложеној докторској дисертацији обухвата примену следећих метода:

1. Прикупљање података прецизном и ефикасном методом мерења применом инструмената попут 3-Д ласерског скенера или тоталне станице,
2. Вишечанална сингуларна спектрална анализа,
3. Декомпозиција сингуларне вредности,
4. Теорија фази скупова,
5. Фази временске серије за дефинисање кластер алгоритма,
6. Дефинисање интервала деформација фази троугластим бројевима,
7. Методе анализе и синтезе,
8. Математичко моделирање.

5. Очекивани допринос

Допринос истраживања је примена модела за прогнозу деформација подземних просторија, што би омогућило ефикасно планирање процеса одржавања и евентуалне санације (реконструкције) подземних просторија. Превентивним деловањем на очувању функционалности јамских просторија постиже се побољшање ефикасности целокупног система подземне експлоатације минералних сировина. Примена развијеног модела, поред доказане могућности праћења деформација јамских просторија, може се користити и приликом прогнозе деформација тунела, подземних гаража, подземних складишта и магацина, колектора, цевовода, гасовода, зграда, мостова и у осталим случајевима.

Корисници резултата овог истраживања биће пре свега техничко-надзорно особље у рудницама са подземном експлоатацијом на територији Републике Србије, као и грађевинске фирме на пројектима израде тунела. Развијени модел рударским инжењерима помаже у прогнози стања јамских просторија у будућности, доношењу одлука да ли и у ком временском периоду треба вршити санацију јамских просторија, што даје могућност дугорочног планирања радова на санацији. Осим тога модел може указати и на потребу за променом врсте и типа подградне конструкције.

Уштеде у времену (смањењу застоја) и финансијама, које ће се остварити у нашим рудницама применом резултата добијених истраживањима у оквиру ове докторске дисертације, јасно указују на њену научну и практичну оправданост.

Развијени модел може бити основа за даља истраживања у области подграђивања подземних просторија. На основу добијених резултата може се формирати база података која би се користила приликом пројектовања подземних рудника са сличним карактеристикама радне средине.

6. План истраживања и структура рада

Докторску дисертацију, поред општих саставних елемената, као што су резиме на српском и енглеском језику, кључне речи, предговор, садржај, списак скраћеница, слика, табела и литературе, чиниле би и следеће структурне целине:

1. Увод-предмет истраживања и теоријски оквир,
2. Приказ облика, димензија и подграде подземних просторија,
3. Стабилност и динамика деформација контура подземних просторија,
4. Теоријске основе рударских мерења у подземној експлоатацији,
5. Теоријске основе вишеканалне сингуларне спектралне анализе,
6. Теоријске основе фази скупова и фази програмирање,
7. Модел за прогнозу деформација подграде подземних просторија,
8. Нумерички пример,
9. Резултати, коментари и препорука за даљи рад и
10. Закључак.

6.1. Литература релевантна за предмет истраживања

1. Xu, D.P.; Feng, X.T.; Cui, Y.J.; Jiang, Q. Use of the equivalent continuum approach to model the behaviour of a rock mass containing an interlayer shear weakness zone in an underground cavern excavation. *Tunn. Undergr. Space Technol.* **2015**, *47*, 35–51, doi:10.1016/j.tust.2014.12.006
2. Armaghani, D.J.; Mohamad, E.T.; Hajihassani, M.; Yagiz, S.; Motaghedi, H. Application of several non-linear prediction tools for estimating uniaxial compressive strength of granitic rocks and comparison of their performances. *Eng. Comput.* **2016**, *32*, 189–206, doi:10.1007/s00366-015-0410-5
3. Xiong, X. Research on Grey System Model and its Application on Displacement Prediction in Tunnel Surrounding Rock. *Open Mech. Eng. J.* **2014**, *8*, 514–518, doi:10.2174/1874155x01408010514
4. Tang, P. Forecast the Working Face Underground Pressure Using Grey Model Improved by the Genetic Algorithm. *Electron. J. Geotech. Eng.* **2011**, *16*, 1215–1226
5. Yu, S.; Hongzhen, Z.; Yanna, C. Application of GRNN in Time Series Prediction for Deformation of Surrounding Rocks in Soft Rock Roadway. In Proceedings of the 2011 Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Shenzhen, China, 28–29 March 2011; Volume 1, pp. 63–66
6. Chen, H.; Wang, R. Artificial Neural Network's Application in Intelligent Displacement Back Analysis of Deep Mine Roadway Surrounding Rock. In Proceedings of the 2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Changsha, China, 11–12 May 2010; Volume 1, pp. 808–811
7. Bozzano, F.; Mazzanti, P.; Prestininzi, A. Supporting Tunnelling Excavation of an Unstable Slope by Long term Displacement Monitoring. In Proceedings of the International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Chicago, IL, USA, 29 April–4 May 2013; p. 42
8. Zhang, Q.; Li, S.C.; Li, L.P.; Zhang, Q.Q.; Shi, S.S.; Song, S.G. Numerical Analysis of Advanced Displacement in Construction Progress of Tunnel Excavation with Weak Surrounding Rock. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* **2013**, *6*, 1497–1503, doi:10.19026/rjaset.6.3979
9. Grossauer, K.; Leitner, R.; Schubert, W.; Sellner, P. Prediction of subsidence during tunnel construction. In Underground Space—The 4th Dimension of Metropolises, Proceedings of the 33rd ITA-AITES World Tunnel Congress, Prague, Czech Republic, 5–10 May 2007; Barták, J., Hrdina, I., Romancov, G., Zlámál, J., Eds.; Taylor & Francis Group: London, UK, 2007; pp. 857–862
10. Merlini, D.; Falanesca, M. Ceneri Base Tunnel advancement in difficult rock conditions: Tunnel design and construction optimization through back-analysis of the geomechanical parameters. In

- Proceedings of the World Tunnel Congress 2013 Geneva Underground—The Way to the Future, 31 May–7 June 2013, Geneva, Switzerland; Anagnostou, G., Ehrbar, H., Eds.; Taylor & Francis Group: London, UK, 2013; pp. 1722–1729
11. Yao, B.Z.; Yang, C.Y.; Yao, J.B.; Sun J. Tunnel Surrounding Rock Displacement Prediction Using Support Vector Machine. *Int. J. Comput. Intell. Syst.* **2010**, *3*, 843–852
 12. Harris, T.J.; Yuan, H. Filtering and frequency interpretations of Singular Spectrum Analysis. *Phys. D* **2010**, *239*, 1958–1967, doi: 10.1016/j.physd.2010.07.005
 13. Hassani, H.; Zhigljavsky, A. Singular Spectrum Analysis: Methodology and Application to Economics Data. *J. Syst. Sci. Complex.* **2009**, *22*, 372–394, doi:10.1007/s11424-009-9171-9
 14. Hassani, H.; Mahmoudvand, R. Multivariate Singular Spectrum Analysis: A General View and New Vector Forecasting Approach. *Int. J. Energy Stat.* **2013**, *1*, 55–83
 15. Kalantari, M.; Hassani, H. Automatic Grouping in Singular Spectrum Analysis. *Forecasting* **2019**, *1*, 189–204, doi:10.3390/forecast1010013
 16. Hassani, H.; Yeganegi, M.R.; Silva, E.S. A New Signal Processing Approach for Discrimination of EEG Recordings. *Stats* **2018**, *1*, 155–168, doi:10.3390/stats101001
 17. Song, Q.; Chissom, B.S. Fuzzy time series and its models. *Fuzzy Sets Syst.* **1993**, *54*, 269–277, doi:10.1016/0165-0114(93)90372-o
 18. Zadeh, L.A. Fuzzy sets. *Inform. Control* **1965**, *8*, 338–353, doi:10.1016/s0019-9958(65)90241-x
 19. Zadeh, L.A. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. In *Learning Systems and Intelligent Robots*; Fu K.S., Tou J.T., Eds.; Springer: Boston, MA, USA, 1974, doi:10.1007/978-1-4684-2106-4_1
 20. Huarng, K.H.; Hui, T.; Yu, K. Modelling fuzzy time series with multiple observations. *Int. J. Innov. Comput. Inf. Control* **2012**, *8*, 7415–7426
 21. Chen, S.M. Forecasting enrolments based on fuzzy time series. *Fuzzy Sets Syst.* **1996**, *81*, 311–319, doi:10.1016/0165-0114(95)00220-0
 22. Liang, C.T.; Hsue, C.C.; Ching, C.Y. Using Extracted Fuzzy Rules Based on Multi-Technical Indicators for Forecasting TAIEX. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI'10), Las Vegas, NV, USA, 12–15 July **2010**; pp. 30–34
 23. Su, C.H.; Chen, T.L.; Cheng, C.H.; Chen, Y.C. Forecasting the Stock Market with Linguistic Rules Generated from Minimize Entropy Principle and the Cumulative Probability Distribution Approaches. *Entropy* **2010**, *12*, 2397–2417, doi:10.3390/e12122397
 24. Kaufmann, A.; Gupta, M.M. Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications; Van Nostrand Reinhold: New York, NY, USA, **1985**.
 25. Vujić, S.; Miljanović I. *Fazi logika u rudarstvu*; Akademija inženjerskih nauka Srbija i Rudarski institut d.o.o. Beograd, Beograd, Srbija, **2013**.
 26. Douglas C., Montgomery; Cheryl L., Jennings; Kulachi, Murat. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, John Wiley & Sons. Inc. Hoboken. New Jersey, USA, **2008**.
 27. Bošnjak, I.; Metoda prognoziranja analizom vremenskih serija (I), EKONOMSKI VJESNIK, 2 (1): 141-146, Sveučilište u Osijeku, Osijek, SR Hrvatska, SFR Jugoslavija, **1989**.
 28. James D., Hamilton. *Time Series Analasys*, Princenton University Press, New Jersey, USA, **1994**.
 29. Zlatko, J., Kovačić. *Analiza vremenskih serija*, Ekonomski fakultet – Univerzitet u Beogradu, Beograd, **1995**.
 30. Milan S., Stojković, *Dugoročne promene u stohastičkoj strukturi hidroloških vremenskih serija*, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet, Beograd, **2015**.
 31. Antunović K. M., *Opšti rudarski radovi*, Građevinska knjiga, Beograd, **1973**.
 32. Jovanović, P., *Izrada jamskih prostorija*, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, **1990**.
 33. Jovanović, P., *Dimenzionisanje jamskih prostorija*, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, **1983**.
 34. Jovanović, P., *Projektovanje i proračun podgrade horizontalnih rudarskih prostorija*, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, **1994**.
 35. Ganić, A., *Geodezija sa rudarskim merenjima*, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, **2011**.
 36. Kuzmanović, D.; Sedmak, A.; Nikolić, D.; Obradović, I.; Lazarević, M.; Mladenović, N. *Matematička fizika*, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, **2021**.

37. Gligorić, Z.; Ganić, A.; Tokalić, R.; Milutinović, A.; Optimisation of underground mine decline development system using genetic algorithm, *Underground mining engineering*, 25, pp. 33-40, **2014**, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Belgrade
38. Tokalić, R. (2008) Modeliranje kriterijuma za izbor racionalne tehnologije izrade podzemnih prostoriya, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, **2008**.
39. Dunn, M.; Reid, P.; Malos, J. Development of a Protective Enclosure for Remote Sensing Applications—Case Study: Laser Scanning in Underground Coal Mines. *Resources* **2020**, 9, 56. <https://doi.org/10.3390/resources9050056>
40. Ganić, A.; Milutinović, A.; Tokalić, R.; Ognjanović, S. Measuring methods for cross sections of underground mine chambers, *Underground mining engineering*, 19, pp. 101-108, **2011**, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Belgrade
41. Kajzar, V.; Kukutsch, R.; Herikdiva, N. VERIFYING THE POSSIBILITIES OF USING A 3D LASER SCANNER IN THE MINING UNDERGROUND, *Acta Geodyn. Geomater.*, Vol. 12, No. 1 (177), 51–58, **2015**.
42. Feng, Q.: **2012**, Practical application of 3D laser scanning techniques to underground projects. ISRM-Swedish national task A survey of 3d laser scanning techniques for application to rock mechanic. BeFo Report, 114, Stockholm, 67 pp.

7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве Луке Црногорца, мастер инжењера рударства, Комисија закључује да је предложена тема актуелна и погодна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Узимајући у обзир наведено, Комисија предлаже Наставно – научном већу Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду да кандидату Луки Црногорцу, мастер инжењеру рударства, одобри израду докторске дисертације под називом „СТРАТЕШКО ПЛАНИРАЊЕ ФУНКЦИОНАЛНОСТИ ПОДЗЕМНИХ ПРОСТОРИЈА МОДЕЛОМ ПРОГНОЗЕ ДЕФОРМАЦИЈА“ у научној области Рударство, ужа научна област Рударски радови, израда подземних просторија и рударски материјали, за коју је Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације предлаже се др Раде Токалић, редовни професор на Катедри за рударске радове и израду подземних просторија, Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, који испуњава све законске услове за менторство на изради докторске дисертације.

У Београду, 04.11.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Раде Токалић
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки
факултет

Проф. др Сузана Лутовац
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки
факултет

Доц. др Милош Глигорић
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки
факултет

Проф. др Милош Миленковић
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет