

Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: др Дејан Стевановић, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Звање: Ванредни професор

Списак радова:

1. Nasirinezhad, A.; **Stevanovic, D.**; Krzanovic, D.; Rahmanpour, M. Model for Optimizing Waste-Haulage Systems in Open-Pit Mines (Trucks vs. IPCC System). *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 13148. (M22) IF=2.5,
<https://doi.org/10.3390/app152413148>
2. Markovic, P.; **Stevanovic, D.**; Kolonja, B.; Slavkovic, D.; Krzanovic, D. A Hybrid Model for Risk-Based Strategic Planning in Open-Pit Mining: Integrating Deterministic, Stochastic, and ISO 31000 Approaches. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 2500. (M22) IF=2.5
<https://doi.org/10.3390/app15052500>
3. Miodrag Čelebić, Dragoljub Bajić, Sanja Bajić, Mirjana Banković, Duško Torbica, Aleksej Milošević, **Dejan Stevanović**. Development of an integrated model for open-pit-mine discontinuous haulage system optimization. *Sustainability*, MDPI (2024). M22, IF 3,3
<https://doi.org/10.3390/su16083156>
4. Aleksandar Doderovic, Svetozar-Milan Doderovic, Sasa Stepanovic, Mirjana Banković, & **Dejan Stevanović**, (2023). Hybrid Model for Optimisation of Waste Dump Design and Site Selection in Open Pit Mining. [MDPI AG]. *Minerals*, 13(11), 1401–1401. (M22) IF=2.5,
<https://doi.org/10.3390/min13111401>
5. Banković, M., **Stevanović, D.**, Pešić-Georgiadis, M., Tomašević, A., & Kolonja, L. (2018). Improving efficiency of thermal power plants through mine coal quality planning and control [Vinča Institute of Nuclear Sciences]. *Thermal Science*, 22(1 Part B), 721–733. (M22) IF= 1.541,
<https://doi.org/10.2298/tsci170605209b>

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: др Даниел Кржановић, Институт за рударство и металургију, Бор

Звање: Виши научни сарадник

Списак радова:

1. Nasirinezhad, A.; Stevanovic, D.; **Krzanovic, D.**; Rahmanpour, M. Model for Optimizing Waste-Haulage Systems in Open-Pit Mines (Trucks vs. IPCC System). *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 13148. (M22) IF=2.5.
<https://doi.org/10.3390/app152413148>
2. Markovic, P.; Stevanovic, D.; Kolonja, B.; Slavkovic, D.; **Krzanovic, D.** A Hybrid Model for Risk-Based Strategic Planning in Open-Pit Mining: Integrating Deterministic, Stochastic, and ISO 31000 Approaches. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 2500. (M22) IF=2.5
<https://doi.org/10.3390/app15052500>
3. Ivana Jovanović, Fardis Nakhaei, **Daniel Kržanović**, Vesna Conić and Daniela Urošević, Comparison of Fuzzy and Neural Network Computing Techniques for Performance Prediction of an Industrial Copper Flotation Circuit, *Minerals* 2022, 12 (12), 1493. (M21) IF=2.5
<https://doi.org/10.3390/min12121493>
4. Nenad Vušović, Milica Vlahović, **Daniel Kržanović**, Stochastic method for prediction of subsidence due to the underground coal mining integrated with GIS, a case study in Serbia, *Environmental Earth Sciences*, volume 80 (2), Article number: 67 (2021), doi: 10.1007/s12665-020-09349-w. (M22) IF=3.119
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-020-09349-w>
5. Radu L. Sumalan, Cornelia Muntean, Ana Kostov, **Daniel Krzanovic**, Noemi L. Jucsor, Sorin I. Ciulca, Renata M. Sumalan, Marius Gheju, Mariana Cernicova-Buca, The cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) - a viable solution for bioremediating soils polluted with heavy metals, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, Volume 48 (4), 2020, doi: 10.15835/48412160). (M22) IF=1.444
<https://www.notulaebotanicae.ro/index.php/nbha>

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 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 26.12.2024. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев за **Ali Nasirinezhad**, на докторским студијама на студијском програму Рударско инжењерство у школској 2024/2025. години, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Александар Цвјетић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 23.10.2025. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев за кандидата **Ali Nasirinezhad, магст. инж. рударства**, на докторским студијама на студијском програму Рударско инжењерство у школској 2025/2026. години, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Александар Цвјетић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

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 29.01.2026. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Ali Nasirinezhad, магст. инж. рударства.**
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Развој модела за дугорочно планирање система експлоатације јаловине на површинским коповима“.*
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За менторе се именује др Дејан Стевановић, ванр. проф. и др Даниел Кржановић, виши научни сарадник Института за рударство и металургију Бор.
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

П р е д с е д а в а ј у ћ и
Наставно-научног већа факултета

Проф. др Бранко Глушчевић, продекан

Достављено:

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Ali Nasirinezhad, мастер инжењера рударства.

Одлуком Наставно-научног Већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду бр. 1/387 од 01.12.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Ali Nasirinezhad, мастер инжењер рударства, под називом: „Развој модела за дугорочно планирање система експлоатације јаловине на површинским коповима“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, на основу спроведене одбране предложене теме која је организована 22.11.2025. године у 12:00 сати, као и на основу Записника о одбрани, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Општи биографски подаци

Ali Nasirinezhad, мастер инжењера рударства рођен је 31. августа 1976. године у Neyriz, Исламска Република Иран. Завршио је основно образовање у школи Saeidi, средњу школу у Valiasr и гимназију у Shahid-Behesti, смер математика и физика, све у Neyriz, Иран.

Након завршетка средње школе, примљен је 23. септембра 1995. године, на програм рударског инжењерства на Међународном универзитету Imam Khomeini International University in Qazvin, (Qazvin, Исламска Република Иран). На споменутом универзитету је дипломирао у јуну 2000. године.

Након основних студија, примљен је на мастер програм рударског инжењерства на Универзитету Shahid Bahonar University of Kerman (Карман, Иран) у септембру 2000. године. Предвиђени програм мастер студија завршио је у септембру 2003. године. Завршна тема мастер рада, била је "Контролисано минирање у руднику гвожђа Gol-E-Gohar" под менторством проф. др Kourosh Shahriar and проф. др Hamid Mansoori.

У октобру 2018. године уписао је докторске студије и то студијски програм Рударско инжењерство на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. Тренутно је у осмој години студија у истом програму. Током овог периода, успешно је завршио све потребне предмете, са просечном оценом 10 (укупно 16 предмета, остварено 175 ЕСПБ).

Списак положених испита на докторским студијама

Бр.	Ознака	Назив испита	Оцена	ЕСПБ бодови
1.	13-ЗИДД1	Израда докторске дисертације	10	10
2.	13-ЗИДД2	Израда докторске дисертације	10	10
3.	13-ЗПМАН	Примена метода анализе нелинеарних временских серија у инжењерству	10	10
4.	13-ЗФУГМ	Фрактали у геомеханици	10	10
5.	13-ЗГГИС	Геостатистика и геоинформациони системи	10	10
6.	13-ЗИНФС	Информациони системи	10	10
7.	13-ЗОПЛК	Планирање и оптимизација површинских копова	10	10
8.	13-ЗОСПЕ	Оптимизација система површинске експлоатације	10	10
9.	13-ЗИДД4	Израда докторске дисертације	10	10
10.	13-ЗМИРМ	Методе избора рударских машина	10	10
11.	13-ЗТЕОП	Техноекономска оцена пројеката у рударству 2	10	10
12.	13-ЗИДД3	Израда докторске дисертације	10	10
13.	13-ЗИДД6	Израда докторске дисертације	10	20
14.	13-ЗНИР1	Научно-истраживачки рад	10	5
15.	13-ЗИДД5	Израда докторске дисертације	10	25
16.	13-ЗНИР2	Научно-истраживачки рад	10	5

1.2. Предлог теме докторске дисертације

Кандидат Ali Nasirinezhad, мастер инж. рударства у својој пријави предложио је тему докторске дисертације под називом:

„Развој модела за дугорочно планирање система експлоатације јаловине на површинским коповима“.

На седници Катедре за пројектовање и планирање површинских копова, одржаној 13.11.2025. године, на којој је разматрана иста пријава, предложена тема је усвојена и покренут је поступак за именовање Комисије за оцену научне заснованости предложене теме. Предлогом од стране Катедре за пројектовање и планирање површинских копова (бр. 1/367 од 13.11.2025. године), предложена је Комисија у следећем саставу:

1. др Дејан Стевановић, ванредни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду,
2. др Драган Игњатовић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и
3. др Даниел Кржановић, виши научни сарадник Института за рударство и металургију Бор.

На седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, која је одржана 27.11.2025. године, одлуком (бр. 1/387 од 01.12.2025. године) именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме.

1.3. Подаци о садашњем и претходном запослењу

По завршетку мастер студија у септембру 2003. године, као млађи инжењер, запослио се у Sungun Copper Mine (у власништву National Iranian Copper Industries Company). Током година, радио је у различитим одељењима и позицијама, укључујући млађег инжењера у одељењима за бушење, минирање и пројектовање, супервизора у одељењима за хидрологију, пројектовање и рударство, а касније и као супервизор у одељењу за развој рудника, држећи неколико техничких и руководећих улога као што је приказано у табели у наставку.

Током стручне каријере, држао је и два предавања:

1. Neyriz Azad University, Иран, предавање на теме: Безбедност у рудницима, минирање у рудницима и рачунарске апликације у рудницима.
2. Sahand University-Iran, предавања на теме: Дизајн површинских копова и рачунарске апликације у рудницима.

Списак позиција на којима је кандидат ангажован.

Период	Од	До	Активности	Локација
1	2003-10	2004-05	Јуниор бушења у департману за бушење и минирање	Sungun Copper Mine
2	2004-06	2008-03	Јуниор рудника за планирање у одељењу пројектовања	
3	2008-04	2009-06	Супервизор одељења за хидрологију	
4	2009-07	2011-04	Супервизор одељења за пројектовање	
5	2011-05	2018-10	Шеф рударског инжењеринга	
6	2018-10	Тренутно	Менаџер развоја рудника Sungun	

1.4. Списак објављених научних и стручних радова

У току досадашњег рада и студирања, кандидат је имао прилику да учествује у реализацији укупно 9 научно-истраживачких и стручних радова који су публиковани у часописима и зборницима радова пратећих конференција, на којима је потписан као аутор или коаутор.

Рад у међународном часопису на SCI листи категорије M22:

1. Nasirinezhad, A.; Stevanovic, D.; Krzanovic, D.; Rahmanpour, M. Model for Optimizing Waste-Haulage Systems in Open-Pit Mines (Trucks vs. IPCC System). *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 13148. (M22) IF=2.5, <https://doi.org/10.3390/app152413148>

Саопштење са међународног скупа, штампано у целини M33:

2. Nasirinezhad, A., Shahriar, K., Mansuri, H. Using drilling data to estimate powder factor in the Gol-Gohar mine. 2 nd Iranian rock mechanics conference, December 2004, 645-652.

3. Faramooshi, M., **Nasirinezhad, A.**, Nouri, N. Assessment of fragmentation due to blasting based on rock mass properties in Sungun copper mine. 22 nd world mining congeress & expo, Volume III, Istambul, Turkey, September 2011, 801-806.
4. **Nasirinezhad, A.**, Stevanović, D., Ignjatović, D.; Markovic, P. Overview of in-pit crushing & conveying technology in open pit mines. 8th International Conference Mining and Environmental Protection. 2021, Serbia, 82-92.

Рад у врхунском часопису од националног значаја M51:

2. **Nasirinezhad, A.**, Stevanović, D., Ignjatovic, D., & Rahmanpour, M. Primary Crusher Site Selection in Open Pit Mines-Case study in Sungun Copper Mine. Podzemni radovi, 2021, (38), 15-25
<https://ume.rgf.bg.ac.rs/index.php/ume/article/view/149>

1.5. Стечено стручно искуство

Током вишегодишњег професионалног искуства у руднику бакра Sungun, допринео је припреми техничке и графичке документације за многе рударске пројекте и студије. При овој кандидатури је овладао коришћењем различитих специјализованих програмских пакета као што су Datamine Studio, NPV Scheduler, Surpac, COMFAR, AutoCAD, and MATLAB. Споменути алати су коришћени за стручне проблеме као што су оптимизација површинских копова, пројектовање и планирање производње, пројектовање површинских копова, моделирање минералних лежишта и процену оптималних решења из система више алтернатива.

Најзначајнији пројекти на којима је кандидат учествовао:

1. Припрема и праћење рударских месечних планова на основу дугорочних планова у руднику бакра Sungun (од 2006. до 2016. године).
2. Вођа тима у пројекту Sungun рудника за испоруку руде у два постројења за концентрацију (фаза I у јулу 2006 и фаза II у априлу 2014).
3. Сарадња са међународним консултантима за оптимизацију и дугорочно планирање рудника бакра Сунгун (Datamine 2015. и AMDAD 2018. године).
4. Дизајн машина и опреме потребних за рудник бакра Sungun (2011).
5. Студија за одабир локације дробиличног постројења у руднику Sungun у фази развоја (2015.год).
6. Пројектовање и извођење конструкције тунела, 500 метара и пропуст 600 метара, испод јаловишта Sungun са циљем развоја рудничких јаловишта (2020.год).
7. Управљање површинским водама за припрему рудника Sungun (2022.год)
8. Студија коришћења комбинованог система за јаловински материјал у руднику бакра Sungun. (2023. год.).

1.6. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Ali Nasirinezhad је, током свог досадашњег школовања и вишегодишњег рада на на различитим стручним позицијама, стекао неопходна знања и успешно овладао научним методама и техникама као и стручном праксом, неопходним за рад на докторској дисертацији коју је пријавио. У потпуности је упознат са научном и стручном литературом и актуелним научним достигнућима која су директно повезана са темом његовог истраживања. Кандидат је савладао методологију научно - истраживачког рада, поседује потребну аналитичност и систематичност у раду.

С обзиром на досадашње образовање кандидата, професионално искуство, положене испите на докторским академским студијама, објављене резултате научно - истраживачког рада и стручне доприносе, Комисија сматра да је кандидат Ali Nasirinezhad адекватно припремљен и квалификован да самостално ради на предложеној теми докторске дисертације, те да ће остварити одговарајуће научне доприносе у тој области.

На основу увида у приложену биографију и објављене научне и стручне радове, Комисија сматра да кандидат Ali Nasirinezhad поседује потребна знања и искуство за израду докторске дисертације на предложену тему.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Мотиви за привредне активности могу бити различите природе (економске, социјалне, политичке) али се генерално могу свести на један универзални циљ, а то остварење односно максимизација економске добити. Када је рударство у питању на остварење економске добити условљено је низом фактора (геолошки, природни, тржишни, социјални, еколошки, професионално-организациони) а на већину од њих рударски инжењери немају утицаја. Оваква ситуација (не поседовање утицаја на многе кључне факторе) присутна је и у другим видовима привредне делатности али је посебно наглашена односно представља специфичност је рударске праксе. Чињеница је, да са аспекта појединачног пројекта или појединачне рударске компаније, није могуће утицати на глобалне параметре пројекта, као што су:

- цена минералне сировине, коју формира глобално тржиште,
- количина и квалитет ресурса, који су у функцији геолошких процеса на анализираном простору,
- потребне инвестиције за усвојену рударску технологију, као и касније трошкове енергената (нафта, електрична енергија) и радне снаге које су такође одређене тржишним факторима,
- административне норме и ограничења, који су дефинисани законским актима,
- остале природне, еколошке, социјалне и политичке факторе, које су карактеристика одређеног простора и друштвеног уређења.

Имајући у виду значајан број фактора на које рударска пракса нема утицај може се рећи да се стручна компонента рударског пројекта у значајној мери своди на успешно управљање трошковима пројекта. Током животног циклуса рударског пројекта могу се препознати

различите фазе које се грубо могу поделити на истраживање, планирање, имплементацију, експлоатацију и затварање рудника. Управо током фазе планирања потенцијал за управљање трошковима пројекта је највећи, што са стручне стране ову фазу чини посебно значајном у укупном животу пројекта. У фази имплементације потенцијал за управљање и контролу трошкова пројекта драстично опада, док је у фази производње он практично миноран.

У општем случају фаза планирања пројекта у функцији је комплексности и величине пројекта као и организационих фактора а траје најчешће две до три године (ретко више). Такође, битно је напоменути да се процес планирања у рударском пројекту, само формално завршава почетком фазе имплементације. По правилу процес планирања присутан је током целокупног живота пројекта, са том разликом што се у општем случају карактер планирања (након израде Студије изводљивости) са стратешког помера све више ка оперативном планирању. Поред ове опште поставке, чињеница је да стварност рударске праксе, често окарактерисана променама стратешких одлука пројекта (повећање капацитета, повећање експлоатационих резерви тј. контуре копа, промена технологије, итд) што све укупно актуелизује и покреће поновни циклус планирања у пројекту и додатно апострофира утицај планирања на трошкове експлоатације.

У стручној јавности широко је прихваћена чињеница да је највреднији објекат површинске експлоатације сам површински коп односно корисна минерална сировина, међутим често се занемарује економски ефекти рада са јаловином. Откопавање, транспорт и одлагање јаловине на површинским коповима представља неизоставну технолошку операцију у процесу експлоатације минералних сировина. Основна карактеристика ове технолошке операције је манипулација великим количинама јаловинског материјала које могу да износе и неколико стотина милиона m^3 . Рад са овом количином материјала подразумева заузимање велике површине терена, а транспорт значајних (милионских) количина материјала се одвија на растојањима која се по правилу мере са више километара. Транспорт јаловине до места одлагања, као и сам процес манипулисања јаловином одабраном технологијом, представљају по правилу највећи део укупних трошкова у површинској експлоатацији.

Узимајући наведено у обзир, предмет овог истраживања своди се на оптимизацију рада на јаловини, као једне од врста материјала на површинским коповима. Истраживање апострофира значај планирања у раду са јаловином, у циљу смањења трошкова незаобилазних операција (откопавање, транспорт и одлагање јаловине) и тиме омогући рударским пројектима да остваре свој пуни економски потенцијал. Конкретно, истраживање у дисертацији, кроз развој модела за одабир технологије рада на јаловини и оптимизацију дестинације појединачних јединица масе јаловине, настоји да са економског аспекта оптимизује процес менаџмента јаловине.

2.2. Циљ истраживања

Из претходно наведеног, може се закључити да на више фактора, који суштински дефинишу рударски пројекат, рударски инжењери не могу утицати (геолошки, тржишни,

еколошки, социјални и политички фактори) чиме се њихова стручна компонента у великој мери своду на управљање трошковима, односно креирању планова и доношењу одлука којима се трошкови експлоатације минимизирају.

Имајући наведену констатацију у виду, у генералном смислу основни циљ истраживања у се своди на смањење трошкова у раду са јаловином и тиме на повећање профита рударског пројекта.

Конкретно посматрано циљ је развој модела способног да оптимизује избор технологије рада и дефинише оптималне дугорочне планове за раду са јаловином на површинским коповима, а тиме и значајно смањи трошкове и унапреди економске перформансе рударског пројекта.

Важно је напоменути да према доступној статистици транспорт јаловине представља једну од најкритичнијих и најскупљих операција у површинској експлоатацији, јер чини и до 50% укупних оперативних трошкова, свака оптимизација која доведе до смањења ових трошкова, је од круцијалног значаја за успех пројекта, чиме се и вредност наведеног циља предметног истраживања у великој мери потврђује и афирмише.

2.3. Списак релевантних библиографских јединица

Оквирна листа библиографских јединица које ће бити коришћене приликом израде докторске дисертације:

1. Hartman, H.J.N.J. *Introductory Mining Engineering*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1987.
2. Osanloo, M.; Paricheh, M. In-pit crushing and conveying technology in open-pit mining operations: A literature review and research agenda. *Int. J. Min. Reclam. Environ.* **2020**, *34*, 430–457.
3. Paricheh, M.; Osanloo, M.; Rahmanpour, M. In-pit crusher location as a dynamic location problem. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* **2017**, *117*, 599–607.
4. Czaplicki, J.M. *Shovel-Truck Systems: Modelling, Analysis and Calculations*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2008.
5. Zimmermann, E.; Kruse, W. Mobile crushing and conveying in quarries—A chance for better and cheaper production! In Proceedings of the 8th International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen, Germany, 24–27 September 2006.
6. Kesimal, A. Different types of belt conveyors and their applications in surface mines. *Miner. Resour. Eng.* **1997**, *6*, 195–219.
7. Nasirinezhad, A.; Stevanović, D.; Gnjatović, D.; Markovic, P. Overview of in-pit crushing & conveying technology in open pit mines. In Proceedings of the 8th International Conference Mining and Environmental Protection, Sokobanja, Serbia, 22–25 September 2021; pp. 82–92.
8. Koehler, F. In-Pit Crushing System the Future Mining Option. Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series. In Proceedings of the Twelfth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Kalgoorlie, Australia, 23–25 April 2003.

9. Purhamadani, E.; Bagherpour, R.; Tudeszki, H. Energy consumption in open-pit mining operations relying on reduced energy consumption for haulage using in-pit crusher systems. *J. Clean. Prod.* **2021**, *291*, 125228.
10. Sevim, H.; Sharma, G. Comparative economic analysis of transportation systems in surface coal mines. *Int. J. Surf. Min. Reclam.* **1991**, *5*, 17–23.
11. Schroder, D.L. The use of in-pit crushing and conveying methods to significantly reduce transportation costs by truck. In Proceedings of the Coaltrans Asia Conference, Bali, Indonesia, 8–11 June 2003.
12. de Werk, M.; Ozdemir, B.; Ragoub, B.; Dunbrack, T. Cost analysis of material handling systems in open pit mining: Case study on an iron ore prefeasibility study. *Eng. Econ.* **2017**, *62*, 369–386.
13. Flannery, B.J. In-pit crushing and conveyor transportation of coal at Ulan. *Coal J. Aust.* **1986**, *14*, 13–20.
14. Althoff, H.; Clark, R.; Orenstein, O. In-pit crushing and conveying reduces haulage costs. *C. Bull.* **1986**, *79*, 59–61.
15. Valeri, S.; Pastikhin, D.; Radchenko, S.; Agafonov, Y. Problems and prospects of cyclic-and-continuous technology in development of large ore-and coalfields. In *Proceedings of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining-Aachen 2014*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2015; pp. 437–445.
16. Norgate, T.; Haque, N. The greenhouse gas impact of IPCC and ore-sorting technologies. *Miner. Eng.* **2013**, *42*, 13–21.
17. Awuah-Offei, K.; Checkel, D.; Askari-Nasab, H. Evaluation of belt conveyor and truck haulage systems in an open pit mine using life cycle assessment. *C. Mag.* **2009**, *4*, 1–6.
18. Liu, F.; Cai, Q.; Zhou, W. A comparison of the energy consumption and carbon emissions for different modes of transportation in open-cut coal mines. *Int. J. Min. Sci. Technol.* **2015**, *25*, 261–266.
19. ErKayaoğlu, M.; Demirel, N. A comparative life cycle assessment of material handling systems for sustainable mining. *J. Environ. Manag.* **2016**, *174*, 1–6.
20. Abbaspour, H.; Drebenstedt, C.; Dindarloo, S. Evaluation of safety and social indexes in the selection of transportation system alternatives (Truck-Shovel and IPCCs) in open pit mines. *Saf. Sci.* **2018**, *108*, 1–12.
21. Hays, R. Mine planning considerations for in-pit crushing and conveying systems. *SME Mini Symp.* **1983**, 33–41.
22. Plattner, J. History and design of mobile in-pit crushers for open-pit mines. In *Large Open Pit Mining Conference*; Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Parkville, VIC, Australia, 1986.
23. Kutschera, S. Continuous mining and transport of medium-hard materials in opencast mines. In *Mining Latin America/Minería Latinoamericana*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1986; pp. 189–200.
24. Mulukhov, K. Steep-angle conveyor for bulky run-of-mine ore. *Trans. Soc. Min. Metall. Explor. Inc.* **2002**, *312*, 199–204.
25. Morrison, D. The use of continuous materials handling equipment in an open cut iron ore mine. In Proceedings of Iron Ore Conference 2007, Perth, Australia, 20–22 August 2007.
26. Morriss, P. Key production drivers in in-pit crushing and conveying (IPCC) studies. *S. Afr. Inst. Min. Metall.* **2008**, *2008*, 23–34.

27. Carter, R. Latest IPCC systems provide improved operational flexibility, higher capacity. *Eng. Min. J.* **2010**, *211*, 42.
28. Atchison, T.; Morrison, D. In-pit crushing and conveying bench operations. In Proceedings of the Tenth Iron Ore Conference, Perth, Australia, 11–13 July 2011; pp. 123–131.
29. Spriggs, G. In-Pit Crushing Considerations for Conveying and Materials Handling Systems. *Bulk Solids Handl.* **2005**, *25*, 14.
30. Dzakpata, I.; Knights, P.; Kizil, M.S.; Nehring, M.; Aminossadati, S.M. Truck and Shovel Versus In-Pit Conveyor Systems: A Comparison of the Valuable Operating Time. In Proceedings of the 16th Coal operators' Conference, Wollongong, Australia, 10–12 February 2016; pp. 462–476. [
31. Paricheh, M.; Osanloo, M. How to exit conveyor from an open-pit mine: A theoretical approach. In *Proceedings of the 27th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection-MPES 2018*; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
32. Yarmuch, J.; Epstein, R.; Cancino, R.; Pena, J.C. Evaluating crusher system location in an open pit mine using Markov chains. *Int. J. Min. Reclam. Environ.* **2017**, *31*, 24–37.
33. Sturgul, J.R. How to determine the optimum location of in-pit movable crushers. *Geotech. Geol. Eng.* **1987**, *5*, 143–148.
34. Peng, S.; Zhang, D.; Xi, Y. Computer simulation of a semi-continuous open-pit mine haulage system. *Geotech. Geol. Eng.* **1988**, *6*, 267–271.
35. Changzhi, Y. In-pit crushing and conveying system and Dexin pit copper haulage optimisation for ore transport. In Proceedings of the Fifth Large Open Pit Mining Conference, Kalgoorlie, Australia, 3–5 November 2003.
36. Konak, G.; Onur, A.H.; Karaku, D. Selection of the optimum in-pit crusher location for an aggregate producer. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* **2007**, *107*, 161–166.
37. Taheri, M.; Irannajad, M. An approach to determine the locations of in-pit crushers in deep open-pit mines. In Proceedings of the 9th International Multidisciplinary Scientific GeoConference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection (SGEM 2009), Albena, Bulgaria, 14–19 June 2009; p. 341.
38. Londoño, J.; Knights, P.; Kizil, M. Modelling of in-pit crusher conveyor alternatives. *Min. Technol.* **2013**, *122*, 193–199.
39. Roumpos, C.; Partsinevelos, P.; Agioutantis, Z.; Makantasis, K.; Vlachou, A. The optimal location of the distribution point of the belt conveyor system in continuous surface mining operations. *Simul. Model. Pr. Theory* **2014**, *47*, 19–27.
40. Paricheh, M.; Osanloo, M. Determination of the optimum in-pit crusher location in open-pit mining under production and operating cost uncertainties. In Proceedings of the 6th International Conference on Computer Applications in the Minerals Industries, Istanbul, Turkey, 5–7 October 2016.
41. Samavati, M.; ESSam, D.L.; Nehring, M.; Sarker, R. Open-pit mine production planning and scheduling: A research agenda. In *Data and Decision Sciences in Action: Proceedings of the Australian Society for Operations Research Conference 2016*; Springer: Cham, Switzerland, 2018.
42. Nehring, M.; Knights, P.; Kizil, M.; Hay, E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems. *Int. J. Min. Sci. Technol.* **2018**, *28*, 205–214.

43. Abbaspour, H.; Drebenstedt, C.; Paricheh, M.; Ritter, R. Optimum location and relocation plan of semi-mobile in-pit crushing and conveying systems in open-pit mines by transportation problem. *Int. J. Min. Reclam. Environ.* **2019**, *33*, 297–317.
44. Samavati, M.; ESSam, D.L.; Nehring, M.; Sarker, R. Production planning and scheduling in mining scenarios under IPCC mining systems. *Comput. Oper. Res.* **2020**, *115*, 104714.
45. Lonergan, J. Computer-assisted layout of in-pit crushing/conveying systems. In Proceedings of the SME-AIME Fall Meeting, Albuquerque, NM, USA, 16–18 October 1985.
46. Shamsi, M.; Pourrahimian, Y.; Rahmanpour, M. Optimisation of open-pit mine production scheduling considering optimum transportation system between truck haulage and semi-mobile in-pit crushing and conveying. *Int. J. Min. Reclam. Environ.* **2022**, *36*, 142–158.
47. Shamsi, M.; Nehring, M. Determination of the optimal transition point between a truck and shovel system and a semi-mobile in-pit crushing and conveying system. *J. S. Afr. Inst. Min. Met.* **2021**, *121*, 497–504
48. AkbarpourShirazi, M.; Adibee, N.; Osanloo, M.; Rahmanpour, M. An Approach to Locate an in Pit Crusher in Open Pit Mines. *Int. J. Eng.* **2014**, *27*, 1475–1484.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Основна хипотеза дисертације своди се на идеју да је, коришћењем постојећих математичких алгоритама и алата, а уз узимање у обзир свих релевантних фактора и параметара експлоатације, могуће креирати модел способан да оптимизује технологију и дугорочно планирање у раду са јаловином на површинским коповима.

На идејном нивоу планира се употреба *целобројног мешовитог програмирања* (енг. *Mixed-Integer Linear Programming* скраћено *МИП*) у циљу добијања оптималних решења. Ова математичка метода успешно се користи за оптимизацију сличних проблема из различитих области. Постоји више примера употребе, наведене методе, у рударској струци, због чега се може сматрати да је утемељена и претпоставка да се иста може користити и за проблем оптимизације технологије рада са јаловином.

У стручном смислу разматраће се две могуће технолошке варијанте у раду са јаловином на металичним, стрмим лежиштима и то:

- дисконтинуална технологија (систем багер-камион) и као алтернатива
- комбинована технологија (систем багер-камион-дробилица-транспортёр-одлагач)

Крајњи производ истраживања биће развијен математички модел способан да:

- дефинише оптималну технологију рада са јаловином за различите делове површинског копа и
- генерише оптималан дугорочни план рада који дефинише оптималне дестинације за разматране јединичне масе јаловине (које партије јаловине иду ка одређеној дестинацији нпр. директно на јаловиште или ка дробиличном постројењу)
- дефинише оптимално време потенцијалне промене технологије (нпр. у којој години се прелази са дисконтинуалне на комбиновану технологију).

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У развоју модела планира се употреба математичког оптимизационог алгоритма *целобројног мешовитог програмирања* (енг. *Mixed-Integer Linear Programming* скраћено *MIP*). Употреба ове математичке методе у фокусу је истраживања, јер је њено успешно коришћење доказано при оптимизацији сличних проблема из различитих области. Прецизније речено, када су конкретни циљеви истраживања у питању, користиће се посебна подгрупа оптимизационих алгоритама развијена за скуп проблема препознат као *Facility Location Problems*. Ова врста математичких решења може се користити за проналажење најбоље локације објеката на основу минимизирања трошкова у односу на скуп ограничења.

У практичном смислу при развоју модела неопходно је проћи кроз следеће кораке:

- Анализа постојеће литературе - подразумева прикупљање и анализу обимне литературе о научним и практичним условима рада са јаловином, као и истраживање доступних података из реалних рударских операција,
- Анализа података о трошковима – подразумева прикупљање и обраду података о флукуацијама капиталних и оперативних трошкова. Трошкови су у фокусу јер се у технолошким операцијама са јаловином не остварује економска добит, већ се сео процес своди на минимизирање трошкова.
- Развој модела и примена математичких алгоритама – имплементација целобројног мешовитог програмирања у циљу оптимизације формираних симулационих сценарија.
- Упоредна анализа методологија – кроз статистичке методе вршиће се поређење између резултата добијених применом оптимизационог алгоритма тј. развијеног модела са показатељима тренутно присутним у рударској пракси.
- Студије случаја – модел ће бити валидиран кроз примену на реалном рударском окружењу како би се тестирали његова практична применљивост и ефикасност у при задатим оптимизационим критеријумима.

Имплементацијом наведених метода и корака, верујемо да се успешно могу реализовати предложени циљеви.

5. ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

Научни допринос предметног истраживања у великој мери се своди на креирање модела способног да у процесу оптимизације технологије рада и дугорочног плана рада на јаловини, отклони наведене недостатке досадашњих научних публикација. Посебно треба нагласити да у фокусу рударске научне и стручне јавности је корисна минерална сировина (руда) а мало пажње (поготово када је потенцијално коришћење комбинованих система у питању) се поклања могућности оптимизација рада са јаловином. Кроз анализу и креирање модела презентовано истраживање жели да укаже на ове недостатке и

апострофира потенцијале по пројекат, при примени оптимизационих алгоритама у раду са јаловином. Конкретно, нализом постојеће, научне и стручне литературе која се бави оптимизацијом технологије и дугорочним планирањем у раду са јаловином могу се уочити многи недостаци и закључити следеће:

- *Већина симулационих модела рада комбинованог система развијена је за транспорт руде и не третира јаловину.*
Ово је мана имајући у виду да количине јаловине по правилу далеко премашују количине руде, а последично и трошкови у раду са јаловином су знатно већи,
- *Студије које разматрају потенцијалну употребу комбиноване технологије рада као алтернативу дисконтинуалној технологији, углавном су анализиране у оквиру одређеног временског периода (нпр. једне године), док премештање система у наредним годинама није поново разматрано.*
У случају копова са дугим веком експлоатације (велики површински копови могу имати век и преко 50 година), ово је озбиљан недостатак јер са продубљивањем копа оптимална позиција дробилице и транспортера може бити променљива.
- *Већина модела је развијена уз претпоставку економске исплативости решења, са циљем оптимизације само локације опреме (пре свега дробилице и система транспортера.*
Свођење анализе оптималности коришћења комбиноване технологије чисто на одабир најбоље позиције континуалног дела система, је непотпуно јер занемарује остале факторе који су променљиви у времену и током напредовања радова у простору завршне контуре.
- *Мало је радова који разматрају истовремену употребу две технологије тј. истовремену употребу дисконтинуалног и комбинованог система.*
У случају великих рударских пројеката, када је површина и дубина копа значајна, за очекивати је да ће за масе са различитих делова копа, другачија технологија бити оптимална и да ће у одређеним периодима развоја рударских радова оптимално решење бити употреба обе технологије у различитим зонама површинског копа.

Научни допринос истраживања биће заснован и на процесу припреме свих улазних параметара неопходних за креирање потпуних резултата модела. Током поступка прикупљања података неопходно је препознати, детаљно анализирати и рангирати утицајне факторе на процес оптимизације. Закључци и поступци из овога дела дефинишу не само природу и значај одређених фактора, већ и њихове међусобне интеракције. Ова сазнања имају додатни научни и практични значај јер се могу аплицирати на знатан број различитих проблема из домена површинске експлоатације, који су у функцији наведених фактора.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања докторске дисертације биће разрађен кроз неколико фаза: почевши од анализа постојеће литературе, преко прикупљања података и развоја модела, до валидације резултата кроз студије случаја.

Фазе истраживања:

- Анализа релевантне литературе – прикупљање, систематизација и критичка анализа доступних научних и стручних радова из релевантних области.
- Прикупљање и анализа података – обрада података о параметрима значајним у раду са јаловином,
- Развој концептуалног модела – дефинисање структуре модела за потребе оптимизације рада са јаловином,
- Валидација модела кроз студије случаја – тестирање развијеног модела на реалним подацима из рударске индустрије и упоређивање резултата са традиционалним методама планирања.
- Анализа резултата и дискусија – идентификација предности и недостатака предложеног приступа, упоређивање са постојећим методама и предлагање могућих унапређења.
- Писање и публикување научних радова – објављивање резултата истраживања у научним часописима и представљање на конференцијама.

У докторској дисертацији биће обрађено више поглавља која ће садржати уводна разматрања, теоријске поставке проблема, аналитички део, развој модела, студија случаја и закључна разматрања.

Оквирни садржај докторске дисертације:

1. Увод (предмет и циљ истраживања, основне хипотезе, кратак преглед поглавља)
2. Преглед литературе (светска и домаћа искуства из разматране области)
3. Општи приказ тренутног стања и препознати проблеми у раду са јаловином на површинским коповима
4. Развој модела за одабир технологије рада на јаловини и оптимизацију дестинације појединачних јединица масе јаловине
5. Примена хибридног модела на конкретној студији случаја
6. Дискусија и закључна разматрања.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом података из пријаве кандидата Ali Nasirinezhad, мастер инжењера рударства, Комисија закључује да је предложена тема актуелна и погодна за израду докторске дисертације, да кандидат испуњава све законом предвиђене услове, као и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно - научном Већу Рударско - геолошког факултета Универзитета у Београду, да кандидату, мастер инжењеру рударства, одобри израду докторске дисертације под насловом:

„РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ДУГОРОЧНО ПЛАНИРАЊЕ СИСТЕМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ ЈАЛОВИНЕ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА“

из уже научне области Пројектовање и планирање површинских копова, за коју је матичан Рударско - геолошки факултет Универзитета у Београду.

За менторе докторске дисертације се предлажу др Дејан Стевановић, ванредни професор на Катедри за Пројектовање и планирање површинских копова, Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и др Даниел Кржановић, виши научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор.

У Београду 23.12.2025.

Чланови Комисије:

др Дејан Стевановић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Драган Игњатовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Даниел Кржановић, виши научни сарадник
Институт за рударство и металургију Бор
