

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 предлог теме докторске дисертације за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде рудника „Рудник““

НАУЧНА ОБЛАСТ Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Ђурица (Никола) Никшић, маг. инж. рударства

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

Рударско инжењерство

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

3. Година дипломирања: 2015.

4. Година уписа на докторске студије: 2015/16.

5. Назив студијског програма докторских студија:

Рударско инжењерство

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

на седници одржаној 22.04.2021. године 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

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Зоран Глигорић

Прилог

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.
3. Електронска верзија

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 22.04.2021. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Ђурице Никшића, маг. инж. рударства.**
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде рудника "Рудник"“.*
3. За менторе се именују др Предраг Лазић, ред. проф. и др Милена Костовић, ред. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Милена Костовић

Звање: редовни професор

Списак научних радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **M. Kostovic**, Z. Gligoric: Multi-criteria decision making for collector selection in the flotation of lead-zinc sulfide ore, *Minerals Engineering*, 74, april 2015, pp. 142-149, ISSN 0892-6875, DOI: 10.1016/j.mineng.2014.07.019. Publisher: Elsevier, Editor: B. A. Wills (IF=2, 166)
2. Lj. Andric, A. Terzic, M. Petrov, J. Stojanovic, **M. Kostovic**: Energy conversion in phosphate ore grain mixture activated via ultra-centrifugal mill, *International Journal of Mineral Processing*, 2015, 143, pp.1-11, ISSN 0301-7516, DOI: 0.1016/j.minpro.2015.08.005, Publisher: Elsevier, Editors: K. Hadler, K. Waters (IF=1,895)
3. A. Terzic, Lj. Andric, J. Stojanovic, N. Obradovic, **M. Kostovic**: Mechanical Activation as Sintering Pre-treatment of Talc for Steatite Ceramics, *Science of Sintering*, Vol. 46, No. 2, 2014, pp. 247-258, UDK 663.442; 622.785, eISSN 1820-7413 (Online), ISSN 0350-820X (Print); DOI: 10.2298/SOS1402247T, UDK 663.442; 622.785, Izdavač: International Institute for the Science of Sintering (IIS) c/o ITN SANU, Editors: M. M.Ristic, V. Pavlovic (IF=0,868)
4. **M. Kostovic**, D. Vucinic: The Influence of Cyanide Salts and Ferrous Sulphate on Pyrite Floatability, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 52 (2), 2016, pp. 609-619, ISSN 1643-1049 (print) ISSN 2084-4735 (on line); DOI:doi.org/10.5277/ppmp1602; Publisher: Wroclaw University of Technologies, Publisher: Editors: Przemyslaw B. Kowalczyk, Jan Drzymala (IF2016=0,901)
5. Lj. Andric, Z. Acimovic-Pavlovic, M. Trumic, **M. Kostovic** and N. Calic: Effect of Operating Parameters on the Mechanical Activation Process of Mica Powder, *Transactions of the Indian Ceramic Society*, Vol. 71, no. 3, 2012, pp. 143-150; Editor: P. Sujatha Devi, Publisher: Taylor&Francis; ISSN 0371-750X (Print), ISSN 2165-5456 (Online); DOI: 10.1080/0371750X.2012. 738483 (IF2012=0,225)
6. Lj. Andric, Z. Acimovic-Pavlovic, M. Trumic, **M. Kostovic**: The influence of process parameters on the structure and properties of mica mechanically activated in an ultra centrifugal mill, *Journal of Ceramic Processing Research*, Vol. 13, No. 4, 2012; pp. 470-475; ISSN 1229-9162, Editors Kwan Bo Shim, Brian Ralph; Publisher: Ceramic Processing Research Center (CPRC), Hanyang University, Seoul, Korea (IF2012=0,397)
7. **M. Kostovic**, P. Lazic, D. Vucinic, S. Deusic, R. Tomanec: Factorial Design of Selective Flotation of Chalcopyrite from Copper Sulphides, *Journal of Mining Science*, Vol 51, No. 2, pp. 380-388, march 2015, ISSN 1062-7391 (Print) 1573-8736 (Online), Editor: Victor. N. Oparin, Publisher: Pleiades Publishing, Distributed by Springer, DOI:10.1134/S1062739115020246 (IF2015=0,401)
8. L. Cveticanin, D. Vucinic, P. Lazic, **M. Kostovic**: Effect of Galena Grain Size on Flotation Kinetics, *Journal of Mining Science*, Vol 51, No. 3, may 2015, pp. 591-595, ISSN 1062-7391 (Print) 1573-8736 (Online), Editor: Victor. N. Oparin, Publisher: Pleiades Publishing, Distributed by Springer, DOI: 10.1134/S 1062739115030230 (IF2015=0,401)

У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. Др Зоран Глигорић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Предраг Лазић

Звање: редовни професор

Списак научних радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. D. Vucinic, **P. Lazic**, A. Rosie, Ethyl xanthate adsorption and adsorption kinetics on lead-modified galena and sphalerite under flotation conditions, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 279, Issues 1-3, 15 May 2006, Pages 96-104, ISSN 0927-7757
2. **P. Lazic**, D. Vucinic, J. Stanojevic, and B. Mikovic, Direct selective lead, copper and zinc minerals flotation from polymetallic ore "Podvirovi", Journal of Mining Science, Vol. 46, No. 6, 2010, pp 690-694, UDC 622.343/344:622.765(497.11)
3. Cvetieanin L., **P. Lazic**, D. Vucinic, D. Knezevic, The Galena Flotation in Function of Grindability, Journal of Mining Science, Vol. 48, No. 4, 2012, pp760-764, DOI 10.1134/S1062739148040223
4. M. Kostovic, **P. Lazic**, D. Vucinic, S. Deusic, R. Tomanec, Factorial design of selective flotation of chalcopyrite from copper sulfides, Journal of Mining Science, Vol. 51, No. 2, 2015, pp. 380-388, DOI 10.1134/S1062739115020246
5. L. Cvetieanin, D. Vucinic, **P. Lazic**, M. Kostovic, Effect of galena grain size on flotation kinetics, Journal of Mining Science, Vol. 51, No. 3, 2015, pp 591-595, DOI: 10.1134/S1062739115030230
6. L. Cvetieanin, **P. Lazic**, D. Vucinic, A comparative analysis of the effect of galena grain size and collector concentration on flotation recovery and flotation kinetics, Journal of Mining Science, Vol. 54, No. 3, 2018, pp. 485-490. DOI: 10.1134/S1062739118033894
7. **P. Lazic**, D. Niksic, R. Tomanec, D. Vucinic, and L. Cvetieanin, Chalcopyrite Floatability in Flotation Plant of the Rudnik Mine, Journal of Mining Science, 2020, Vol. 56, No. 1, pp. 119-125, DOI: 10.1134/S1062739120016552

У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. Др Зоран Глигорић

Наставно-научном већу

Предмет: Научна заснованост теме докторске дисертације кандидата
Ђурице НИКШИЋА, мастер инжењера рударства

Одлуком бр. 1/19 од 22.02.2021. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата **Ђурице НИКШИЋА**, мастер инжењера рударства, под насловом „Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде лежишта рудника „Рудник“.

На основу приложеног материјала уз захтев кандидата Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

Кандидат **Ђурица (Никола) НИКШИЋ**, мастер инжењер рударства рођен је 28. децембра 1983. године, у Вршцу. Основну школу је завршио 1998. године у Планишту. Средњу хемијску школу је завршио 2002. године у Вршцу. Дипломирао је на Рударско-геолошком факултету у Београду 2014. године на модулу за припрему минералних сировина, са просечном оценом 8,39 и оценом на дипломском раду 10. Звање мастер инжењера рударства стиче 2015. године, по завршетку мастер студија на Рударско-геолошком факултету, на модулу за припрему минералних сировина, са просечном оценом 9,60 и оценом на одбрани мастер рада 9.

Докторске студије на студијском програму Рударско Инжењерство, на Рударско-геолошком Факултету уписује 2015. године.

На Катедри за Припрему минералних сировина се запошљава 2014. године у својству сарадника у настави. У својству асистента запошљен је на истоименој Катедри од 2015. године, при чему је задужен за извођење вежби из предмета који се предају на Катедри. Поред одржавања вежби задужен је за извођење теренске наставе. Такође, помаже студентима у експерименталном раду при изради њихових дипломских и мастер радова. Од 2015. до 2018. године обавља дужност шефа Лабораторије за Припрему минералних сировина. Од 2018. године обавља дужност секретара Катедре за Припрему минералних сировина.

У оквиру докторских студија бави се флотацијском концентрацијом полиметаличних минералних сировина, првенствено олово-цинково-бакрових руда.

Научноистраживачки рад је усмерен на фундаментална лабораторијска испитивања на чистим минералима, као и на лабораторијска испитивања на комплексним рудама из појединих лежишта.

Као аутор или коаутор се појављује у научним радовима. Учествоје у изради већег броја технолошких студија на металичним и енергетским минералним сировинама.

1.2 Научно-истраживачки рад

Ђурица НИКШИЋ уписао је докторске студије на Катедри за припрему минералних сировина Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду школске 2015/16. године. Закључно са испитним роком јануар/фебруар 2021. године положио је 15 испита на докторским студијама предвиђених планом и програмом. У току прве године студија докторанд **Ђурица НИКШИЋ** положио је: Вишекритеријумско одлучивање у рударском инжењерству, Нелинеарна динамика, Израда докторске дисертације 1-2, Одабрана поглавља из вероватноће и статистике, Физичка хемија површинских процеса и заштита животне средине. У току друге године студија положио је: Израда докторске дисертације 3-4, Теоријски принципи уситњавања и класирања, Теоријски принципи флотацијске концентрације, Механохемијска активација. У току треће године студија положио је: Израда докторске дисертације 5-6, Научно-истраживачки рад 1-2.

Преглед положених испита са просечним оценама, бројем ЕСПБ бодова и именима предметних наставника

Ред. бр.	Назив предмета	Предметни наставник	Година студија (ЕСПБ)						Оцена
			Прва година		Друга година		Трећа година		
			семестар		семестар		семестар		
			I	II	III	IV	V	VI	
1.	Вишекритеријумско одлучивање у рударском инжењерству	Игор Миљановић	10						10
2.	Нелинеарна динамика	Инес Гроздановић	10						10
3.	Израда докторске дисертације 1	Лазић М. Предраг	10						10
4.	Израда докторске дисертације 2	Лазић М. Предраг		10					10
5.	Одабрана поглавља из вероватноће и статистике	Александар Ивић		10					10
6.	Физичка хемија површинских процеса и заштита животне средине	Душица Вучинић		10					10
7.	Израда докторске дисертације 3	Лазић М. Предраг			10				10
8.	Израда докторске дисертације 4	Лазић М. Предраг				10			10
9.	Теоријски принципи уситњавања и класирања	Лазић М. Предраг			10				10
10.	Теоријски принципи флотацијске концентрације	Лазић М. Предраг				10			10
11.	Механохемијска активација	Милена Костовић			10				10

12.	Израда докторске дисертације 5	Лазих М. Предраг					25		10
13	Израда докторске дисертације 6	Лазих М. Предраг						20	10
14	Научно истраживачки рад 1	Лазих М. Предраг					5		10
15	Научно истраживачки рад 2	Лазих М. Предраг						5	10

Просечна оцена кандидата на докторским студијама 10,00 (десет).

Списак објављених радова у вези са темом докторске дисертације

Радови објављени у часописима са SCI листе (M23)

1. *Predrag Lazić, Đurica Nikšić, Tomanec Rudolf, Vučinić Dušica, Cvetičanin Lidija, CHALCOPYRITE FLOATABILITY IN FLOTATION PLANT OF THE RUDNIK MINE, Journal of Mining Science, 2020, Vol. 56, No. 1, pp. 119–125, DOI: 10.1134/S1062739120016552*

Радови објављени на међународним скуповима (M33)

1. *Đurica Nikšić, Predrag Lazić, Branko Zečević, CONCENTRACION POSSIBILITY EXAMINATION OF ORE FROM „ĆULAV BRAJŠOR” FIELD, NEAR MEDVEĐA, Proceedings of the XVII. BALKAN MINERAL PROCESSING CONGRESS, 1-3 Novembar, 2017, Antalya, Turkey, pp 423-434, ISBN: 978-975-7946-42-7*
2. *Vučinić Dušica, Nikšić Đurica, Lazić Predrag, CLAYED WASTEWATER TREATMENT, Mining and environmental protection, Vrdnik, 25 - 28 September 2019., pp 211-216, ISBN 978-86-7352-354-5*

Радови из области флотацијске концентрације објављени у домаћим часописима (M51)

1. *Predrag Lazić, Đurica Nikšić, Branislav Miković, Rudolf Tomanec, COPPER MINERALS FLOTATION IN FLOTATION PLANT OF THE "RUDNIK" MINE, Underground Mining Engineering, 2019, No. 35, pp23-35, ISSN 03542904*

Радови из области флотацијске концентрације објављени на домаћим скуповима (M63)

1. *Predrag Lazić, Đurica Nikšić, Natalija Morozova, FLOTIRANJE RUDE BAKRA IZ LEŽIŠTA REBELJ U FLOTACIJI VELIKI MAJDAN, 9 kolokvijum o Pripremi mineralnih sirovina, Beograd, 26. oktobar 2018. strane 162-173, ISBN 978-86-7352-326-2*

1.3 Радно искуство

Од 2014. – 2015. године кандидат **Ђурица НИКШИЋ** је обављао посао сарадника у настави на Катедри за Припрему минералних сировина, Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду.

Од 2015. године до данас кандидат обавља посао асистента на Катедри за Припрему минералних сировина, Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду.

На радном месту асистента задужен је за извођење вежби, стручну праксу и пружање помоћи студентима при изради дипломских и мастер радова.

Од 2015. до 2018. године обавља дужност шефа Лабораторије за Припрему минералних сировина. Од 2018. године до данас обавља дужност секретара Катедре за Припрему минералних сировина.

Учествује као истраживач на научном пројекту број TR33045 „Оптимизација процеса припреме руде са ПК Прлови у флотацији рудника Рудник“.

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

С обзиром на стечено образовање и укупну досадашњу научну и стручну активност кандидата, сматрамо да кандидат **Ђурица НИКШИЋ** мастер инжењер рударства има све потребне квалификације за успешан рад на предложеној теми докторске дисертације из следећих разлога:

- Положио је све испите на докторским студијама са просечном оценом 10,00;
- Поседује одговарајуће стручно образовање;
- Током докторских студија помагао је у извођењу наставе из предмета „Теоријски основи припреме минералних сировина“ (основне академске студије) и „Теоријски основи концентрација“ (мастер академске студије);
- Током свог истраживачког рада бавио се проблематиком која је директно везана за предложену тему дисертације;
- Поседује потребне способности, вештине и компетенције за озбиљан научноистраживачки рад из области која је предмет дисертације;
- Показује амбицију за научно усавршавање и изразиту иницијативу за научноистраживачки рад

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Флотацијска концентрација је према количини прерађене руде најзаступљенија метода концентрације. Метода се првенствено користи за валоризацију основних и пратећих корисних компонената, као и корисних примеса из сиромашних полиметаличних руда. Полиметаличне руде могу имати веома комплексан састав. Приликом подвргавања полиметаличне руде флотацијској концентрацији тежи се добијању селективних концентрата. Добијање селективних концентрата условљава примену сложених технолошких процеса флотирања. Неопходна је употреба флотацијских реагенса како би се селективно индуковала хидрофобност или хидрофилност одређених минералних врста. Присуство већег броја минералних врста имплицира одвијање бројних хетерогених хемијских реакција у флотацијској пулпи и на самим површинама минерала. Потпунијим сагледавањем феномена који се одигравају у току флотирања дошло се до закључка да на искоришћење корисне компоненте утиче читав низ фактора (генеза и минералолошке карактеристике, површинска својства минерала, облик и димензије зрна, проток и аерација пулпе, концентрација и врста колектора, врста реагенса модификатора, редослед додавања реагенса, температура пулпе, пречник ваздушних мехурића и сл.).

У току процеса флотирања одиграва се читав низ микропроцеса (делимично растварање минерала што доводи до промене у хемијском саставу површине минералног

зрна, хемијске реакције у пулпи, селективна адсорпција реагенса на површини минерала, везивање минералних зрна за ваздушне мехуриће) од којих сваки има утицај на искоришћење корисне компоненте. Због тога је познавање хемијских реакција и њихових продуката које се одигравају на површини минерала од кључног значаја за успешно превођење корисних компонената у засебне производе.

Утицај употребе флотацијских реагенса на стање површине минерала халкопирита је предмет истраживања у овој докторској дисертацији. Током технолошког процеса флотацијске концентрације површина минерала халкопирита се селективно хидрофилизује у првом делу процеса, а потом се селективно хидрофобизује у другом делу процеса. Покушај идентификације механизма изазивања промена на површини халкопирита је циљ ове докторске дисертације.

На основу досадашњих испитивања приказаних у литератури и непосредне рударске праксе приступиће се фундаменталним истраживањима на класи крупноће - 75+53 μm .

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

1. Allison, S. A., Goold, L. A., Nicol, M. J., & Granville, A. (1972). A determination of the products of reaction between various sulfide minerals and aqueous xanthate solution, and a correlation of the products with electrode rest potentials. *Metallurgical Transactions*, 3(10), 2613–2618.
2. Cveticanin L. (2017), Effect of galena grain size on flotation kinetics, Doctoral Dissertation, RGF Belgrade.
3. Deng, J., Wen, S., Liu, J., Wu, D., & Feng, Q. (2014). Adsorption and activation of copper ions on chalcopyrite surfaces: A new viewpoint of self-activation. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 24(12), 3955–3963.
4. Finch, J. A., & Labonté, G. (1989). Verification of electrodes for pulp potential measurement. *Minerals Engineering*, 2(4), 557–564.
5. Jones, M., (1991). Some recent developments in the measurement and control of xanthate, perxanthate, sulphide, and redox potential in flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 33(1-4), 193–205.
6. Kolawole Ikumapayi, F. (2010). Flotation Chemistry of Complex Sulphide Ores. Luleå University of Technology.
7. Kostovic M., Vucinic D. (2014). The influence of cyanide salts and ferrous sulphate on pyrite flotation. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 52(2), 2016, 609–619
8. Leppinen, J., Hintikka, V., & Kalapudas, R., (1998). Effect of electrochemical control on selective flotation of copper and zinc from complex ores. *Minerals Engineering*, 11(1), 39–51.
9. Peng, H., Wu, D., & Abdelmonem, M. (2017). Flotation performances and surface properties of chalcopyrite with xanthate collector added before and after grinding. *Results in Physics*, 7, 3567–3573.
10. Rao, S. R., Nasset, J. E., & Finch, J. A. (2011). Activation of sphalerite by Cu ions produced by cyanide action on chalcopyrite. *Minerals Engineering*, 24(9), 1025–1027.
11. Takeno, N. (2005). Atlas of Eh-pH diagrams Intercomparison of thermodynamic databases. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
12. Tolley, W., Kotlyar, D., & Van Wagoner, R. (1996). Fundamental electrochemical studies of sulfide mineral flotation. *Minerals Engineering*, 9(6), 603–637.

13. Trahar, W. J. (1983). A laboratory study of the influence of sodium sulphide and oxygen on the collectorless flotation of chalcopyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 11(1), 57–74.
14. An, D., & Zhang, J. (2020). A Study of Temperature Effect on the Xanthate's Performance during Chalcopyrite Flotation. *Minerals*, 10(5), 426.
15. Azadian, S. (2004). Aspects of precipitation in alloy Inconel 718 (PhD dissertation). Luleå. Retrieved.
16. Berglund, G. (1991). Pulp chemistry in sulphide mineral flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 33(1-4), 21–31.
17. Bowden, J., (2016). Xanthate chemisorption at copper and chalcopyrite surfaces. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 116(6), pp.503-508.
18. Buckley, A. N., Hope, G. A., & Woods, R. (n.d.). *Metals from Sulfide Minerals: The Role of Adsorption of Organic Reagent in Processing Technologies. Solid—Liquid Interfaces*, 63–98.
19. Bulatovic, S. (2011). *Handbook of flotation reagents*. Amsterdam: Elsevier.
20. Bulatovic, S., & Wyslouzil, D. M. (1995). Selection and evaluation of different depressants systems for flotation of complex sulphide ores. *Minerals Engineering*, 8(1-2), 63–76.
21. Chander, S. (1991). Electrochemistry of sulfide flotation: Growth characteristics of surface coatings and their properties, with special reference to chalcopyrite and pyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 33(1-4), 121–134.
22. Chander, S. (2003). A brief review of pulp potentials in sulfide flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 72(1-4), 141–150.
23. Chandra, A. P., & Gerson, A. R. (2009). A review of the fundamental studies of the copper activation mechanisms for selective flotation of the sulfide minerals, sphalerite and pyrite. *Advances in Colloid and Interface Science*, 145(1-2), 97–110.
24. Cheng, X., & Iwasaki, I. (1992). Pulp Potential and Its Implications to Sulfide Flotation. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 11(4), 187–210.
25. Chukanov, N. V., & Chervonnyi, A. D. (2016). *Infrared Spectroscopy of Minerals and Related Compounds*. Springer Mineralogy.
26. Clarke, P., Fornasiero, D., Ralston, J., & Smart, R. S. C. (1995). A study of the removal of oxidation products from sulfide mineral surfaces. *Minerals Engineering*, 8(11), 1347–1357.
27. Cveticanin, L., Lazic, P., & Vucinic, D. (2018). A Comparative Analysis of the Effect of Galena Grain Size and Collector Concentration on Flotation Recovery and Flotation Kinetics. *Journal of Mining Science*, 54(3), 485–490.
28. Drzymala, J. (1999). Characterization of materials by Hallimond tube flotation, Part 3. Maximum size of floating and interacting particles. *International Journal of Mineral Processing*, 55(3), 203–218.
29. Ekmekçi, Z., & Demirel, H. (1997). Effects of galvanic interaction on collectorless flotation behaviour of chalcopyrite and pyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 52(1), 31–48.
30. Fairthorne, G., Fornasiero, D. and Ralston, J., 1997. Effect of oxidation on the collectorless flotation of chalcopyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 49(1-2), pp.31-48.
31. Fuerstenau, M. C., & Sabacky, B. J. (1981). On the natural floatability of sulfides. *International Journal of Mineral Processing*, 8(1), 79–84.

32. Gardner, J. R., & Woods, R. (1979). An electrochemical investigation of the natural flotability of chalcopyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 6(1), 1–16.
33. Ghahremaninezhad Gharelar, A. (2012). The surface chemistry of chalcopyrite during electrochemical dissolution (T). University of British Columbia
34. Goktepe, F. (2002). Effect of pH on Pulp Potential and Sulphide Mineral Flotation. *Turkish journal of engineering and environmental sciences* 26, 309 - 318.
35. Grano, S. R., Cnossen, H., Skinner, W., Prestidge, C. A., & Ralston, J. (1997). Surface modifications in the chalcopyrite-sulphite ion system, II. Dithiophosphate collector adsorption study. *International Journal of Mineral Processing*, 50(1-2), 27–45.
36. Grdadolnik, J. (2002). ATR-FTIR Spectroscopy: Its Advantages and Limitations. *Acta Chimica Slovenica*, 49 (3), 631–642.
37. Greenler, R. G. (1962). An infrared investigation of xanthate adsorption by lead sulfide. *The Journal of Physical Chemistry*, 66(5), 879–883.
38. Guo, B., Peng, Y., & Espinosa-Gomez, R. (2014). Cyanide chemistry and its effect on mineral flotation. *Minerals Engineering*, 66-68, 25–32.
39. Guo, B., Peng, Y., & Parker, G. (2016). Electrochemical and spectroscopic studies of pyrite–cyanide interactions in relation to the depression of pyrite flotation. *Minerals Engineering*, 92, 78–85.
40. Guo, H., & Yen, W.-T. (2003). Effect of cell design and electrode configuration on the efficiency of applied potential and sulfide mineral flotation. *Minerals Engineering*, 16(9), 877–880.
41. Guo, H., & Yen, W.-T. (2003). Pulp potential and floatability of chalcopyrite. *Minerals Engineering*, 16(3), 247–256.
42. Guo, H., & Yen, W.-T. (2005). Surface potential and dixanthogen stability on chalcopyrite surface. *International Journal of Mineral Processing*, 76(3), 205–213.
43. Hampton, M. A., Plackowski, C., & Nguyen, A. V. (2011). Physical and Chemical Analysis of Elemental Sulfur Formation during Galena Surface Oxidation. *Langmuir*, 27(7), 4190–4201.
44. Hayes, R. A., & Ralston, J. (1988). The collectorless flotation and separation of sulphide minerals by Eh control. *International Journal of Mineral Processing*, 23(1-2), 55–84.
45. Hayes, R. A., Price, D. M., Ralston, J., & Smith, R. W. (1987). Collectorless Flotation of Sulphide Minerals. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 2(3), 203–234.
46. Heyes, G. W., & Trahar, W. J. (1977). The natural flotability of chalcopyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 4(4), 317–344.
47. Hintikka, V. V., & Leppinen, J. O. (1995). Potential control in the flotation of sulphide minerals and precious metals. *Minerals Engineering*, 8(10), 1151–1158.
48. Hu, Y., Sun, W., & Wang, D. (2009). *Electrochemistry of flotation of sulphide minerals*. Beijing: Tsinghua University Press.
49. Hunt, J. M., Wisherd, M. P., & Bonham, L. C. (1950). Infrared Absorption Spectra of Minerals and Other Inorganic Compounds. *Analytical Chemistry*, 22(12), 1478–1497.
50. Ismail, Z. K., Hauge, R. H., & Margrave, J. L. (1973). Infrared spectra of matrix-isolated sodium and potassium cyanides. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 45(2), 304–315.
51. Ismail, Z. K., Hauge, R. H., & Margrave, J. L. (1973). Infrared Spectra of the Alkali Metal Cyanides in the Solid State. *Applied Spectroscopy*, 27(2), 93–94.
52. Jameson, G. J., & Emer, C. (2019). Coarse chalcopyrite recovery in a universal froth flotation machine. *Minerals Engineering*, 134, 118–133.

53. Kelebek, S., & Yoruk, S. (2002). Bubble contact angle variation of sulphide minerals in relation to their self-induced flotation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 196(2-3), 111–119.
54. Kostovic R.M. (1997). Galvanic effect of grinding medium on galena collection, Doctoral Dissertation, RGF Belgrade, on Serbian
55. Lazic P. (2002). Optimal model of flotation kinetics of non - ferrous metal minerals, Doctoral Dissertation, RGF Belgrade, on Serbian
56. Lazic, P., Vucinic, D., Stanojev, J., & Micovic, B. (2010). Direct selective lead, copper and zinc minerals flotation from polymetallic ore “Podvirovi.” *Journal of Mining Science*, 46(6), 690–694.
57. Leppinen, J. O. (1990). FTIR and flotation investigation of the adsorption of ethyl xanthate on activated and non-activated sulfide minerals. *International Journal of Mineral Processing*, 30(3-4), 245–263.
58. Leppinen, J. O. (n.d.). Fourier-transform infrared spectroscopy. *Surface Characterization*, 369–389.
59. Leppinen, J. O., Basilio, C. I., & Yoon, R. H. (1988). FTIR study of thionocarbamate adsorption on sulfide minerals. *Colloids and Surfaces*, 32, 113–125.
60. Leroi, G. E., & Klemperer, W. (1961). Infrared Spectra of Sodium and Potassium Cyanide. *The Journal of Chemical Physics*, 35(3), 774–775.
61. Li, S., Schwarz, M. P., Feng, Y., Witt, P., & Sun, C. (2019). A CFD study of particle–bubble collision efficiency in froth flotation. *Minerals Engineering*, 105855.
62. Li, Y., Qian, G., Brown, P. L., & Gerson, A. R. (2017). Chalcopyrite dissolution: Scanning photoelectron microscopy examination of the evolution of sulfur species with and without added iron or pyrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 212, 33–47.
63. Lu, J., Dreisinger, D. ., & Cooper, W. . (2002). Thermodynamics of the aqueous copper–cyanide system. *Hydrometallurgy*, 66(1-3), 23–36.
64. Luttrell, G. H., & Yoon, R. H. (1984). Surface studies of the collectorless flotation of chalcopyrite. *Colloids and Surfaces*, 12, 239–254.
65. Ma, Y., Han, Y., Zhu, Y., Li, Y., & Liu, H. (2016). Flotation behaviors and mechanisms of chalcopyrite and galena after cyanide treatment. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 26(12).
66. Mielczarski, J. A., Cases, J. M., & Barres, O. (1996). In Situ Infrared Characterization of Surface Products of Interaction of an Aqueous Xanthate Solution with Chalcopyrite, Tetrahedrite, and Tennantite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 178(2), 740–748.
67. Mielczarski, J. A., Mielczarski, E. (2005). Monitoring mineral surface phenomena by infrared reflection spectroscopy. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 39(1), 33-46.
68. Mielczarski, J. A., Mielczarski, E., & Cases, J. M. (1996). Interaction of Amyl Xanthate with Chalcopyrite, Tetrahedrite, and Tennantite at Controlled Potentials. Simulation and Spectroelectrochemical Results for Two-Component Adsorption Layers. *Langmuir*, 12(26), 6521–6529.
69. Mielczarski, J. A., Mielczarski, E., & Cases, J. M. (1997). Infrared Evaluation of Composition and Structure of Ethyl Xanthate Monolayers Produced on Chalcopyrite, Tetrahedrite, Tennantite at Controlled Potentials. *Journal of Colloid and Interface Science*, 188(1), 150–161.

70. Mielczarski, J. A., Mielczarski, E., & Cases, J. M. (1998). Influence of chain length on adsorption of xanthates on chalcopyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 52(4), 215–231.
71. Misic K. (1986), Possibility of selective activation and flotation of previously depressed chalcopyrite from polymetallic ore of the Rudnik deposit, *Rudarski glasnik* 2 (25), pages 15-19
72. Misis K. (1986), Study of the possibility of selective flotation of galena and chalcopyrite from polymetallic ore of the deposit "Rudnik", doctoral dissertation, RGNF Zagreb
73. Moon, K. S. (1975). Electrochemical investigations of various sulphides, xanthates systems and sulphides, iron, xanthates systems (T). University of British Columbia. Retrieved from.
74. Müller, H. S. P., Halfen, D. T., & Ziurys, L. M. (2012). The spectroscopic parameters of sodium cyanide, NaCN (A'), revisited. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 272(1), 23–26.
75. Niu, Y., Sun, F., Xu, Y., Cong, Z., & Wang, E. (2014). Applications of electrochemical techniques in mineral analysis. *Talanta*, 127, 211–218.
76. Ralston, J. (1991). Eh and its consequences in sulphide mineral flotation. *Minerals Engineering*, 4(7-11), 859–878.
77. Rand, D. A. J., & Woods, R. (1984). Eh measurements in sulphide mineral slurries. *International Journal of Mineral Processing*, 13(1), 29–42.
78. Rao, S., & Leja, J. Surface chemistry of froth flotation.
79. Rosso, K. M. (2006). Reactivity of Sulfide Mineral Surfaces. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 61(1), 557–607.
80. Senior, G. D., & Trahar, W. J. (1991). The influence of metal hydroxides and collector on the flotation of chalcopyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 33(1-4), 321–341.
81. Shaimardan, S. (2018). Hardy-type inequalities in quantum calculus (PhD dissertation). Luleå. Retrieved
82. Tolstoy, V., Chernyshova, I., & Skryshevsky, V. Handbook of Infrared Spectroscopy of Ultrathin Films.
83. Vucinic R. D. (1992). Influence of heavy metal ions on adsorption and adsorption kinetics of xanthate on galena and sphalerite from Stari Trg deposits, Doctoral Dissertation, RGF Belgrade, on Serbian
84. Walker, G. W., Walters, C. P., & Richardson, P. E. (1986). Hydrophobic effects of sulfur and xanthate on metal and mineral surfaces. *International Journal of Mineral Processing*, 18(1-2), 119–137.
85. Wang, X., Eric Forssberg, K. S., & Bolin, N. J. (1989). Thermodynamic calculations on iron-containing sulphide mineral flotation systems, I. The stability of iron-xanthates. *International Journal of Mineral Processing*, 27(1-2), 1–19.
86. Wang, X., Forssberg, E., & Bolin, N. J. (1989). The Aqueous and Surface Chemistry of Activation in the Flotation of Sulphide Minerals—A Review. Part II: A Surface Precipitation Model. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 4(3-4), 167–199.
87. Wang, X.-H., & Forssberg, K. S. E. (1996). The solution electrochemistry of sulfide-xanthate-cyanide systems in sulfide mineral flotation. *Minerals Engineering*, 9(5), 527–546.
88. Woods, R. (2003). Electrochemical potential controlling flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 72(1-4), 151–162.

89. Woods, R., & Hope, G. A. (1998). Spectroelectrochemical investigations of the interaction of ethyl xanthate with copper, silver and gold: I. FT-Raman and NMR spectra of the xanthate compounds. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 137(1-3), 319–328.
90. Woods, R., Basilio, C. I., Kim, D. S., & Yoon, R. H. (1992). Ethyl xanthate chemisorption isotherms and Eh-pH diagrams for the silver + water + ethyl xanthate system. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 328(1-2), 179–194.
91. Woods, R., Basilio, C., Kim, D., & Yoon, R.-H. (1994). Chemisorption of ethyl xanthate on copper electrodes. *International Journal of Mineral Processing*, 42(3-4), 215–223.
92. Woods, R., Hope, G. A., & Brown, G. M. (1998). Spectroelectrochemical investigations of the interaction of ethyl xanthate with copper, silver and gold: II. SERS of xanthate adsorbed on silver and copper surfaces. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 137(1-3), 329–337.
93. Woods, R., Young, C. A., & Yoon, R. H. (1990). Ethyl xanthate chemisorption isotherms and Eh-pH diagrams for the copper/water/xanthate and chalcocite/water/xanthate systems. *International Journal of Mineral Processing*, 30(1-2), 17–33.
94. Yang, X., Huang, X., Qiu, T., & Jiao, X. (2015). Application of Eh-pH diagram for activation of depressed chalcopyrite in cyanidation tailings. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*.
95. Yu, J., Yang, H., & Fan, Y. (2011). Effect of potential on characteristics of surface film on natural chalcopyrite. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21(8), 1880–1886.
96. Zoski, C. (2007). *Handbook of electrochemistry*. Amsterdam: Elsevier.

2.2. Циљ истраживања

Циљ истраживања у оквиру ове докторске дисертације је утврђивање промена на површини халкопирита и њихов утицај на успешност процеса флотирања. Докторска дисертација би могла имати и практичну вредност услед могућности корекције реагенског режима на постројењу “Рудник” ради добијања бољих резултата концентрације а пре свега искоришћења халкопирита у концентрату бакра.

Литературним прегледом се може закључити да су кроз дуги низ година вршена испитивања која се баве селективном променом стања површина минерала у току флотирања полиметаличних минералних сировина. Чак и поред обимних истраживања није до краја разјашњена промена стања површине халкопирита при директном добијању селективних концентрата из комплексне олово-бакар-цинкове руде.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

У овој докторској дисертацији полази се од следећих хипотеза:

- Основна хипотеза од које се полази у овој докторској дисертацији је да се стање површине халкопирита може селективно мењати помоћу хемисјких реагенаса.
- Полазећи од ове хипотезе биће извршена провера услова при којима се стање површине халкопирита мења. Такође, извршиће се покушај идентификације

процеса интеракција хемисјких реагенаса са површином халкопирита и на тај начин настале промене на површини

- Извршиће се утврђивање стања површине минерала халкопирита током флотацијске концентрације и начин настајања промена на површини.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

На основу литературе која се односи на флотацијске особине халкопирита докторска дисертација биће реализована коришћењем следећих метода истраживања:

- Методе теоријске анализе (проучавање теоријских сазнања у вези са темом)
- Дескриптивно - аналитичке методе (анализа прикупљених података)
- Казуалне методе (утврђивање узрочно последичних веза између фактора који утичу на флотацијско искоришћење халкопирита)
- Компаративне методе (упоређивање добијених експерименталних резултата са резултатима сличних приступа)
- Квантитативне методе (регресиона и корелациона анализа)

У првом делу ове докторске дисертације биће приказане теоријске основе флотацијске концентрације, посебно са аспекта селективне флотацијске концентracије, и индустријска пракса у вези са флотирањем халкопирита.

У другом делу биће приказани резултати фундаменталних испитивања који ће обухватити флотирање, одређивање оксидо-редукционог и електрокинетичког потенцијала, спектралну UV-VIS, FTIR и XRD анализу минерала халкопирита из узорка руде са рудника “Рудник”.

На почетку испитивања ће бити извршена карактеризација минерала халкопирита из лежишта рудника „Рудник“ помоћу рендгенске дифракције (XRD), електрон скенирајуће микроскопије (SEM) и оптичке микроскопије.

У току испитивања ће бити извршени експерименти флотирања халкопирита класе крупноће $-75 + 53 \mu\text{m}$ у функцији рН пулпе, концентрације колектора KAX и депримиатора NaCN у ћелији за беспено флотирање.

Обавиће се одређивање оксидо-редукционог потенцијала халкопиритове електорде у току процеса флотацијске концентracије.

Обавиће се одређивање електрокинетичког потенцијала халкопирита при условима који владају у флотацијској концентracији.

Извршиће се FTIR спектрална анализа површине халкопирита при условима установљеним флотацијском концентracијом.

Извршиће се UV-VIS спектрална анализа раствора флотацијских реагенаса након контакта са површином халкопирита.

Извршиће се одређивање специфичне површине минерала халкопирита Brunauer–Emmett–Teller (BET) методом.

Обрада резултата испитивања биће обављена помоћу конвенционалних програмских пакета за персоналне рачунаре (MS WORD, EXCEL, ORIGIN и др.).

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Реализацијом истраживања у оквиру теме докторске дисертације - **Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде лежишта рудника „Рудник“** - може се очекивати следеће:

- Докторска дисертација обухватиће испитивање веома значајне проблематике из области селективне флотацијске концентрације минерала халкопирита.
- Утврђивање флотабилности халкопирита из лежишта рудника „Рудник“.
- Утврђивање стања површине халкопирита и процеса који доводе до њене промене у току флотацијске концентracије.
- Поред научног, посебан допринос је у томе што се на основу постављених циљева и задатака може очекивати да ће практични значај добијених резултата дати могућност њихове примене у индустријским условима у циљу побољшања технолошких показатеља флотирања минерала бакра у флотацијском постројењу рудника “Рудник”, или бар указати на ограничења технолошког поступка.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације подељена су у два дела. У општем делу даће се уводна разматрања, основни принципи флотирања, опис досадашњих истраживања у области флотабилности халкопирита. У специјалном делу даће се такође уводна разматрања, примењене методе истраживања, припрема и обрада узорак за истраживања. Даће се детаљни поступци извођења експеримената флотирања, одређивања оксидо-редукционог потенцијала, електрокинетичког потенцијала, спектралне инфрацрвене анализе, приказ и дискусија резултата, закључак и предлог даљих истраживања. На крају даће се списак коришћене литературе.

Садржај докторске дисертације

1. Увод у општи део
2. Теоријске основе флотирања
3. Флотабилност халкопирита
4. Опис процеса припреме Pb-Zn-Cu руде рудника "Рудник"
5. Увод у специјални део
6. Методе испитивања
7. Узорци за испитивања
8. Процедура извођења експеримената флотирања
9. Процедура извођења експеримената одређивања оксидо-редукционог потенцијала
10. Процедура извођења експеримената одређивања електрокинетичког потенцијала
11. Процедура извођења експеримената инфрацрвене спектралне анализе
12. Приказ и дискусија резултата
13. Закључак
14. Предлог даљих истраживања
15. Литература

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Кандидат **Ђурица НИКШИЋ**, мастер инжењер рударства испуњава све законом прописане услове за израду докторске дисертације. До сада је објавио један рад у часописима са SCI листе (категорије M23) из области блиске теми дисертације, два рада на међународним скуповима (M33) од чега један рад из области флотације, један рад у домаћем часопису и један рад на домаћем скупу такође из области флотације. Као

асистент има и искуство у научно-истраживачком раду који је у директној вези са истраживањем које ће бити спроведено у оквиру дисертације. На основу прегледаног материјала из Пријаве докторске дисертације, на основу увида у досадашње резултате постигнуте на докторским студијама и на основу одбране предложене теме (записник у прилогу), чланови Комисије сматрају да предложена тема докторске дисертације под називом „Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде лежишта рудника „Рудник“ није адекватна, и предлажу да наслов теме докторске дисертације буде ”Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде рудника „Рудник”. Оваква тема предложене докторске дисертације је у потпуности научно заснована. На основу наведеног, предлажемо Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да кандидату **Ђурици НИКШИЋУ**, мастер инжењеру рударства одобри рад на изради докторске дисертације под насловом „Флотабилност халкопирита из полиметаличне руде рудника „Рудник“, а да за менторе именује др Предрага Лазића, редовног професора Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, и др Милену Костовић редовног професора Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

У Београду 5.3.2021. год.

Чланови комисије:

др Предраг Лазић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки
факултет

др Милена Костовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки
факултет

др Драган Радуловић, виши научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина у Београду