



РУДАРСКИ ГЛАСНИК BULLETIN OF MINES

Број 1-2, год. CXVIII, 2021.

No 1-2, Vol CXVIII, 2021.



РУДАРСКИ ГЛАСНИК

BULLETIN OF MINES

Главни и одговорни уредник

Академик проф. др Слободан Вујић

Editor in Chief

Academician Prof. Dr. Slobodan Vujić

Издавач:

РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
Београд, Батајнички пут бр. 2; тел. 011 21 99 277
факс 011 26 14 632; www.ribeograd.ac.rs

Publisher:

MINING INSTITUTE BELGRADE
Belgrade, Batajnički put 2, tel: +381 11 21 99 277
fax: +381 11 26 14 632; www.ribeograd.ac.rs

За издавача:

Др Милинко Радосављевић, директор РИ

For publisher:

Dr. Milinko Radosavljević, director of the MI

Превод:

Академија Oxford – Нови Београд

Translation:

Akademija Oxford - Novi Beograd

Лектура:

Милена Миловић
Матица српска Нови Сад

Proofreading:

Milena Milović
Matica srpska Novi Sad

Штампа:

Colorgrafx, Београд

Press:

Colorgrafx, Belgrade

Тираж:

300 примерака

Circulation:

300 copies

Место и година издања:

Београд, 2021.

Place and year of the issue:

Belgrade, 2021.

YU ISSN 0035-9637

YU ISSN 0035-9637

Адреса:

Редакција Рударског гласника
11000 Београд, Батајнички пут бр. 2
е-пошта: rg@ribeograd.ac.rs

Adress:

Editorial Board of the Bulletin of Mines
11000 Belgrade, Serbia, Batajnički put 2
e-mail: rg@ribeograd.ac.rs

Copyright ©

РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД, 2021.

Copyright ©

MINING INSTITUTE, BELGRADE, 2021.

РЕДАКЦИЈА

Академик проф. др Слободан Вујић, гл. и одг. уредник
Др Милинко Радосављевић, зам. гл. и одг. уредника
Др Светлана Полавдер, секретар редакције
Мр Јасмина Нешковић, кореспонденција
Павле Стјепановић, графичка припрема
Раде Шарац, коректура

Емеритус проф. Надежда Ћалић, проф. др Јасминка Цвејић, проф. др Слободан Трајковић, проф. др Александар Милутиновић, проф. др Раде Јеленковић, проф. др Лазар Кричак, проф. др Предраг Лaziћ, проф. др Милош Танасијевић, проф. др Владимир Чебашек, проф. др Томислав Шубарановић, проф. др Срђан Костић, Жељко Праштало, Владан Чановић, др Сандра Петковић, Стеван Ђорлука, Марко Павловић, др Драгица Јагодић Крунић

МЕЂУНАРОДНИ ИЗДАВАЧКИ САВЕТ

Академик проф. др Валентин А. Чантурија, *Руска академија наука, Институт комплексне експлоатације минералних ресурса Н. В. Мељников, Москва, Русија*
Академик проф. др Владан Ђорђевић, *Српска академија наука и уметности, Београд*
Академик проф. др Александар Грубић, *Академија наука и уметности Републике Српске, Бања Лука*
Академик проф. др Неђо Ђурић, *Академија наука и уметности Републике Српске, Бања Лука*
Проф. др Виктор Н. Опарин, *дописни члан Руске академије наука, Рударски институт, Новосибирск, Русија*
Проф. др Венцислав Иванов, *Бугарска*
Проф. др Зоран Панов, *Универзитет Гоце Делчев, Факултет природних и техничких наука, Штип, Северна Македонија*
Др Марјан Худеј, *Словенија*
Проф. др Марек Цала, *АГХ универзитет за науку и технологију, Краков, Пољска*
Проф. др Аруна Мангалпади, *Национални институт за технологију, Рударски одсек, Карнатака, Индија*
Проф. др Мариан Долипски, *Силесиан универзитет за технологију, Руд. геол. факултет, Гљивице, Пољска*
Проф. др Раул Кастро, *Универзитет Чиле, Одсек за рударско инжењерство, Антофагаста, Чиле*
Проф. др Владимир Сливка, *ВSB Технички универзитет, Руд. геол. факултет, Острава, Чешка*
Проф. др Тунцел М. Јегулалп, *Колумбија универзитет, Рударска школа Хенри Крумб, Њујорк, САД*
Проф. др Вереш Јоел, *Универзитет у Петрошану, Рударски факултет, Румунија*
Проф. др Карстен Дребенштет, *ТУ Рударска академија Фрајберг, Инст. за рударство, Немачка*
Проф. др Милован Урошевић, *Кртин Универзитет, Перт, Аустралија*

EDITORIAL BOARD

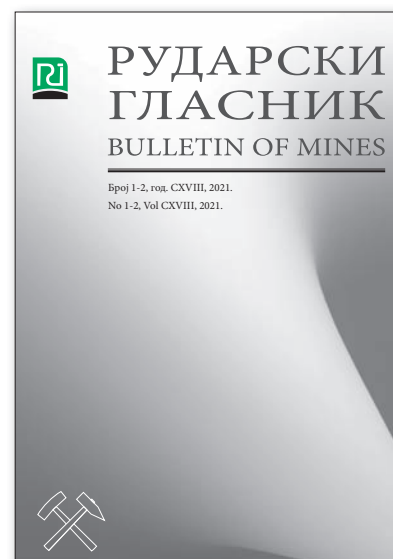
Academician Prof. Dr. Slobodan Vujić, editor in chief
Dr. Milinko Radosavljević, deputy editor in chief
Dr. Svetlana Polavder, editorial secretary
MSc Jasmina Nešković, correspondence
Pavle Stjepanović, graphics preparation
Rade Šarac, proofreading

Emeritus Prof. Nadežda Čalić, Prof. Dr. Jasminka Cvejić, Prof. Dr. Slobodan Trajković, Prof. Dr. Aleksandar Milutinović, Prof. Dr. Rade Jelenković, Prof. Dr. Lazar Kričak, Prof. Dr. Predrag Lazić, Prof. Dr. Miloš Tanasijević, Prof. Dr. Vladimir Čebašek, Prof. Dr. Tomislav Šubaranović, Prof. Dr. Srđan Kostić, Željko Praštalo, Vladan Čanović, Dr. Sandra Petković, Stevan Ćorluka, Marko Pavlović, Dr. Dragica Jagodić Krunić

INTERNATIONAL PUBLISHING COUNCIL

Academician Prof. Dr. Valentin A. Chanturiya, *Russian Academy of Sciences, Institute of Complex Exploitation of Mineral Resources N. V. Melnikov, Moscow, Russia*
Academician Prof. Dr. Vladan Đorđević, *Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade*
Academician Prof. Dr. Aleksandar Grubić, *Academy of Sciences and Arts of the Republika Srpska, Banja Luka*
Academician Prof. Dr. Nedo Đurić, *Academy of Sciences and Arts of the Republika Srpska, Banja Luka*
Prof. Dr. Victor N. Oparin, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Mining, Novosibirsk, Russia*
Prof. Dr. Vencislav Ivanov, *Bulgaria*
Prof. Dr. Zoran Panov, *University Goce Delčev, Faculty of Natural and Technical Sciences, Štip, Northern Macedonia*
Dr. Marjan Hudej, *Slovenia*
Prof. Dr. Marek Cala, *AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland*
Prof. Dr. Aruna Mangalpady, *National Institute of Technology, Department of Mining, Karnataka, India*
Prof. Dr. Marian Dolipski, *Silesian University of Technology, Faculty of Mining and Geology, Gliwice, Poland*
Prof. Dr. Raúl Castro, *University of Chile, Department of Mining Engineering, Antofagasta, Chile*
Prof. Dr. Vladimir Slivka, *VSB-TU, Faculty of Mining and Geology, Ostrava, Czech Republic*
Prof. Dr. Tuncel M. Yegulalp, *Columbia University, Henry Krumb School of Mines, New York, USA*
Prof. Dr. Veres Ioel, *University of Petrosani, Faculty of Mining, Romania*
Prof. Dr. Carsten Drebenstedt, *TU Bergakademie Freiberg, Institute of Mining, Germany*
Prof. Dr. Milovan Urošević, *Curtin University, Perth, Australia*

САДРЖАЈ / TABLE OF CONTENTS



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

Сто тридесет и пет година непристојне игре која не познаје границе

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

One hundred and thirty-five years of indecorous game that knows no bounds

Slobodan Vujić..... 5

РАЗВОЈ РУДАРСТВА КОСОВА И МЕТОХИЈЕ У ДРУГОЈ ПОЛОВИНИ XX ВЕКА

EVOLUTION OF MINING IN KOSOVO AND METONIJA IN 2nd HALF OF XX CENTURY

Slobodan Vujić, Milinko Radosavljević..... 11

РЕИНТЕГРАЦИЈА ПРОСТОРА КОСОВА И МЕТОХИЈЕ ЕНЕРГЕТСКА БУДУЋНОСТ

РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

REINTEGRATION OF KOSOVO AND METONIJA AS ENERGY FUTURE OF THE REPUBLIC OF SERBIA

Svetomir Maksimović, Željko Praštalo, Rade Šarac..... 21

ТЕХНОЛОШКО РЕШЕЊЕ СТАБИЛИЗАЦИЈЕ УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА

ПОВРШИНСКИХ КОПОВА ПОЉЕ Б И Ц ЗА ПОТРЕБЕ ОДЛАГАЊА ОТКРИВКЕ

СА ПОВРШИНСКОГ КОПА ПОЉЕ Е, РБ КОЛУБАРА

TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR STABILIZATION OF THE INTERNAL LANDFILL

OF THE OPEN PIT MINES FIELD B AND C FOR THE NEEDS OF DISPOSAL OF

OVERBURDEN FROM THE OPEN PIT MINE FIELD E, MB KOLUBARA

Dragan Milošević, Željko Praštalo, Branka Jovanović, Rade Šarac 31

ЗАШТИТА УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА ПК ПОЉЕ-Ц ОД ПОВРШИНСКИХ И ПОДЗЕМНИХ ВОДА РАДИ ПОВЕЋАЊА СТАБИЛНОСТИ И НОСИВОСТИ ОДЛОЖЕНИХ МАСА, РБ КОЛУБАРА PROTECTION OF THE INTERNAL LANDFILL PK POLJE-C AGAINST SURFACE AND GROUNDWATER IN ORDER TO INCREASE THE STABILITY AND LOAD-BEARING CAPACITY OF DISPOSED MASSES, MB KOLUBARA Vladan Čanović, Svetomir Maksimović, Violeta Čolaković.....	43
УТИЦАЈ ПРЕДОДВОДЊАВАЊА И ОДВОДЊАВАЊА ПОВРШИНСКИХ КОПОВА ЛИГНИТА У ЈАВНОМ ПРЕДУЗЕЋУ ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ НА СМАЊЕЊЕ ВЛАГЕ У УГЉУ THE IMPACT OF PREDRAINAGE AND DRAINAGE OF LIGNITE OPEN-PIT MINES IN PUBLIC ENTERPRISE ELECTRIC POWER INDUSTRY OF SERBIA ON REDUCING COAL MOISTURE Svetomir Maksimović, Željko Praštalo, Rade Šarac.....	55
ПРИМЕНА БИЉКЕ ВЕТИВЕР У СТАБИЛИЗАЦИЈИ КОСИНА И РЕКУЛТИВАЦИЈИ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА USE OF VETIVER PLANTS IN STABILIZATION SLOPES AND RECULTIVATION OF SURFACE MINES Željko Praštalo, Vladan Čanović, Milinko Radosavljević.....	63
КВАЛИТЕТ АМБИЈЕНТАЛНОГ ВАЗДУХА НА ЛОКАЛИТЕТУ ЛЕЖИШТА БОРНИХ МИНЕРАЛА ПИСКАЊА КОД БАЉЕВЦА НА ИБРУ AMBIENT AIR QUALITY AT PISKANJA BORON MINERAL DEPOSIT NEAR BALJEVAC ON THE IBAR RIVER Milinko Radosavljević, Svetlana Polavder, Milena Žarković, Jasna Đerisilo.....	75
ОДРЕЂИВАЊЕ БОНДОВОГ РАДНОГ ИНДЕКСА НА УЗОРЦИМА КРЕЧЊАКА ИЗ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ОДСУМПОВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА, ИЗ ТЕ КОСТОЛАЦ И ТЕ УГЉЕВИК DETERMINING THE BOND WORK INDEX ON LIMESTONE SAMPLES FROM FLUE GAS DESULPHURIZATION PLANT IN TPP KOSTOLAC AND TPP UGLJEVIK Nenad Milojković, Jasmina Nešković, Pavle Stjepanović, Dejan Lazić, Klara Konc Janković	89
ПРОФЕСОР ДРАГИША ДРАШКИЋ Своју струку треба волети, живети за њу и бити поштен према њој PROFESSOR DRAGIŠA DRAŠKIĆ You should love your profession, live for it and treat it fairly Slobodan Vujić, Nadežda Čalić	99
КЊИГЕ / BOOKS.....	109
У СЕЋАЊУ/ IN MEMORIAM.....	115

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

Сто тридесет и пет година непристојне игре која не познаје границе

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

One hundred and thirty-five years of indecorous game that knows no bounds

DOI: 10.25075/BM.2021.01

Слободан Вујић
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

Slobodan Vujić
MINING INSTITUTE BELGRADE
slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

Невидљивост рударске науке у Српској академији наука и уметности траје од њеног оснивања 1887. године, од времена Љубомира Клерића, инжењера рударства, једног од 14 утемељитеља Српске краљевске академије (данас САНУ), оснивача школе механике и школе машинства на Универзитету у Београду. До сада ниједан од десетак предложених рударских стручњака није удостојен чланства у САНУ.

Ову неразумну чињеницу генерише Одељење техничких наука, у којем техничке науке безусловно заступају особе из фундаменталних наука (физика, механика, електромагнетизам, нанотехнологија, интелигенција инсеката, пиринчано кулинарство и сл.), тешко видљивих резултата у инжењерству и техничким наукама. Одељење постојано заобилази научну, стручну и моралну обавезу подједнаког уважавања свих области техничких наука. Кандидати ускопојасног миљеа протежирају се предлозима и када за

The Serbian Academy of Sciences and Arts has been refusing to acknowledge the mining science ever since its establishment in 1887, the time of Ljubomir Klerić, mining engineer, one of the 14 founders of the Serbian Royal Academy of Sciences (now SASA), the founder of the School of Mechanics and the School of Mechanical Engineering at the University of Belgrade. So far, none of the dozen proposed mining experts has been honored to be a member of SASA.

This is due to the Department of Technical Sciences going against the grain, by having technical sciences unconditionally represented by fundamental sciences (physics, theoretical mechanics, electromagnetism, nanotechnology, insect intelligence, rice dishes, etc.) people with hardly visible results in engineering and technical sciences. The Department has constantly been avoiding the scientific, professional, and moral obligation to respect all technical science fields equally. The narrow milieu candidates are favored in proposals even when the proposers

предметну научну област предлагачи (потписници реферата) немају компетентност. На недавним изборима експерти за физику својом стручношћу стоје иза предлога кандидата, а Одељење подржава, за области: енергетика, заштита информација и приватност, металургија, нанотехнологија и наноструктуре керамичких материјала науке о материјалима, електрохемијско инжењерство, корозија и заштита итд. Свезнање је савремена појава и није својствено само Одељењу техничких наука, у суседном одељењу геологији са средњошколским познавањем физике и математике одлучују о избору физичара и математичара (претпоставка високе научне референтности), а ови пак, без икаквих школских предзнања из геологије, одлучују о избору геолога. Ови епизодни примери нису усамљени, али они показују да су одељењски избори, као кључни за проходност, сведени на погодбу ослобођену принципа које налажу наука и струка, те откривају самовољу и потпуну потонулоост изборних принципа САНУ.

Поводом одржаних избора у Академији и аутистичног односа према рударској науци, аутор је 27. септембра 2021. упутио писмо (на које није добио одговор те се стога сматра отвореним) Председништву САНУ следећег садржаја:

Поштовано Председништво САНУ,

повод обраћања су избори у чланство САНУ 2021. године, а мотив необјашњив однос САНУ према рударству. Не знам да ли смо у стању да се чујемо, саслушамо и разумемо, струка којој припадам, којој су врата САНУ затворена од оснивања СКА, обавезује да вам се обратим.

У вези са изборном грађом и избором у чланство САНУ 2021. године више је питања:

На увид јавности није стављена грађа свих, већ само кандидата који су добили подршку одељења. Ово отвара сумњу у објективност изборног рангирања и прикривања од јавности дела изборне грађе. Ако је у изборном поступку све транспарентно, објективно, коректно, зашто се на овај начин побуђује разградња поверења?

(paper signatories) are not competent in the subject scientific field. In the recent elections, physics experts stood behind the candidate proposal, supported by the Department, for the following areas: energy, data protection and privacy, metallurgy, nanotechnology and ceramic nanostructures, materials science and engineering, electrochemical engineering, corrosion and protection, etc. Omniscience is a modern phenomenon and is not unique to the Department of Technical Sciences. Namely, in the neighboring department, geologists with high school knowledge of physics and mathematics decide on the physicist and mathematician member election (assuming high scientific references). These, in turn, lacking any school knowledge of geology, decide on the election of geologists. These episodic examples are not isolated but show that the department member elections, as key to being elected a member, are reduced to a bargain lacking principles imposed by science and profession, they reveals the arbitrariness and complete sinking of SASA's electoral principles.

On the occasion of the elections held at the Academy and the disparaging attitude towards mining science, on September 27, 2021, the author sent the following letter (to which he did not receive a reply and is therefore considered open) to the SASA Presidency:

Dear SASA Presidency,

the reason for writing this letter is the elections to the SASA membership in 2021, and the motive is the abstruse SASA's attitude towards mining science. I do not know if we are able to hear, listen to and understand each other; the discipline to which I belong, and to which the doors of SASA have been closed since the founding of SRAS, obliges me to address you.

There are several questions regarding the candidates' credentials and the election to the SASA membership in 2021:

Not everyone's credentials were made available to the public, but only of the candidates who received the department support. This raises doubts about the objectivity of the election ranking and the concealment of parts of the credentials from the public. If everything in the election procedure is transparent, objective, fair, why is trust violated in this way?

Резултати одељењског гласања објављени су у дневној штампи (Данас, Политика) пре окончања приговорног периода. Чак и да је у питању формална логичка грешка у процедури изборног поступка, она обесмишљава позив на приговоре и фарсично открива надменост с поруком јавности да су одељењски предлози неоспориви, а племенитост идеје о приговору доводи до поруге.

Од времена Љубомира Клерића (1887), дипл. инж. рударства (један је од утемељитеља СКА (САНУ), оснивач школе механике и школе машинства на Универзитету у Београду), до данас ниједан од десетак предлаганих рударских стручњака није удостојен чланства у САНУ. Без објашњивог одговора ово је поражавајућа чињеница.

Легитимно је не познавати рударство, а да ли је легитимно не признавати рударску науку и у незнању је вредновати и оспоравати? Испоставља се да је ту легитимност приуштила себи елита над елитом у науци, заклоњена ауторитетом здања САНУ и неупитном сведимензионалном аутономијом, без осећаја обавезе поштовања општег и посебног, посебног и општег, разумевања и одговорности према свим научним областима подједнако.

Корисно је подсетити се. Рударство је повлашћено да је достигнућима исписало историју техничких наука и почетака инжењерског образовања. Рударске инжењерске школе изнедриле су бројне научнике, великане међу којима су најзнаменитији Михаил Ломоносов, Михајло Пупин, нобеловци Морис Але (економија), Жорж Шарпак (физика), Хамфри Дејви (председник Британског краљевског друштва) изумитељ је рударске сигурносне лампе, назване по његовом имену.

Рударска наука није салонска наука, њену стваралачку енергију широког спектра теорије и праксе не разумеју и не могу одмеравати салонски научници уског фундаменталног усмерења. У вредновању научних доприноса у рударству није применљива метрика наука које су у темељима рударства, као што су физика, механика, математика, наука о материјалима, електромагнетика итд., односно метрика заснована на функционалним принципима сепарације – пребројавања

The results of the departmental voting were published in the daily press (Danas, Politika) before the end of the objection period. Even if it is a formal logical error in the election procedure, it makes the call for objections meaningless and farcically reveals arrogance, sending a message to the public that department proposals are indisputable, and ridicules the considerate purpose of objections.

Since the time of Ljubomir Klerić (1887), BSc in mining (he is one of the founders of SRAS (SASA), the founder of the School of Mechanics and the School of Mechanical Engineering at the University of Belgrade), to date, none of the dozen proposed mining experts has been honored with membership in SASA. Without a reasonable answer, this is a devastating fact.

It is legitimate not to know mining, but is it legitimate not to recognize mining science and to value and dispute it in ignorance? It turns out that the science superelite has availed itself of this legitimacy, shielded by the SASA institutional authority and indisputable all-dimensional autonomy, without a sense of obligation to respect the general and special, special and general, to understand and consider all scientific fields equally.

Recalling is useful. Mining is privileged to have achievements that have written a history of technical sciences and the beginnings of engineering education. Mining engineering schools claim many scientists, giants, including most renowned Mikhail Lomonosov, Michael Pupin, Nobel laureates Maurice Allais (economics), Georges Charpak (physics), Humphry Davy (president of the British Royal Society), inventor of mining safety lamp named after him.

Mining science is not a salon science. Its creative energy of a wide range of theory and practice is not understood and cannot be measured by salon scientists of a narrow fundamental orientation. The metrics of the sciences underpinning mining, such as physics, mechanics, mathematics, materials science, electromagnetics, etc., i.e., metrics based on functional principles of separation – counting pre- and post-sieving works, citations, and other relevant indicators, are not applicable in evaluating scientific contributions in mining.

надрешетних и подрешетних радова, цитата и других релевантних показатеља.

Пут до научног дела у рударству води од проблема (научне индикације) до решења и доказаног исхода. Истраживања су често дуготрајна, неизвесна, ресурсно сложена и захтевна. У овом процесу рађања новог генеришу се и основе за писање и публиковање радова. Дакле, резултат истраживања претходи раду, а не обратно. У базама формираним селективним праћењем ограниченог броја извора због језичких и других баријера бројни значајни научни часописи из рударства нису обухваћени, а у декларисаној групи за рударство 63% није из рударства. Ова реалност такође упозорава на то да се нормативи вредновања доприноса у рударској науци не могу сводити на пуко пребројавање јединица по преферираним базама података.

Наша ребрендирана елита техничких наука у САНУ, изгубљене способности за хармонизацију, то не види. Због форматираних изборних задатака, вероватно утицајног порекла, примењује се правило „ја теби – ти мени“, веома уочљиво и у изборној грађи за 2021. Ребрендирана елита живи у овој и од ове средине са уделом и рударства, а понаша се као да припада неком другом свету, не хајући за последице својих доприноса техничким наукама.

Као мала епизода у ванвременском односу изборне обеспућености рударства у САНУ, лично искуство показује да за изборну проходност научни доприноси могу бити контрпродуктивни, те да су преферентнији доприноси ускопојасне усмерености. На примеру мојих више поновљених кандидатура, то је видљиво у клизајућој променљивости односа подршке (броја гласова) и релевантних референтних параметара. Таквом игром може се подесити да ни Нобелова награда није довољна за пријем у САНУ и постиже да је неважно: бити инострани члан Руске академије наука и пет струковних националних и међународних научних академија, почасни доктор, аутор 400 објављених радова, 29 монографија, 14 стручних публикација и уџбеника, 759 цитата, 44 научна пројекта, 200 успешно реализованих индустријских пројекта, седам отворених рудника, бити у уредништву и чланству у издавачким саветима пет међународних научних часописа, учествовати у

The path to a scientific paper in mining leads from the problem (scientific indication) to the solution and proven outcome. Research is often lengthy, uncertain, resource-wise complex, and demanding. This process of giving birth to something new also generates the grounds for writing and publishing works. Thus, the research result precedes the paper, not the other way around. Due to language and other barriers, numerous significant scientific mining journals are not included in the databases formed by selective following of a limited number of sources, and in the declared mining group, 63% of them are not from the mining field. This reality also warns that the standards for evaluation of contributions in mining science cannot be reduced to a mere counting of units in preferred databases.

Having lost the ability to harmonize, our rebranded elite of technical sciences at SASA fails to see that. The formatted nature of election tasks, probably of some authoritative origin, shows that the rule “scratch my back, and I’ll scratch yours” holds and is very noticeable among the 2021 election candidates. The rebranded elite lives in and on this setting which is contributed to by mining, among other things. However, it acts as if belonging to another world, not caring about the consequences of its contributions to technical sciences.

As a minor episode in the timeless electoral disenfranchisement of mining at SASA, personal experience shows that scientific contributions can be counterproductive for being elected and that narrow-range orientations are preferable. The example of my repeated candidacy shows this in the sliding variability of the support (number of votes) to relevant reference parameters ratio. In such a game, one can set a parameter that not even the Nobel Prize is enough for admission to SASA and make being a foreign member of the Russian Academy of Sciences and five professional national and international scientific academies, honorary doctorate holder, author of 400 published papers, 29 monographs, 14 professional publications and textbooks, 759 citations, 44 scientific projects, 200 successfully implemented industrial projects, having opened seven mines, being a member of editorial and publishing boards of five international scientific journals, a participant in the establishment of

оснивању катедре и лабораторије за математичко моделовање и системско инжењерство у рударству итд.

Тешко је искочити из стварности, али зарад јасне одређености, коректности према кандидатима и предлагачима, зарад избегавања непотребних неспоразума, у јавним позивима за предлагање кандидата спецификацији услова треба придружити и услове ускопојасне усмерености.

У САНУ, као институцији од највећег националног значаја која се мора чувати, реконструкција изборне парадигме и решавање других проблема може се успешно извести капиталним ремонтом са добро осмишљеним хаваријским алгоритмом.

У Београду,
27. 09. 2021.

Срдачно,
Слободан Вујић

a department and laboratory for mathematical modeling and systems engineering in mining, and other achievements irrelevant.

It is challenging to move beyond reality, but for the sake of precise specification, fairness towards candidates and proposers, for the sake of avoiding unnecessary misunderstandings, the narrow-range orientation condition should be added to the specification of conditions in public calls for proposing candidates.

In SASA, as an institution of the greatest national importance that must be preserved, the electoral paradigm reconstruction and solving of other problems can be successfully done by a complete overhaul with a well-designed system crash algorithm.

*In Belgrade,
September 27, 2021*

*Sincerely,
Slobodan Vujčić*

РАЗВОЈ РУДАРСТВА КОСОВА И МЕТОХИЈЕ У ДРУГОЈ ПОЛОВИНИ XX ВЕКА

EVOLUTION OF MINING IN KOSOVO AND METOHİJA IN 2nd HALF OF XX CENTURY

DOI: 10.25075/BM.2021.02

Слободан Вујић
Милинко Радосављевић
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

Slobodan Vujić
Milinko Radosavljević
MINING INSTITUTE BELGRADE
slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

Сажетак: У петој и шестој деценији прошлог столећа рударство Косова и Метохије доживело је велики развојни успон. У раду је сажето приказан развој, улагања у развој, научна, стручна и образовна подршка развоју, и на крају рада резултати и ефекти. Дужни смо да напоменемо да се садржај рада ослања на текст 7. поглавља монографије наведене под бројем 6 у литератури.

Кључне речи: КОСОВО И МЕТОХИЈА, РУДА, РУДНИК, МИНЕРАЛНО-СИРОВИНСКИ КОМПЛЕКС

Abstract: The mining in Kosovo and Metohija has evolved greatly in the fifth and sixth decades of the previous century. This study gives a brief display of the evolution, investing in development, the scientific, expert and educational support to the development and, in its final part, the results and effects. We should note that the study content is based on the text of the 7th chapter of the paper under no. 6 of the Literature list.

Key words: KOSOVO AND METOHİJA, ORE, MINE, MINERAL RESOURCE COMPLEX

УВОД

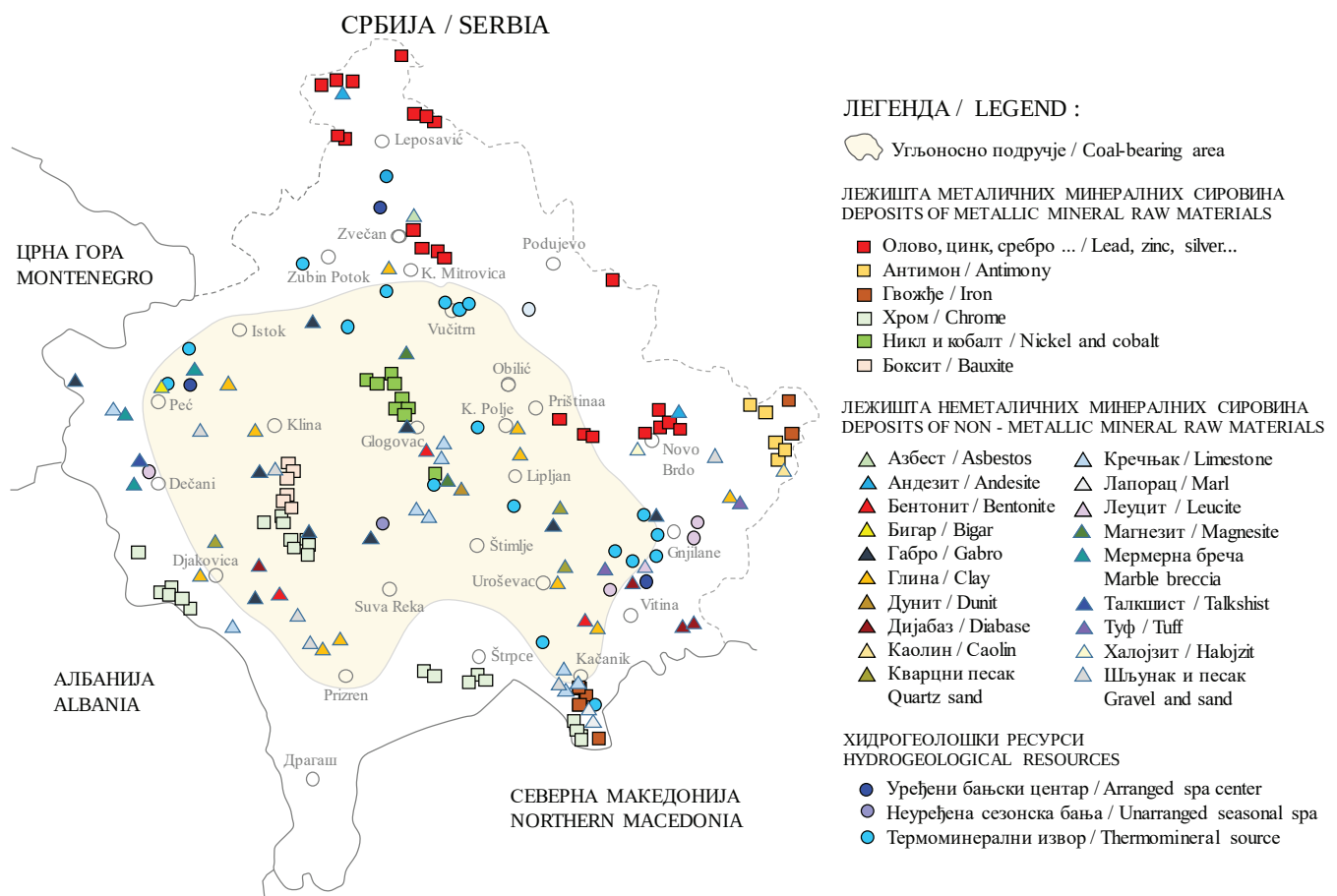
После II светског рата, у плановима обнове опустошене и разорене земље, рударству је, као основној привредној грани, дат стратешки приоритет. Захваљујући потенција-

PREFACE

Following the II World War, mining, being the principal branch of industry, was given strategic priority in the plans for reconstruction of the ravaged and devastated country. Thanks

лима минералних сировина, слика 1, у веома оскудним материјалним, техничко-технолошким и кадровским условима одмах по окончању рата почела је обнова рудника. Добро испланиране и стручно вођене активности, подржане енергијом ентузијазма, прегалаштва, одрицања и ударништва, резултирале су брзом обновом рудника и покретањем експлоатације полиметаличних руда и угља на подручју Аутономне покрајине Косова и Метохије (КиМ): Трпача Рудник Стари трг (1945), Бело брдо (1949), Бадовац (1951), Ново брдо (1952), Ајвалија (1952), Кишница (1953), те рудника подземне експлоатације угља Косово (1945), Крушевац (1948) и Сибовац (1952). У експлоатацији угља велики технолошки искорак направљен је 1956. отварањем Површинског копа угља Добро село. Ефикасност обнове постојећих рудника и успешност отварања

to the potentials of mineral resources, Figure 1, restoration of the mines started immediately upon termination of the war, under extremely scarce financial, technical and technological, as well as labour conditions. Well-designed and expertly operated activities, supported by the energy of enthusiasm, hard work, selflessness and efficiency, resulted in rapid reconstruction of the mines and start of exploitation of polymetallic ores and coal at the areas of the Autonomous Province of Kosovo and Metohija (K&M): Trepča mine of Stari Trg (1945), Belo brdo (1949), Badovac (1951), Novo Brdo (1952), Ajvalija (1952), Kišnica (1953), as well as the underground coal exploitation mines of Kosovo (1945), Kruševac (1948) and Sibovac (1952). The coal exploitation has made a major technological breakthrough in 1956 by opening the Surface mine of Dobro selo. Efficiency in reconstruction of existing mines and successful



Слика 1, Лежишта минералних сировина (С. Вујић, 2021)

Figure 1, Deposits of mineral resources (S. Vujić, 2021)

и покретања рада нових рудника на КиМ види се у повећању броја активних рудника: статистички гледано, у првих 10 година просечно је један рудник годишње започињао рад. Повећање броја активних рудника, иако још увек у веома оскудним материјалним и техничким условима, пратио је раст производње. Од 1950. до 1960. производња минералних сировина на КиМ повећана је за 27,56%, слике 2 и 3.

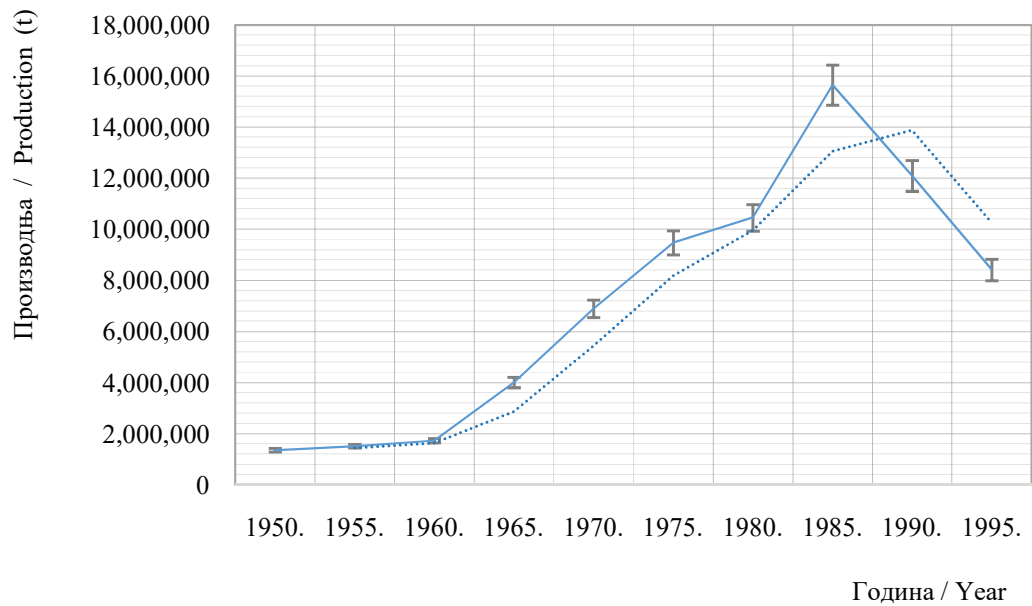
РАЗВОЈ

Крајем шесте деценије минерално-сировински комплекс поступно улази у фазу техничко-технолошке надградње, развоја и успона. Инвестира се, улагања у рударство су велика, уводе се нове, продуктивније, безбедније и поузданије експлоатационе технологије, у експлоатацији угља тежиште се помера ка површинској експлоатацији. Брзо се постижу импресивни резултати: већ средином седамдесетих година наше рударство рангира се према најразвијенијим минералним економијама света [2]. Резултати нису случајни, историјска чињеница да је рударство јако у јакој држави и обратно и овом приликом показала се истинитом. Промисленим планирањем, одговорним вођењем, координацијом и надзором реализације комплексних стручних активности држава посредством својих научних, развојноистраживачких и пројектних институција води развојни процес секвенцијално логичним корацима од научних, геолошких, техничко-технолошких истраживања и испитивања, пројектовања, до отварања, изградње и развоја рудника, односно минерално-сировинског комплекса КиМ. Графици на сликама 2 и 3 то потврђују. Укупна производња минералних сировина на КиМ прогресивно је расла: 1950. износила је око $1,4 \times 10^6$ t, 1960. око $1,74 \times 10^6$ t, а 1985. близу 16×10^6 t. Између 1950. и 1960. раст рудничке производње био је 27,56%, а у периоду 1960–1985, захваљујући пре свега преласку на површинску експлоатацију угља, производња минералних сировина на КиМ повећана је 821,29%.

opening and start of operation of new mines in Kosovo and Metohija is evident in increase of the active mine numbers: statistically speaking, an average of one mine per year started operation in the first 10 years. Increase in number of active mines, even under still very scarce financial and technical conditions, resulted in production growth. Between 1950 and 1960, production of mineral resources in K&M increased by 27,56%, Figure 2 and 3.

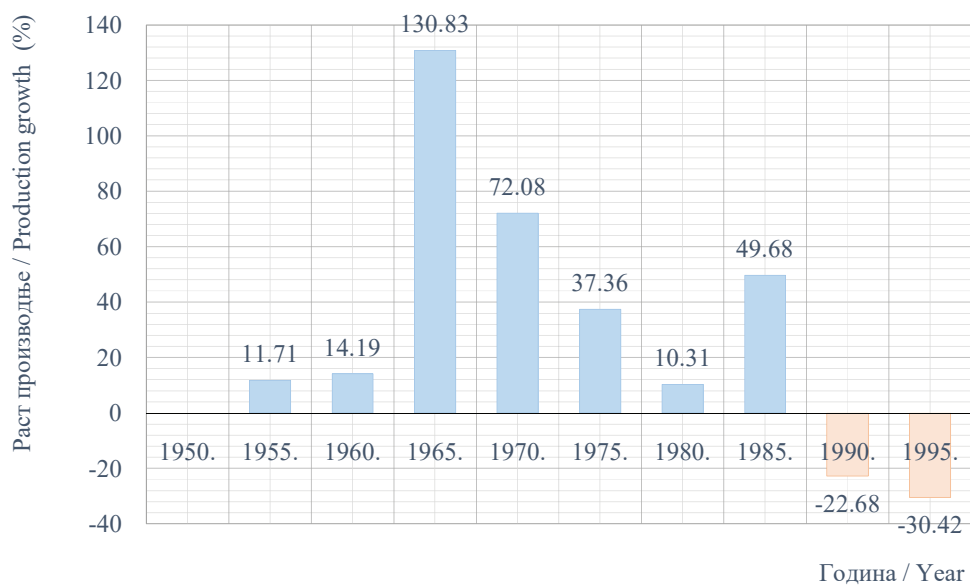
EVOLUTION

By the end of the sixth decade the mineral resource complex had gradually entered the stage of technical-technological upgrading, development and expansion. Investment were being made, with high amounts put into mining, new, more productive, safer and more reliable exploitation technologies were being introduced in coal exploitation the focus was shifted towards surface exploitation. Soon the impressive results were achieved: as early as the mid-seventies our mining was ranked among the most developed mineral industries of the world [2]. The results were not haphazard, the historical fact that mining is solid in a solid state, and vice versa, proved true in this instance. By well-designed planning, responsible managing, coordinating and supervising of implementation of complex expert activities, the state, through its scientific, research-developmental and design institutions, has been managing the development process by sequentially logical steps, from the scientific, geological, technical and technological research and examination, design, to opening, construction and development of mines, that is, mineral resource complex of K&M. The graphs in Figure 2 and 3 confirm this. Total production of mineral resources in K&M has grown successively: in 1950 it amounted to cca. $1,4 \times 10^6$ t, in 1960 cca. $1,74 \times 10^6$ t, while in 1985 it approached 16×10^6 t. Between the years of 1950 and 1960 the growth of mining production reached 27,56%, while the period 1960–1985, primarily due to transition to surface exploitation of coal, the production of mineral resources in K&M increased by 821,29%.



Слика 2, Производња минералних сировина на КиМ, 1950–1995. (С. Вујић, 2021)

Figure 2, Production of mineral resources in K&M, 1950–1995. (S. Vujić, 2021)



Слика 3, Раст производње минерално-сировинског комплекса на КиМ по нетогодишњим периодима, 1950–1995. (С. Вујић, 2021)

Figure 3, Production growth in mineral resource complex of K&M through five-year periods, 1950–1995. (S. Vujić, 2021)

ИНВЕСТИЦИЈЕ

Процена је да је у обнову, изградњу и развој минерално-сировинског комплекса АП КиМ у периоду од краја II светског рата до краја XX stoleћа инвестирано 10–11 милијарди долара [3]. То су комплексно структурирана улагања у проспекцијска и детаљна геолошка истраживања, изведено је око 600 km истражних бушотина, око 130 km подземних истражних објеката – ходника, окова, ускопа и нископа, на стотинама хиљада узетих узорака лабораторијски су испитана минералозна, петрографска, геохемијска, физичко-механичка, топлотна и друга својства стенских материјала. Ово је само почетак, инвестирање је настављено у континуитету улагањима у: хидрогеолошка, инжењерско-геолошка, геофизичка, теренска и лабораторијска техничка и технолошка истраживања и испитивања, у пројектовање, откуп земљишта, отварање и изградњу рудника, опремање и набавку опреме и машина, изградњу рудничке инфраструктуре и логистике, складишних простора, одлагалишта и депонија, компресорских, пумпних и транспортних система, постројења за флотацијску концентрацију, за сепарације, за чишћење, прераду и гасификацију угља, гасовода и разводне мреже, термо-електроенергетских постројења, изградњу прикључних и интерних путева, напојних и разводних електроенергетских постројења, регулацију водних токова, улагање у образовање кадрова итд. Бројни су и други трошкови који прате отварање рудника, као што су трошкови изградње или доградње железничке, путне, стамбене и водопривредне инфраструктуре, улагања у друштвени стандард, здравство, школство, културу, заштиту животне средине, археологију, издавачку делатност, спорт итд.

НАУЧНИ, СТРУЧНИ И ОБРАЗОВНИ ДОПРИНОСИ РАЗВОЈУ

Огромна државна улагања у обнову и развој минерално-сировинског комплекса на КиМ подржана су стручношћу, знањем и стваралачком енергијом рударских, геолошких и стручњака других струка, пре свега институција из Београда.

INVESTMENTS

Estimated investment in restoration, construction and development of the mineral resource complex of the Autonomous Province of Kosovo and Metohija in the period from the end of II World War to the end of XX century is 10–11 billion US Dollars [3]. These are complex-structured investments in prospective and detailed research, around 600 km of exploratory wells, around 130 km of underground research facilities - hallways, windows, raise and winse were executed, as well as laboratory research of mineralogical, petrographic, geochemical, physico-mechanical, thermal and other properties of hundreds of thousands of taken samples of geomaterial. This was only the beginning, investments were continued into: hydrogeological, engineering-geological, geophysical, field and laboratory technical and technological research and examination, in design, land purchase, mine opening and construction, equipping and purchase of equipment and machines, construction of mine infrastructure and logistics, warehousing facilities, disposal areas and landfills, compressor, pumping and transport systems, facilities for flotation concentration, separations, cleaning, processing and gasification of coal, gas pipeline distribution network, thermal-electric energy facilities, construction of connecting and internal roads, power supply and distribution plants, water flow regulation, investing in labourforce education, etc. There are numerous other expenses following mine opening, such as construction costs, or railway, road, housing and waterworks infrastructure, investing in social standard, healthcare, education, culture, environmental protection, archaeology, publishing activity, sports, etc.

SCIENTIFIC, EXPERT AND EDUCATIONAL CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT

Huge state investments in restoration and development of the mineral raw materials complex in K&M have been supported by expertise, knowhow and creative energy of the mining, geology and other science expertise, primarily of Belgrade institutions.

Пример је Рударски институт Београд, који је као стратешки носилац инжењерске креативне активности развоја југословенског и српског рударства од 1960. до 2000. био ангажован на изради 1.430 пројекта за руднике КиМ. Према пројектима Рударског института отворени су и изграђени или капитално реконструисани рудници угља Белаћевац и Добро село, сви рудници РМХК Трпча (Стари трг, Бело брдо, Црнац, Ајвалија, Ново брдо, Кишница, Бадовац итд.), рудници магнетита Голеш, Стрезовце, боксита Клина, никла Чикатово, Главица и бројни други. По пројектима Рударског института изграђене су флотације Лепосавић, Први тунел и Бадовац, постројење сепарације Голеш, бројна одлагалишта и депоније. Рударски институт је био креативни ослонац развоја и перманентно је пружао научну, истраживачку, иновациону, развојну и пројектну подршку минерално-сировинском комплексу Србије на КиМ. Циљеви ове сарадње науке и рударске привреде остваривани су резултатима кроз бројна унапређења производње, развој и увођење нових продуктивнијих, безбеднијих и поузданијих експлоатационих технологија, реинжењеринг експлоатационих захвата услед смањења садржаја корисних компонената у рудама и других ограничења, повећање енергетске и ефикасности утrophа материјалних ресурса, повећање ефикасности вентилационих система, заштите животне и радне средине, заштите од подземних вода итд. [6]

Пример Катедре за припрему минералних сировина додатно осликава пружену научну, инжењерску и образовну подршку минерално-сировинском комплексу на КиМ. Катедра је једна од тридесетак катедара Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, које су у домену својих научних и стручних компетенција такође биле ангажоване у решавању бројних геолошких, рударских, еколошких, техничких, технолошких, мултидисциплинарних, образовних и других задатака и проблема на КиМ. До 1992. од 337 дипломираних студената на Катедри за припрему минералних сировина, 75 је дипломирало на темама у вези са поступцима и процесима у прерадним постројењима и флотацијама на

Mining Institute Belgrade is an example, engaged as a strategic subject of engineering creative activity of development of Yugoslav and Serbian mining between 1960 and 2000 on 1.430 mine projects in K&M. According to the Mining Institute coal mines were opened and constructed or capitally reconstructed in Belačevac and Dobro selo, all the mines of Mining, Metallurgical and Chemical Plant Trepča (Stari Trg, Belo Brdo, Crnac, Ajvalija, Novo Brdo, Kišnica, Badovac, etc.), magnesite mines of Goleš, Strezovce, bauxite in Klina, of nickel in Čikatovo, Glavica, and many other. According to designs of the Mining Institute the flotations were built in Leposavić, Prvi Tunel and Badovac, separation plant in Goleš, numerous disposal sites and landfills. The mining institute used to be the creative basis for development and has permanently provided scientific, research, innovation, development and project support to the mineral resource complex of Serbia in K&M. The goals of this cooperation between science and mining industry were reached through results of numerous production advancements, evolvement and introduction of new, more productive, safer and more reliable exploitation technologies, re-engineering of the exploitation operations due to reduction in contents of useful components in ores, and other restrictions, increase of energy and financial resource consumption efficiency, increase in efficiency of ventilation systems, protection of living and working environment, protection against underground waters, etc. [6]

The example by the Department for Mineral Processing additionally represents the offered scientific, engineering and educational support to the mineral raw materials complex in K&M. The Department is one of the thirty departments of the Mining and Geology Faculty of the University of Belgrade, also engaged, within the domain of their scientific and expert competencies, in resolving numerous geological, mining, environmental, technical, technological, multidisciplinary, educational and other tasks and problems in K&M. Until 1992, out of 337 undergraduate students at the Department for Mineral Processing, 75 of them graduated with the thesis on procedures and processes in processing plants and flotations in K&M. The

КиМ. Катедра је успешно реализовала истраживања у оквиру шест научних пројеката и 24 лабораторијске студије. Одбрањено је шест магистарских теза и шест докторских дисертација. У међународним часописима и на научним скуповима саопштено је и објављено 55 научних и стручних радова такође са темама из припреме минералних сировина рудника са КиМ. [6]

Ови сегментни прикази пружене научне, инжењерске и образовне подршке објашњавају основу економске успешности рудника КиМ у условима оштре светске конкуренције. Дакле, рудници су тржишно били успешни захваљујући у великој мери ангажовању и подршци научних, инжењерских и образовних потенцијала Србије. Тако је остварен и друштвени циљ да уложене милијарде долара у минерално-сировински комплекс КиМ буду сврсисходне.

Познато је да цене обојених и племенитих метала као берзанских сировина осцилују зависно од тржишних прилика, геополитичких превирања, војних сукоба, државних удара, неретко од шпекулација монополиста и од многих других чинилаца. У периодима веома ниских цена метала на берзи рудници на КиМ су, и поред ниског садржаја метала у рудама, опстајали захваљујући подршци државе. Да би се значај подршке државе разумео, подсетимо да је у руди из Старог трга откопано између 1980. и 1998. просечан садржај метала (олово+цинк) био 5,48%. У време када је Старим тргом управљала компанија „Трепча Mines Limited“, а то је 1930–1940, просечан садржај метала у руди износио је 16,44% или, упоредно, био је 300% већи.

РЕЗУЛТАТИ УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

У првој половини прошлог столећа до краја II светског рата на КиМ откопано је око 10 милиона тона минералних сировина, а од II светског рата до краја столећа 415 милиона тона минералних сировина различитог квалитета и вредности. Однос производње за ова два периода је 1:41,5 или, процентуално, у другој половини прошлог столећа произведено је 4.150% више минералних сировина.

Department successfully executed research as a part of six scientific projects and 24 laboratory studies. Six master theses were defended, as well as six doctoral dissertations. 55 scientific and expert papers were announced and published in international publications and in scientific conferences, also with topics from the mineral processing of mines from Kosovo and Metohija. [6]

These segmented displays of offered scientific, engineering and educational support provide explanation for the basis of economic efficiency of the K&M mines under conditions of harsh global competition. Therefore, mines have achieved market success greatly due to engagement and support of scientific, engineering and educational potentials of Serbia. Thus was reached the social goal of purposeful investment of billions of US dollars in the mineral resource complex of K&M.

Prices of coloured and precious metals as stock exchange resources are known to oscillate depending on market circumstances, geopolitical turmoils, military conflicts, coups, often due to monopolists speculations and many other factors. During periods of very low prices of metals on the exchange the K&M mines have, despite low content of metals in ores, survived due to state protection. To understand the importance of state support, let's remind that the Stari Grad ore excavated between 1980 and 1998. had an average metal content (lead+cink) of 5,48%. At the time when Stari Trg was managed by the „Trepča Mines Limited” company, in the period 1930–1940, the average content of metals in the ore reached 16,44% or, comparatively, 300% more.

RESULTS INSTEAD OF CONCLUSION

In the first half of the previous century an approximate amount of 10 million tons of mineral resources were excavated until the II World War, and 415 million tons of mineral resources of various quality and value between the II World War and the end of the century. The ratio of production in the two periods was 1:41,5 or, in percentages, 4.150% of mineral resources more were produced in the second half of the previous century.

Овај показатељ неупитно упућује на чињеницу да је минерално-сировински комплекс КиМ пун развојни замах имао као уклопљени део минерално-сировинског комплекса Србије и СФРЈ.

Прецизна процена вредности збирне производње од II светског рата до краја столећа није могућа из више разлога. Производња је остваривана у дугом времену, дужем од пола столећа, у којем су се мењали природни, експлоатациони, тржишни, монетарни, берзански, политички, друштвени и други услови важни за вредновање минералних сировина. Ово се пре свега односи на руде обојених и племенитих метала, доминантног вредносног удела у структури експлоатисаних минералних сировина на КиМ. Када су у питању лигнит као енергент и већина неметаличних минералних сировина као сировине од локалног значаја, цене су, у времену о којем је реч, често обликоване под утицајем политичких и социјалних интереса.

Неупитно је да је минерално-сировински комплекс КиМ имао значајну улогу у решавању социјалних проблема и запослености, у подизању стандарда живота, образовања, културе, спорта, изградње путева, урбанизације, стамбене градње, изградње и развоја екстрактивне индустрије итд. Пример је Косовска Митровица која је, захваљујући рударству, средином прошлог века убрајана међу градове са највишим стандардом у СФРЈ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бјелић Н.: Казивање о Трепчи, 1303–2018. Службени гласник, Београд, 2019, 269 стр.
2. Вујић С. и др.: Српско рударство и геологија у другој половини XX века. АИНС, Матица српска, РИ, Београд, 2014, 564 стр.
3. Вујић С.: Минерално-сировински комплекс Косова и Метохије. Косовска вертикала или неоколонијална хоризонтала. Институт за европске студије, Светигора, Градска народна библиотека „Жарко Зрењанин”, Дом културе Грачаница, ТВ Храм, Београд, 2019, стр. 107–114.

This index undeniably points to the fact that the mineral resource complex of K&M had experienced full momentum of evolution as an integral part of the mineral resource complex of Serbia and the Socialist Federal Republic of Yugoslavia.

It is impossible to make an accurate estimate of the cumulative production value between the World War II and the end of the century, for several reasons. The production was executed throughout a long period of time, longer than half a century, with an interchange of natural, exploitative, market, monetary, stock exchange, political, social and other conditions of significance to the valuation of mineral resources. This primarily applies to coloured and precious metal ores, a dominant value factor in the structure of exploited mineral resources in K&M. Speaking of lignite as an energy source, as well as the majority of nonmetallic mineral resources, being a resource of local significance, the prices have, in the period in question, often been formed under the influence of political and social interests.

The mineral resource complex of K&M undeniably played an important role in resolving of social issues and unemployment, in boosting the standard of living, education, culture, sport, road construction, urbanization, housing construction, construction and development of of extractive industries, etc. Kosovska Mitrovica is an example of this, ranked among the towns with the highest standard of living in the Socialist Federal Republic of Yugoslavia in the mid-last century, due to mining.

LITERATURE

1. Bjelić N.: Trepča story, 1303–2018. Official Gazette, Belgrade, 2019, 269 p.
2. Vujić S. et al: Serbian mining and geology in the second half of XX century. AESS, Matica srpska & Mining Institute Belgrade, 2014, 564 p.
3. Vujić S.: Mineral resource complex of Kosovo and Metohija. Kosovo vertical or neocolonial horizontal. Institute of European Studies, Svetigora, Municipal National Library „Žarko Zrenjanin”, Culture Centre Gračanica & TV Hram, Belgrade, 2019, pp.107–114.

4. Вујић С., Радосављевић М., Максимовић С.: Руде и рудници Косова и Метохије. Рударски гласник, бр. 1–2, год. CXV, 2018, стр. 5–23.
5. Вујић С.: Шест деценија Рударског института Београд. РИ, Београд, 2020, 400 стр.
6. Вујић С., Јеленковић Р., Рабреновић Д., Радосављевић М., Ћалић Н., Николић Б., Симић С., Максимовић С., Мојић С., Коматина М., Миладиновић Б.: Минерално-сировински комплекс Косова и Метохије. Рударски институт Београд и Геолошки завод Србије, Београд, 2021, 332 стр.
7. Салатић Д. (ур): 45 година Катедре за припрему минералних сировина. Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 1992, 203 стр.
8. Ћалић Н.: Подаци и белешке – лична документација.
4. Vujić S., Radosavljević M., Maksimović S.: Ores and mines of Kosovo and Metohija. Bulletin of Mines, No 1–2, Vol. CXV, 2018, pp. 5–23.
5. Vujić S.: Six Decades of Mining Institute Belgrade. Mining Institute Belgrade, 2020, 400 p.
6. Vujić S., Jelenković R., Rabrenović D., Radosavljević M., Čalić N., Nikolić B., Simić S., Maksimović S., Mojić S., Komatina M., Miladinović B.: The mineral raw material complex of Kosovo and Metohija. Mining Institute Belgrade & Geological Survey of Serbia, Belgrade, 2021, 332 p.
7. Salatić D. (ed): 45 years of the Department of Mineral Processing. Faculty of Mining and Geology University of Belgrade, 1992, 203 p.
8. Čalić N.: Data and notes – personal documents.

DOI: 10.25075/BM.2021.03

Svetomir Maksimović
Željko Prašalo
Rade Šarac
MINING INSTITUTE BELGRADE
svetomir.maksimovic@ribeograd.ac.rs

Abstract: *The processes of globalization and transition, geopolitical realignment in the world sublimate the establishment of control over strategically essential energy minerals. Frequent and unsubstantiated violations of democracy and environmental principles were a sufficient precondition for going on a crusade against certain countries. Their national values and wealth were alienated and put into conqueror service. In Europe, this was the case with the Republic of Serbia, which was treacherously deprived of most of its energy and other raw materials by the great powers in Kosovo and Metohija. Such a severely disenfranchised and impoverished country was faced with several strategic issues. The paper analyzed the issue related to the coal industry status with and without the occupation of its southern province [1].*

Key words: REPUBLIC OF SERBIA, KOSOVO AND METOHIJA, REINTEGRATION, COAL

УВОД

Рударство је утицало и утиче на токове историје, делећи судбину народа и држава. Доносило је развој, напредак и благостање, али и узроковало конфликте, ратове, несреће и страдања. На историјској трајекторији српског рударства периоди највећих развојних успона и достигнућа су средњи век и друга половина XX века. Еквиваленција ових вишевековно дистантних периода објашњива је разумевањем рударства као супструктуре цивилизација, као материјалне основе привредног, научног, техничко-технолошког, образовног, културног, духовног, општег друштвеног развоја [2].

Ако једној држави отуђиш такве ресурсе отевши део њене територије насилним путем, онда си је одвојио и од припадајућег свеколног развоја. То је управо случај са Косовом и Метохијом, јужном српском покрајином. Поставља се питање у којем правцу даље деловати како би се тај простор вратио Србији а да то буде мирним путем, без ратова и насилне активности неких западних земаља. У блиској будућности то није могуће, али није недостижно.

Угаљ на Косову и Метохији један је од најзначајнијих минерално-сировинских ресурса и захтева посебну пажњу ако се има у виду стратешки значај у енергетици Републике Србије. Значај је већи јер се ради о резервама лигнита које спадају међу највеће у Европи.

НАЦИОНАЛНИ ЗАХТЕВИ

Србија има већ значајна искуства стечена увођењем ембарга од стране западних земаља. Земља је опстала само захваљујући енергетској безбедности и пољопривреди. То су управо ресурси којима Србија располаже у довољној мери, те није била условљена увозом.

Електрична енергија произведена из лигнита је и даље без конкуренције и најјефтинија је за потрошаче у Европи. У производњи лигнита и електричне енергије у Србији учествује велики број запослених и још толико запослених који пружају подршку тој производњи. Само у сектору угља запослено је преко 15.000 радника, а из косовских рудника протерано је 4.356 радника српске

INTRODUCTION

Mining has influenced and continues to influence the course of history, sharing the destiny of nations and states, bringing development, progress, and prosperity, but also causing conflicts, wars, accidents, and suffering. On the historical trajectory of Serbian mining, the periods of the most remarkable rises and achievements are the middle and second half of the XX century. The equivalence of these centuries-long distant periods can be explained by understanding mining as a substructure of civilizations, as the material basis of economic, scientific, technical and technological, educational, cultural, spiritual, and general social development [2].

Depriving a state of such resources by forcibly stealing a part of its territory means separating it from the corresponding widespread development. This is precisely the case with Kosovo and Metohija, the southern Serbian province. The question is which direction to act in to return that area to Serbia, by doing it peacefully without wars and violent activities of some western countries. It is impossible in the near future, though not unattainable.

Coal in Kosovo and Metohija is one of the most important mineral resources and requires special attention, bearing in mind the strategic importance in the energy sector of the Republic of Serbia. What is more, it boasts lignite reserves that are among the largest in Europe.

NATIONAL REQUIREMENTS

Serbia already has significant experience gained from imposed embargoes by Western countries. The country has survived only thanks to energy security and agriculture. It was these resources that Serbia had at its disposal to an extent sufficient for not being conditioned by imports.

Electricity produced from lignite is still unrivaled and is the cheapest for consumers in Europe. A significant number of employees participate in and support the production of lignite and electricity in Serbia. More than 15,000 workers were employed in the coal sector alone, and 4,356 Serbian workers were expelled from Kosovo's mines. Now, they partly provide services to other production units in the "Electric Power

националности. Сада једним делом пружају услуге осталим производним јединицама у „Електропривреди Србије”. Национални захтев јесте и убрзано спровођење еколошких затева имајући у виду да је то загађивачка делатност која тражи посебна инвестициона улагања и константно ублажавање присутних еколошких проблема. Динамика такве активности могућа је у зависности од расположивих домаћих и све мањих страних инвестиција. Стране инвестиције нису више доступне за набавку опреме за експлоатацију угља и изградњу термоелектрана на угаљ. С друге стране, није могуће одржати независност државе ако се превасходно не користе сопствени енергенти. Тек са њиховим нестанком неминовност је ићи на савремене увозне технологије. Такође је потребно заштитити тржиште рада и економију од разних „спољних притисака”. Може доћи до великих социјалних немира.

ПОЛИТИЧКО-ЕКОНОМСКО СТАЊЕ У ЕВРОПИ

Политичко-економско стање у свету и посебно у Европи се неизоставно, у већој или мањој мери, рефлектује на стање у Србији. Звезка се оружјем на граници Русије и Украјине, неуједначен је развој земаља чланица ЕУ, неке су постале велики дужници (Грчка, Шпанија, Португал, Италија), а Велика Британија је напустила ЕУ. Појачане су тензије између три ентитета у Босни и Херцеговини, учестале су провокације српског живља на Косову и Метохији уз неуједначен приступ међународне заједнице која одражава посебно негативан однос према Србији и Републици Српској. Велик број избеглица преплавио је Европу. Највећи број пролази кроз Србију. Тероризам у Европи постаје скоро свакодневница.

ГЛОБАЛНЕ ПОСТАВКЕ

Творци еколошког хаоса су дириговани компјутерски модели, а не стварност. Према најновијим подацима 42% научника не верује да CO₂ изазива климатске промене људским активностима. Руски научници су пре 25 година објавили да, при постојећем степену загађености, Земља не може бити угрожена

Industry of Serbia.” Another national requirement is the accelerated implementation of environmental requirements, bearing in mind that this is a polluting activity that requires special investments and constant mitigation of existing environmental issues. Available domestic and decreasing foreign investments condition the dynamics of such activity. Foreign investments are no longer available to purchase equipment for coal exploitation and construction of coal-fired power plants. On the other hand, it is impossible to maintain a country’s independence if it does not primarily use its own energy sources. Only their disappearance would make resorting to modern imported technologies inevitable. It is also necessary to protect the labor market and the economy from various “external pressures.” This could entail great social unrest.

POLITICAL AND ECONOMIC SITUATION IN EUROPE

The political and economic situation in the world, especially in Europe, inevitably reflects on the situation in Serbia, to a greater or lesser extent. Powder kegs on the border between Russia and Ukraine, uneven development of EU member states, some countries falling into great debts (Greece, Spain, Portugal, Italy), Great Britain leaving the EU. Tensions between the three entities in Bosnia and Herzegovina have intensified, and provocations aimed at Serbs in Kosovo and Metohija have become more frequent, with an uneven international community approach, reflecting a particularly negative attitude towards Serbia and the Republic of Srpska. Vast numbers of refugees have flooded Europe, most of them passing through Serbia. Terrorism is becoming almost commonplace in Europe.

GLOBAL BACKGROUND

The creators of ecological chaos are directed computer models, not reality. According to the latest data, 42% of scientists do not believe that CO₂ causes climate change through human activities. Russian scientists announced 25 years ago that with the current pollution level, the Earth could not be endangered for the next

наредних 10.000 година. Шта се то десило после само 25–30 година? Њујорк тајмс је седамдесетих година прошлога века најављивао почетак леденог доба. Петнаести век је идентичан са XX веком, а XX век је проглашен најтоплијим због људских загађивачких активности. Често је присутно искривљење истине о угљу. У Европи иза свега стоји највећа невладина организација Европска фондација за климатске промене (електрична енергија без угља). Потребно је ширење обновљивих извора енергије уравнотежити са конвенцијалним изворима.

ЕВРОПСКА ФОНДАЦИЈА ЗА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ И ПАРИСКА КОНФЕРЕНЦИЈА О КЛИМАТСКИМ ПРО- МЕНАМА ЛОБИРАЈУ ПРОТИВ УГЉА И ТЕРМОЕЛЕКТРАНА НА УГАЉ

Екологија је постала инструмент политичара у Европи. Инсистира се на великим финансијским улагањима у декарбонизацију и десумпоризацију и увођење нових скуких технологија у најкраћем року. Под притиском велики број земаља најавио је смањење производње угља. Овакве исхитрене активности довеле су до енергетске кризе у Европи. Смањење производње угља и електричне енергије, престанак рада површинских копова и термоелектрана на угаљ довешће до енергетских криза и директног пораста незапослености (око 1.000.000 у Европи, 10.000 у Србији).

ЕКСПЛОАТАЦИЈА УГЉА У СРБИЈИ

У оквирима ЈП „Електропривреда Србије” годишње се произведе 47×10^6 t лигнита (97,5% укупне производње угља у Србији): Огранак РБ Колубара 30×10^6 t, ТЕ-КО „Костолац” 9×10^6 t и ЈП „Косово” – Обилић 8×10^6 t. Мању производњу реализују ЈП за подземну експлоатацију угља „Ресавица” – $0,75 \times 10^6$ t, и подводна експлоатација угља „Ковин” – $0,25 \times 10^6$ t. Увоз мрког и каменог угља је око $0,8 \times 10^6$ t. У структури производње домаћег угља лигнит учествује са 99%, а камени и мрки угаљ са свега 1%. У структури финалне потрошње за енергетске сврхе индустрија учествује са 46%, домаћинства са 46%, а остали сектори са 8%. Резерве лигнита у Колубари и Костолцу при овој динамици

10,000 years. What happened after only 25-30 years? In the 1970s, the New York Times marked the beginning of the ice age. The 15th century is identical to the 20th century, and the 20th century was declared the warmest due to polluting human activities. The truth about coal is often distorted. The largest non-governmental organization, the European Climate Foundation (electricity without coal), stands behind everything in Europe. The spread of renewable energy sources needs to be balanced with conventional sources.

EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION AND PARIS CLIMATE CHANGE CONFERENCE LOBBYING AGAINST COAL AND COAL-FIRED THERMAL POWER PLANTS

Ecology has become an instrument of European politicians. They insist on significant financial investments in decarbonization and desulfurization and the introduction of new expensive technologies in the shortest possible time. Under pressure, many countries announced a reduction in coal production. Such hasty activities have brought about the energy crisis in Europe. Reducing coal and electricity production and abandoning open-pit mines and coal-fired thermal power plants will lead to energy crises and a direct increase in unemployment (about 1 million in Europe, 10,000 in Serbia).

COAL EXPLOITATION IN SERBIA

Within the PE “Electric Power Industry of Serbia” 47×10^6 t of lignite is produced annually (97.5% of total coal production in Serbia): in branch RB Kolubara 30×10^6 t, TE-KO “Kostolac” 9×10^6 t and PE “Kosovo” - Obilić 8×10^6 t. Lower production is reported by the Public Enterprise for Underground Coal Exploitation “Resavica,” 0.75×10^6 t, and underwater coal exploitation “Kovin,” 0.25×10^6 t. Brown and hard coal imports are reported at about 0.8×10^6 t. In the domestic coal production structure, lignite participates with 99%, and hard coal and brown coal only with 1%. In the structure of final consumption for energy purposes, industry participates with 46%, households with 46%, and other sectors with 8%. With this exploitation dynam-

- Септембра 1990. 2.250 Шиптара запослених на површинским коповима „Косово” – Обилић дају отказ на својим радним местима и на коповима остаје само 250 радника српске националности. Организује се производња само на ископу угља и то у првој смени.
- Због недостатка потребне радне снаге на косовским коповима, ЕПС организује помоћ стручних кадрова из Колубаре, Костолца и Дирекције за производњу угља ЕПС.
- Поред киднаповања радника од стране УЧК (12 косовских радника српске националностије убијено), у површински коп Белаћевац бачене су и прве бомбе из НАТО авиона.
- Уследило је протеривање неалбанских радника са радних места и одузимање све покретне и непокретне имовине. Без посла остало је 4.356 радника српске националности.
- Pressed by the KLA, many Shiptars left their jobs.
- In September 1990, 2,250 Shiptars employed in “Kosovo” Obilić open-pit mines resigned and only 250 Serbian workers remained in the mines. As a result, production was organized only on coal mining in one shift.
- Due to the lack of the necessary workforce at the Kosovo mines, EPS arranged for assistance by sending professional staff from Kolubara, Kostolac, and the EPS Coal Production Directorate.
- Apart from worker kidnapping by the KLA (12 Kosovo workers were killed), the first bombs from NATO planes were dropped on the Belačevac open-pit mine.
- Non-Albanian workers were expelled and all movable and immovable property was confiscated. 4,356 Serbian workers lost their jobs.

ПОВРШИНСКИ КОП СИБОВАЦ

Површински коп Сибовац је замена за површинске копове Добро село и Белаћевац. Производња угља започета је 2010. Годишња производња угља од 2001. до 2007. кретала се од $4,7 \times 10^6$ t до $6,5 \times 10^6$ t. Од 2008. просечна годишња производња угља износи 8×10^6 t. Геолошке резерве лигнита на лежишту Сибовац износе 990×10^6 t, а експлоатабилно је 830×10^6 t.



Слика 1, Површински коп Сибовац
Figure 1, Open-pit mine Sibovac

SIBOVAC OPEN-PIT MINE

The Sibovac open-pit mine is a replacement for the Dobro Selo and Belačevac open-pit mines. Coal production started in 2010. Annual coal production from 2001 to 2007 ranged from 4.7×10^6 t to 6.5×10^6 t. Since 2008, the average annual coal production has been 8×10^6 t. Geological lignite reserves at the Sibovac deposit are 990×10^6 t and 830×10^6 t are exploitable.



Слика 2, Термоелектрана Косово Б
Figure 2, Kosovo B Thermal Power Plant

Табела 4, Активни рудници и планиране реконструкције до 1975 [6]

Table 4, Active mines and planned reconstructions until 1975 [6]

Назив рудника Mine name	Постојећа производња Existing production x10 ⁶ t/god.	Планирана производња након реконструкције Planned post-recon- struction production x10 ⁶ t/god.	Вредност инвестиције рударских објеката РСД Value of investment in mining facilities RSD	Број запослених на рударским објектима, пратеће службе Number of employees in mining facilities, support services
Добро Село / Dobro Selo (1961.)	3,6	4,5 - 5,0	преко 1,6 x10 ⁹ за постизање производње over 1,6 x10 ⁹ to achieve planned production	3.500
Белаћевац / Belačevac (1964.)	у изградњи under construction 3,5	5,5 - 6,0		
Укупно / In total	7,1	10,0 - 11,0	-	3.500

Табела 5, Постојећи и планирани капацитети термоелектрана на Косову и Метохију у 1975 [7]

Table 5, Existing and planned thermal power plant capacities in Kosovo and Metohija in 1975 [7]

Постојеће / Existing:	Планиране / Planned:
A1 65 MW 1962. A2 125 MW 1965. A3 200 MW 1970. A4 200 MW 1971. A5 210 MW 1975. Укупно / In total: 800 MW	ТЕ Косово II / TPP Kosovo II 2x300 + 3x500 = 2.100 MW ТЕ Косово III / TPP Kosovo III 6x500 = 3.000 MW ТЕ Косово IV / TPP Kosovo IV 3x500 = 1.500 MW Укупно / In total: 9.800 MW Потребно угља / Coal Required: 72,9 x10 ⁶ t
*Изграђена је Сушара I капацитета 600.000 t/год. (1962.) и Сушара II истог капацитета 1972. *Dryer I with a 600,000 t/year capacity was built (1962) and Dryer II of the same capacity in 1972. *Постројење за гисифи- кацију угља, капацитета 480 мил.мет.куб./год. *Coal gasification plant, 480 million m ³ /year capacity.	До 1975. реализовано је само 7,5% од могућег потенцијала у инсталисаној снази. Перспектива је била да се поред задовољења потребе Југославије обезбеди и извесна количина електричне енергије за потребе: Западне Немачке, Источне Немачке и ЧССР. By 1975, only 7,5% of the potential installed capacity was achieved. The perspec- tive was to provide a certain amount of electricity for the needs of West Ger- many, East Germany and Czechoslovakia, in addition to meeting the needs of Yugoslavia.

ПЕРИОД ОД 1975-1999.

Овај период карактеришу следећи догађаји:

- Највећа производња угља и јаловине на ко-совским коповима остварена је 1988.
- Период ембарга довео је до поремећаја у функционисању производних система.
- Учестале су саботаже на рударској опреми од стране шиптарских радника.
- Због притиска УЧК многи Шиптари на-пуштају своја радна места.

PERIOD FROM 1975 TO 1999

This period is characterized by the following events:

- The most significant production of coal and tailings in Kosovo mines was recorded in 1988.
- The embargo period disrupted the functioning of production systems.
- Sabotages of mining equipment by Shiptar workers became more frequent.

- Септембра 1990. 2.250 Шиптара запослених на површинским коповима „Косово” – Обилић дају отказ на својим радним местима и на коповима остаје само 250 радника српске националности. Организује се производња само на ископу угља и то у првој смени.
- Због недостатка потребне радне снаге на косовским коповима, ЕПС организује помоћ стручних кадрова из Колубаре, Костолца и Дирекције за производњу угља ЕПС.
- Поред киднаповања радника од стране УЧК (12 косовских радника српске националностије убијено), у површински коп Белаћевац бачене су и прве бомбе из НАТО авиона.
- Уследило је протеривање неалбанских радника са радних места и одузимање све покретне и непокретне имовине. Без посла остало је 4.356 радника српске националности.
- Pressed by the KLA, many Shiptars left their jobs.
- In September 1990, 2,250 Shiptars employed in “Kosovo” Obilić open-pit mines resigned and only 250 Serbian workers remained in the mines. As a result, production was organized only on coal mining in one shift.
- Due to the lack of the necessary workforce at the Kosovo mines, EPS arranged for assistance by sending professional staff from Kolubara, Kostolac, and the EPS Coal Production Directorate.
- Apart from worker kidnapping by the KLA (12 Kosovo workers were killed), the first bombs from NATO planes were dropped on the Belačevac open-pit mine.
- Non-Albanian workers were expelled and all movable and immovable property was confiscated. 4,356 Serbian workers lost their jobs.

ПОВРШИНСКИ КОП СИБОВАЦ

Површински коп Сибовац је замена за површинске копове Добро село и Белаћевац. Производња угља започета је 2010. Годишња производња угља од 2001. до 2007. кретала се од $4,7 \times 10^6$ t до $6,5 \times 10^6$ t. Од 2008. просечна годишња производња угља износи 8×10^6 t. Геолошке резерве лигнита на лежишту Сибовац изnose 990×10^6 t, а експлоатабилно је 830×10^6 t.



Слика 1, Површински коп Сибовац
Figure 1, Open-pit mine Sibovac

SIBOVAC OPEN-PIT MINE

The Sibovac open-pit mine is a replacement for the Dobro Selo and Belačevac open-pit mines. Coal production started in 2010. Annual coal production from 2001 to 2007 ranged from 4.7×10^6 t to 6.5×10^6 t. Since 2008, the average annual coal production has been 8×10^6 t. Geological lignite reserves at the Sibovac deposit are 990×10^6 t and 830×10^6 t are exploitable.



Слика 2, Термоелектрана Косово Б
Figure 2, Kosovo B Thermal Power Plant

ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ „КОСОВО” – ОБИЛИЋ ПОСЛЕ 1999.

АП Косово и Метохија је 1999. Резолуцијом Савета безбедности ОУН бр. 1244 стављена под међународну управу, а ЈП ПК „Косово” – Обилић одузето је право коришћења и располагања целокупном непокретном и покретном имовином. Радници српске и неалбанске националности протерани су са својих радних места, па из тих разлога ово предузеће не обавља своју основну делатност (производњу и прераду угља). Од јуна 1999. радници ЈП ПК „Косово” – Обилић, којих је тада било око 4.356, као и друга два ЈП са Косова и Метохије, примају зараду од 60% своје зараде коју би имали да су на својим бившим радним местима. Од 2002. почиње њихово радно ангажовање на одржавању и ремонтима на свим површинским коповима и термоелектранама ЕПС.

ЗАКЉУЧАК

Бивша социјалистичка Југославија, а понајвише Србија, упумпавали су у Косово и Метохију 1,5 милиона долара дневно. Међу највећа улагања спадају улагања у изградњу површинских копова угља и термоелектрана.

Према Резолуцији 1244 све рудно богатство Косова и Метохије било је под јурисдикцијом Унмика. Шеф Унмика Бернар Кушнер дао је косовским Албанцима право да њиме располажу независно од Србије. То је отворило врата појединим водећим политичарима са запада да, поред државних интереса својих земаља, озбиљно пораде и за своје личне бизнис интересе. Често су се такве активности одвијале и одвијају се у сукобу интереса између водећих западних држава, а и појединих политичара и бизнисмена.

Уступци које такозвана Влада Косова и Метохије даје појединим западним фирмама су на штету Србије и омогућавају неконтролисано раубовање свих значајних минералних сировина. На одржавању новоизграђених система радиће иностране фирме. Велик број српских и неалбанских радника остао је и остаће без посла.

Србија ће морати да одржава висок ниво производње електричне енергије из угља са копова у Колубари и Костолцу у врло непо-

PUBLIC ENTERPRISE “KOSOVO” - OBILIĆ FOLLOWING 1999

In 1999, AP Kosovo and Metohija was placed under UN interim administration by the UN Security Council Resolution no. 1244, and PE PK “Kosovo” - Obilić was deprived of the right to use and dispose of all its immovable and movable property. In addition, Serbian and non-Albanian workers were expelled from their jobs, so for these reasons, this company does not perform its core business (coal production and processing). Since June 1999, the workers of PE PK “Kosovo” - Obilic, of which there were about 4,356 at the time, and the other two PEs from Kosovo and Metohija, had received 60% of their salary from former jobs. Since 2002, they have been engaged in maintenance and repairs at all open-pit mines and thermal power plants of EPS.

CONCLUSION

Former socialist Yugoslavia, and mostly Serbia, pumped 1.5 million dollars a day into Kosovo and Metohija. Among the most significant investments are investments in the construction of open-pit coal mines and thermal power plants.

According to Resolution 1244, all the mineral wealth of Kosovo and Metohija was under the jurisdiction of UNMIK. UNMIK chief Bernard Kouchner has given Kosovo Albanians the right to dispose of it independently of Serbia. This has opened the door for some leading Western politicians to seriously work on using it for their state interests but also their personal business interests. Such activities have often taken place and are taking place in a conflict of interest between the leading Western countries and individual politicians and businessmen.

The concessions the so-called Government of Kosovo and Metohija gives to certain Western companies are to the detriment of Serbia and allow uncontrolled plundering of all important mineral raw materials. Foreign companies will work on the maintenance of the newly built systems. A great number of Serbian and non-Albanian workers have lost their jobs.

Serbia will have to maintain a high level of electricity production from coal from the Kolubara and Kostolac mines in very unfavorable condi-

вољним условима уместо да користи своје ресурсе на Косову и Метохији. То је директан неповољан утицај на њену енергетску и не само енергетску независност. Сагледавши значај само лигнита на Косову и Метохији, довољно је да се донесе закључак да је подела Косова и Метохије трајно одрицање од непроцењивих енергетских сировина Србије. Да би се донекле сачували и повратили минерално-сировински ресурси Косова и Метохије, реинтеграција нема алтернативу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вујић С.: Минерално-сировински комплекс Србије данас: изазови и раскршћа. Максимовић С., Кричковић А., Бабовић М.: Угаљ – стратешки енергент Републике Србије. Београд, 2010, стр. 223–267.
2. Вујић С., Максимовић С., Кричковић А.: Експлоатација угля – енергетски потенцијали, конкурентност, реструктурирање, транзиционе сметње, будућност. Електропривреда Београд, бр. 2, 2005, стр. 62–69.
3. Вујић С., Жунић М., Ковачевић С., Максимовић С.: Угаљ – потенцијали, структурна прилагођавања, будући развој. Термотехника, књ. 32, 1–4, 2006, стр. 43–53.
4. Вујић С., Јеленковић Р., Рабреновић Д., Радосављевић М., Ћалић Н., Николић Б., Симић С., Максимовић С., Мојић С., Коматина М., Миладиновић Б.: Минерално-сировински комплекс Косова и Метохије. Рударски институт Београд, Београд, 2021, 332 стр.
5. Вујић С.: Српско рударство и геологија у другој половини XX века. Живановић В., Максимовић С.: Експлоатација енергетских минералних сировина, Београд, 2014, стр. 316–373.
6. Рударски институт Београд: Могућност перспективног развоја угля у великим лигнитским басенима СР Србије. Београд, 1975.
7. Факултет политичких наука и Машински факултет, Универзитет у Београду, Трибина: Реинтеграција или разграничење: разговори о будућности Косова и Метохије;

tions, instead of using its resources in Kosovo and Metohija. This is a direct adverse impact on its energy and other forms of independence. Considering only the importance of lignite in Kosovo and Metohija, it is enough to conclude that the division of Kosovo and Metohija is a permanent waiver of Serbia's invaluable energy raw materials. To preserve and restore the mineral resources of Kosovo and Metohija to some extent, reintegration has no alternative.

LITERATURE

1. Vujić S.: Mineral raw material complex of Serbia today: challenges and crossroads. Maksimović S., Kričковић A., Babović M.: Coal as a strategic energy source of the Republic of Serbia. Belgrade, 2010, pp. 223-267.
2. Vujić S., Maksimović S., Kričковић A.: Coal exploitation - energy potentials, competitiveness, restructuring, transitional disturbances, future. Elektroprivreda Beograd, No. 2, 2005, pp. 62 - 69.
3. Vujić S., Žunić M., Kovačević S., Maksimović S.: Coal - potentials, structural adjustments, future development. Thermotehnika, Book 32, 1 - 4, 2006, pp. 43 - 53.
4. Vujić S., Jelenković R., Rabrenović D., Radosavljević M., Čalić N., Nikolić B., Simić S., Maksimović S., Mojić S., Komatina M., Mladenović B.: Mineral raw material complex of Kosovo and Metohija. Mining institute Belgrade, Belgrade, 2021, 332 p.
5. Vujić S.: Serbian mining and geology in the second half of the XX century. Živanović V., Maksimović S.: Exploitation of energy mineral raw materials, Belgrade, 2014, pp. 316 - 373.
6. Mining Institute Belgrade: Possibility of perspective coal development in large lignite basins of SR Serbia. Belgrade, 1975.
7. Faculty of Political Science and Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Forum: Reintegration or delimitation: discussions on the future of Kosovo and Metohija; Maksimović S., Division of Kosovo and Metohija,

- Максимовић С., Подела Косова и Метохије – енергетска нестабилност Србије, Београд, 2020.
8. Вујић С., Радосављевић М., Максимовић С.: Руде и рудници Косова и Метохије. Рударски гласник, бр. 1–2, 2018, стр. 5–23.
9. Јаковљевић И., Костић Д.: Критичка оцена експлоатације угља и могућности развоја производних капацитета у косовском угљеном басену. Рударски гласник, бр. 1–4, 1996, стр. 26–30.
10. Перишић М., Симоновић М.: Оптимална подела косовског басена на експлоатациона поља. Рударски гласник, бр. 4, 1982, стр. 56–65.
11. Јовичић Р.: Компјутерска обрада лежишта косовског басена на нивоу студије. Рударски гласник, бр. 1, 1983, стр. 61–66.
- energy instability of Serbia, Belgrade, 2020.
8. Vujić S., Radosavljević M., Maksimović S.: Ores and mines of Kosovo and Metohija. Bulletin of Mines, No. 1-2, 2018. pp. 5-23.
9. Jakovljević I., Kostić D.: Critical assessment of coal exploitation and possibilities of production capacities development in the Kosovo coal basin. Bulletin of Mines, Br. 1-4, 1996, pp. 26-30.
10. Perišić M., Simonović M.: Optimal division of the Kosovo basin into exploitation fields. Bulletin of Mines, No. 4, 1982, pp. 56-65.
11. Jovičić R.: Computer processing of Kosovo basin deposits at study level. Bulletin of Mines, No. 1, 1983, pp. 61-66

ТЕХНОЛОШКО РЕШЕЊЕ СТАБИЛИЗАЦИЈЕ
УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА ПОВРШИНСКИХ КОПОВА
ПОЉЕ Б И Ц ЗА ПОТРЕБЕ ОДЛАГАЊА ОТКРИВКЕ
СА ПОВРШИНСКОГ КОПА ПОЉЕ Е, РБ КОЛУБАРА

TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR STABILIZATION
OF THE INTERNAL LANDFILL OF THE OPEN PIT MINES
FIELD B AND C FOR THE NEEDS OF DISPOSAL OF OVERBURDEN
FROM THE OPEN PIT MINE FIELD E, MB KOLUBARA

DOI: 10.25075/BM.2021.04

Драган Милошевић
Жељко Праштало
Бранка Јовановић
Раде Шарац
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
dragan.milosevic@ribеograd.ac.rs

Dragan Milošević
Željko Praštalo
Branka Jovanović
Rade Šarac
MINING INSTITUTE BELGRADE
dragan.milosevic@ribеograd.ac.rs

Сажетак: Већина површинских копова угља у ЈП „Електропривреда Србије“ је вишедеценијском производњом изексплоатисала најповољније резерве угља. Садашња производња угља одвија се у сложенијим рударско-геолошким условима, све дубљи копови, велика оводњеност, раслојен угаљ и променљива геометрија слоја. Ако се придода близина великих и многобројних мањих речних токова, велика густина насељености и развијена инфраструктура, онда се може схватити са каквим се проблемима срећу пројектанти и рударска оператива. Посебна пажња је поклоњена решавању нестабилности унутрашњих одлагалишта која су често главни узрок ометања и заус-

Abstract: Most of the open pit coal mines in PE Elektroprivreda Srbije have exploited the most favorable coal reserves with decades of production. Current coal production takes place in very complex mining and geological conditions: ever deeper mines, high water stratified coal and its variable geometry. If we add the proximity of large and numerous smaller rivers, high population density and developed infrastructure, then we can understand what kind of problems project engineers and mining staff face. Special attention is paid to resolving the instability of internal landfills, which are often the main cause of disruption and cessation of coal production. With the aim of overcoming

тављања производње угља. Са циљем превазилажења и решавања претходно изложених проблема Рударски институт из Београда је на захтев менаџмента ЕПС-а, 2020. израдио студију под називом: „Студија стабилизације унутрашњих одлагалишта простора Поља Б/Ц за потребе одлагања откритке са ПК Поље Е“. Рад се управо односи на препознавање једног од могућих решења који могу дати поуздан допринос у решавању ових проблема.

Кључне речи: ПОВРШИНСКИ КОП, ОДЛАГАЛИШТЕ, ЈАЛОВИНА, ИНИЦИЈАЛНИ НАСИП, СТАБИЛНОСТ

and solving the previously exposed problems, the Mining institute from Belgrade, at the request of EPS management, prepared a study in 2020 entitled: “Study of stabilization of internal landfills of Field B / C for the purpose of disposal of overburden from the open pit mine Field E”. The paper deals exactly with the identification of one of the possible solutions that can make a reliable contribution to overcoming these problems.

Key words: OPEN PIT MINE, LANDFILL, TAILINGS, INITIAL EMBANKMENT, STABILITY

УВОД

Рударски басен Колубара је највећи произвођач угља у „Електропривреди Србије“ и Републици Србији са годишњом производњом 30×10^6 t. Недавни престанак рада површинског копа Поље Д убрзао је отварање површинских копова Поље Е и Радљева и условио повећање производње угља на ПК Поље Ц и Поље Г.

ПК Поље Ц налази се у крајњем источном делу колубарског басена и представља наставак најстаријег површинског копа Поља Б. Унутрашње одлагалиште ПК Поље Ц истиче се као посебан проблем. Ради се о ширем простору који се налази највећим делом на некадашњем ПК Поље Б и делимично на ПК Поље Ц. Напредовање откопавања и одлагања одвија се према западу, према ПК Поље Е [2].

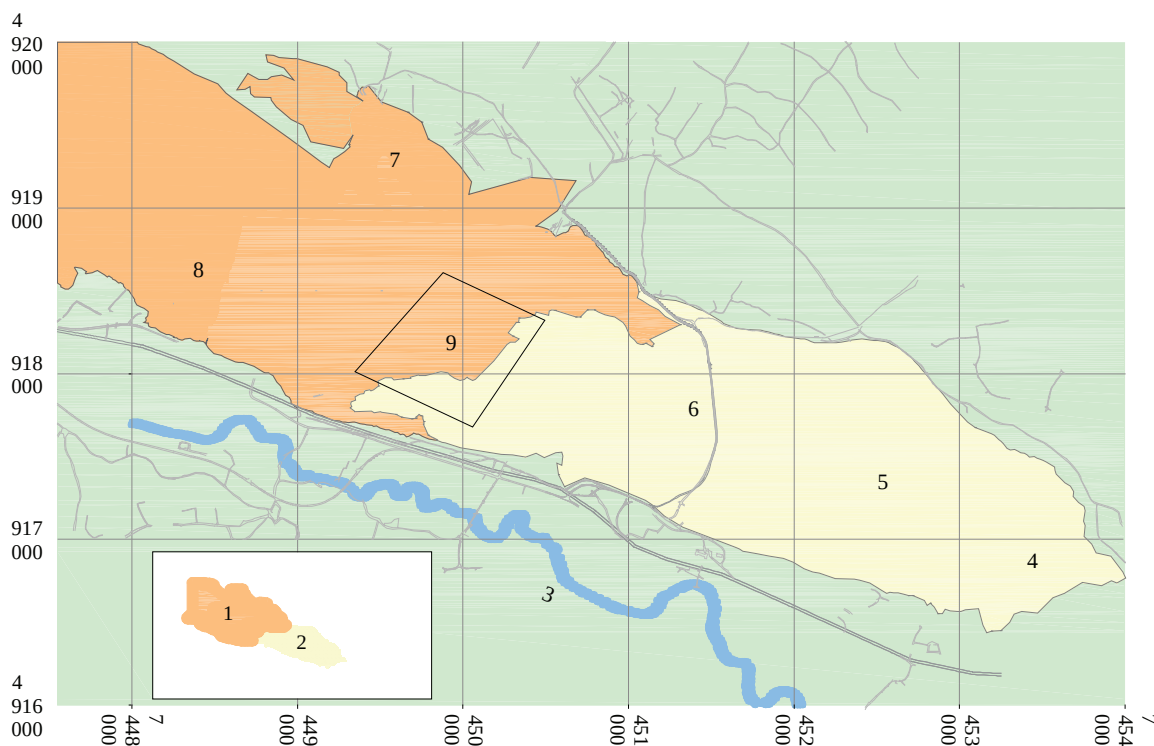
Унутрашње одлагалиште ПК Поље Б и Поље Ц, ограничено је фронтом рударских радова на угљеној етажи на западу, северном завршном косином, источно до краја пројектованог одлагалишта и јужном границом површинског копа. Приближне димензије одлагалишта су 4.500 m дуж северозапад-југоисток и 1.200 m североисток-југозапад. Просечна висина одложене јаловине је око 35 m у централном делу одлагалишта и 10 m по ободу [2].

INTRODUCTION

Kolubara mining basin is the largest coal producer in Elektroprivreda Srbije and the Republic of Serbia with an annual production of 30×10^6 t. The recent closure of the Field D open pit mine accelerated the opening of the Field E and Radljevo open pit mines and caused an increase in coal production at the open pit mines Field C and Field G.

The open pit mine Field C is located in the very eastern part of the Kolubara basin and is a continuation of the oldest open pit mine of Field B. The internal landfill of the open pit mine Field C stands out as a special problem. It is a wider area that is mostly located on the former open pit mine Field B and partly on the open pit mine Field C. The progress of excavation and disposal is taking place towards the west, towards the open pit mine Field E [2].

The internal landfill of the open pit mines Field B and Field C is bounded by the front of mining works on the coal bench in the west, the finishing slope in the north, the end of the projected landfill in the east and the boundary of the open pit mine in the south. The approximate dimensions of the landfill are 4,500 m along the northwest-southeast direction and 1,200 m along the northeast-southwest direction. The average height of the deposited tailings is about 35 m in the central part of the landfill and 10 m along the perimeter [2].



Слика 1, Прегледна карта источног дела колубарског угљоносног басена [2]

Figure 1, Overview map of the eastern part of the Kolubara coal basin [2]

Тумач: 1 - Откопни фронт (откривка и угаљ); 2 - Одлагалиште (јаловина); 3 - Река Пештан;
4 - ПК Поље А; 5 - ПК Поље Б; 6 - ПК Поље Ц; 7 - ПК Поље Д; 8 - ПК Поље Е; 9 - Санациони простор
Legend: 1 - Excavation front (overburden and coal); 2 - Landfill (tailings); 3 - Peštan River;
4 - Field A; 5 - Field B; 6 - Field C; 7 - Field D; 8 - Field E; 9 - Remediation space.

Проблем унутрашњег одлагалишта је вишеструк [2]:

- Неприпремљена подина одлагалишта за дренажање одложених маса;
- Неселективно одлагање јаловине;
- Недовољно одводњена јаловина у фронту напредовања рударских радова;
- Неефикасна заштита одлагалишта од утицаја површинских вода ван и унутар копа.

Наведени проблеми узроковали су високу заводњеност одлагалишта, ниво подземне воде на већем делу је близу површине. Одлагалишта јаловине у источном делу колубарског басена не располажу довољним простором за додатно инвестиционо одлагање јаловине из новог ПК Поље Е. Приступило се анализи могућности надвишења постојећег

There are numerous problems regarding the internal landfill [2]:

- Unprepared floor of the landfill for drainage of deposited masses;
- Non-selective tailings disposal;
- Insufficiently drained tailings in the front of the progress of mining works;
- Ineffective protection of landfills from the impact of surface waters outside and inside the mine.

These problems have caused high flooding of the landfill, the groundwater level is mostly close to the surface. Tailing disposals in the eastern part of the Kolubara basin do not have enough space for additional investment disposal of tailings from the new open pit mine Field E. The analysis of the possibility of exceeding the existing

унутрашњег одлагалишта на ПК Поље Б и Поље Ц.

Требало је решити три проблема:

- Стабилизovati постојеће одлагалиште (иницијални насип);
- Стабилизovati надвишење постојећег одлагалишта (надвишење иницијалног насипа);
- Повећати носивост постојеће површине одлагалишта за додатно одлагање (надвишење постојећег одлагалишта).

Пре спровођења свих технолошких захвата потребно је у потпуности решити све проблеме који су везани за заштиту копа од површинских и подземних вода.

ОПШТИ УСЛОВИ НА ТЕРЕНУ

Фронт напредовања рударских радова на откопавању угља има смер север-југ. На северној страни копа, угаљ искињава вертикално. Најнижи је у средишњем делу копа и потом стрмо искињава у северном делу. Приметна су локална клизишта на етажама. На дну копа констатовано је да се вода углавном акумулира гравитацијом са откопног фронта и подручја изван копа, док мањи део долази из унутрашњег одлагалишта [2]. Како је одлагалиште површинског копа окарактерисано као заводњена средина, очигледна опасност је у могућности појаве клизишта и тецишта већих размера, што би се неповољно одразило на одлагалишну и откопну механизацију на угљу. Према тренутној ситуацији на терену, радови на експлоатацији угља су у директном контакту са унутрашњим одлагалиштем. Такво стање узроковало је измештање БТО система на унутрашње одлагалиште ПК Поље Д. Наставак одлагања на унутрашњем одлагалишту ПК Поље Б и Поље Ц оправдан је тек након спроведеног предодроводњавања и израде стабилизационих објеката.

internal landfill on the open pit mines Field B and Field C was performed.

There were 3 problems to be solved:

- Stabilize the existing landfill (initial embankment);
- Stabilize the superelevation of the existing landfill (superelevation of the initial embankment);
- Increase the bearing capacity of the existing landfill surface for additional disposal (superelevation of the existing landfill).

Before carrying out all technological interventions, it is necessary to completely solve all problems related to the protection of mines from surface and ground waters.

GENERAL CONDITIONS IN THE FIELD

The front of the progress of mining works on coal mining takes place in the north-south direction. On the north side of the mine, the coal wedges vertically. It is the lowest in the central part of the mine and then steeply wedges in the northern part. Local landslides can be noticed on the benches. At the bottom of the mine, it is stated that the water mainly accumulates by gravity from the excavation front and the area outside the mine, while a smaller part comes from the internal landfill [2]. As the open pit mine landfill is characterized as a flooded area, the obvious danger lies the possibility of landslides and mudslides of larger dimensions, which would adversely affect the landfill and excavation machinery. According to the current situation in the field, coal mining works are in direct contact with the internal landfill. Such a condition was caused by the relocation of the ETS system to the internal landfill of the open pit mine Field D. Continuation of disposal at the internal landfill of the open pit mines Field B and Field C is justified only after the pre-drainage and construction of stabilization facilities.



Слика 2, ПК Поље Ц - акумулисана вода у ножици одлагалишта, 1.09.2020. [2]

Figure 2, Open pit mine Field C - accumulated water in the landfill foot, Sept. 1, 2020 [2]



Слика 3, Ручеви на северној граници ПК Поље Б под дејством ерозије [2]

Figure 3, Landslides of the northern border of the open pit mine Field B caused by erosion [2]

АНАЛИЗА НАСТАНКА КЛИЗИШТА

Појаве нестабилности вештачки насталих косина представљају резултат поремећаја равнотеже у природи. Решавање ових проблема у рударству захтева анализу, истраживачки рад, избор, примену и праћење методологије стабилизације. Процес рада на површинском копу условљава да се радне косине етажа и завршне косине површинског копа константно изводе у променљивим условима [2]. Косине одложене јаловине налазе се у стабилном стању (не клизају се и не обрушавају) све дотле, док у њима постоји за то довољна унутрашња веза [4].

Познавање својстава и састава терена на коме је дошло до појаве клизишта су веома битан услов за препознавање разлога настанка. На бази тих података утврђују се ефикасне санационе мере. Захтев је да се одлагалиште санира најјефтинијим и технолошки најједноставнијим санационим поступцима. Различити су узроци нестабилности одлагалишта: косине су стрме и високе, подина одлагалишта има недовољну носивост, високи порни притисци, недовољна одводњеност откопане јаловине. Наведени узроци могу да делују појединачно, а могу и међусобно повезани. Од начина њиховог деловања зависи и избор санационих мера.

Санационе мере се могу поделити на: дренажне, потпорне промене геометрије косина, примена конструкција и армирање тла.

LANDSLIDE FORMATION ANALYSIS

The instability of artificial slopes is the result of an imbalance in nature. Solving these problems in mining requires analysis, research, selection, application and monitoring of the stabilization methodology. The process of work on the open pit mine causes the working slopes of the benches and the finishing slopes of the open pit mine to be constantly performed in changing conditions [2]. Slopes of deposited tailings are in a stable condition (they do not slide and do not collapse) as long as there is a sufficient internal connection in them [4].

Knowing the properties and composition of the terrain on which the landslide occurred is a very important condition for recognizing the causes thereof. Based on these data, effective remedial measures are determined. It is required that the landfill be rehabilitated by the cheapest and technologically simplest remediation procedures. The causes of landfill instability are various: the slopes are steep and high, the floor of the landfill has insufficient load-bearing capacity, high pore pressures, insufficient drainage of excavated tailings. These causes can act individually, but they can also be interconnected. The way they act also influences the choice of remedial measures.

Slope remediation measures are classified into: drainage, supporting, construction-geometric and connecting (reinforcement). When it comes to open pit mines, three key

Када су у питању површински копови често се постављају три кључна питања: колика се стабилност захтева, за који временски период и колико је при стабилизацији косине прихватљива цена? Ова три питања представљају основни проблем на површинским коповима, а њихово решавање је компромис између сигурности, цене и времена.

Најчешћи поступци за санацију или побољшање слабоносивог тла, а који укључују различите технолошке мере којима се повећава пропустљивост и/или побољшавају чврстоћа и деформациона својства тла су [2]:

- Уграђивање вертикалних дренажа, шљунчани шипови и вертикалне дренажне траке (wick-drains) за убрзање консолидације у радијалном и вертикалном смеру. Поступак је одговарајући када је утицајна дубина слабо носећег тла велика (5 m до 30 m);
- Уграђивање хоризонталних дренажних ребара за убрзање вертикалне и хоризонталне консолидације и за побољшање отпорности слабоносивог слоја на смицање. Поступак је одговарајући када је утицајна дубина слабоносивог тла сразмерно мала;
- Замена слабоносивог тла бољим материјалом. Поступак је одговарајући када је утицајна дубина слабоносивог тла сразмерно мала;
- Побољшање чврстоће слабоносивог тла при смицању поступцима дубинског ињектирања (jet-grouting шипови) или дубинске хемијске стабилизације (кречни шипови). Поступци су одговарајући када је утицајна дубина слабоносивог тла велика (5 m до 30 m);
- Побољшање чврстоће слабоносивог тла поступцима додатног збијања (динамичко компримирање, тешко набијање, дубинско вибрирање). Поступци су одговарајући у пропуснијим, нехомогеним земљаним материјалима, као што су ситни песак и неконтролисана вештачка насипања;
- Побољшање чврстоће површине темељног тла армирањем помоћу геосинтетика;
- У посебним случајевима када описаним поступцима није могуће осигурати хомогено побољшање својства темељног тла у планираним роковима, насипи могу да се граде и на сабијеним или бушеним шиповима;

questions are often asked: how much stability is required, for what period of time and what is the acceptable price when stabilizing the slope? These three questions represent a basic problem in open pit mines, and their solution is a compromise between safety, cost and time.

The most common procedures for remediation or improvement of low-bearing soil, which include various technological measures that increase permeability and / or improve the strength and deformation properties of the soil are [2]:

- Installation of vertical drainages, gravel piles and vertical wick drains to accelerate consolidation in the radial and vertical direction. The procedure is appropriate when the inflow depth of low-bearing soil is large (5–30 m);
- Installation of horizontal drainage ribbed pipes to accelerate vertical and horizontal consolidation and to improve the shear strength of the low-bearing layer. The procedure is appropriate when the inflow depth of low-bearing soil is relatively small;
- Replacing low-bearing soil with better material. The procedure is appropriate when the inflow depth of low-bearing soil is relatively small;
- Improving the strength of low-bearing soil during shear by deep grouting procedures (jet grouting piles) or deep chemical stabilization (lime piles). The procedures are appropriate when the inflow depth of low-bearing soil is large (5–30 m);
- Improving the strength of low-bearing soil by additional compaction procedures (dynamic compression, heavy compaction, deep vibration). The procedures are appropriate in more permeable, inhomogeneous earth materials, such as fine sand and uncontrolled artificial embankments;
- Improving the strength of the foundation soil surface by reinforcement using geosynthetics;
- In special cases, when the described procedures cannot ensure a homogeneous improvement of the properties of the foundation soil within the planned deadlines, embankments can also be built on compacted or drilled piles;

- Применом комбинованих и посебних поступака.

Стабилност одлагалишта за одређену технологију рада на одлагању зависи првенствено од физичко-механичких особина јаловине (замреминска маса, садржај влаге, гранулометријски састав, кохезија, унутрашње трење, консистенција, еластичност и чврстоћа на смицање) у поремећеном стању и подине (темељног тла) у непоколебаном стању. Када подина одлагалишта прима оптерећење одложених маса не сме бити склона клизању, нарочито ако је нагнута у правцу напредовања одлагалишта. Носивост подлоге мора бити таква да прими, осим оптерећења одложених маса и силе које стварају динамички притисак при напредовању радова на одлагању и формирању косина [1]. На теренима где је изражена сеизмика потребно је укључити и овај параметар. У пракси су присутна честа потискивања и други облици деформације подине (унутрашње одлагалиште ПК Дрмно, Огранак ТЕ-КО „Костолац“). Општа карактеристика спољашњих одлагалишта наших површинских копова угља, јесте да су им подлоге претежно глиновите или алувијалне, при чему се деформисање косина и истискивање тла из подлоге врши у облику више таласних узвишења [3]. Оптерећењу маса јаловине треба додати и масу одлагача као и транспортних средстава која изазивају константне вибрације током рада.

Повећање носивости може се извести дренажом као и променом висине појединих етажа. Свака етажа одлагалишта треба да буде у стању да прими и носи оптерећење виших етажа. У том контексту потребно је истаћи да је прва етажа до подине, темељног тла, највише оптерећена. То захтева превасходно дисциплиновано вођење технолошког процеса одлагања јаловине које омогућава брзо збијање и планирање површине одлагалишта ради бржег отицања атмосферских вода [1].

Најповољнија висина етажа омогућује максимално коришћење производних могућности одлагача (висину и нагиб косине), која произилази из прорачуна стабилности. Код истог нагиба косине дубинске етаже одла-

- Application of combined and special procedures.

Landfill stability for a particular landfill technology depends primarily on the physical and mechanical properties of the tailings (bulk density, moisture content, particle size distribution, cohesion, internal friction, consistency, elasticity and shear strength) in the disturbed state and the floor (foundation soil) in the undisturbed state. The soil of the landfill foundation under the load of deposited masses should be stable, especially if the slope is in the direction of progress of works. The load-bearing capacity of the foundation must be such that it receives, in addition to the load of the deposited masses, the forces that create dynamic pressure during the progress of works on the disposal and formation of slopes [1]. In terrains where seismicity is pronounced, it is necessary to include this parameter as well. In practice, there are frequent pushes and other forms of floor deformation (internal landfill of the open pit mine Drmno, the branch Kostolac Thermal Power Plants and Mines). A general characteristic of the external deposits of our open pit coal mines is that their foundations are predominantly clayey or alluvial, with the deformation of slopes and the displacement of soil from the foundation being performed in the form of several wavy elevations [3]. In addition to the load of tailings masses, we should take into account the weight of the stacker, as well as the means of transport that cause constant vibrations during operation.

The load-bearing capacity can be increased by drainage, as well as by changing the height of certain benches. Each bench of the landfill should be able to accept and carry the load of the higher benches. In this context, it is necessary to point out that the first bench, that goes to the floor, to the foundation soil, is the most loaded. This requires primarily disciplined management of the technological process of tailings disposal, which enables fast compaction and planning of the landfill surface for faster drainage of atmospheric precipitations [1].

The geometry of the slope of the benches represents a condition for the maximum use of the working possibilities of the stacker. At the same inclination of the slope of the deep bench of the landfill, by increasing the content of clay com-

галишта, повећањем садржаја глиновитих компоненти висина одлагалишта ће се у мањој мери смањити, али само до одређене критичне висине, када се угао нагиба нагло смањује [1].

АНАЛИЗА УСЛОВА КОЈИ ПРЕТХОДЕ САНАЦИЈИ УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА

Анализом унутрашњег одлагалишта утврђено је да су у неправилној синклинали највећа оптерећења одложене јаловине. Констатација се базира на литологији терена, залегању угља, као и дебљини одложене јаловине. Имајући у виду значај могућег коришћења високопродуктивне механизације којом располаже површински коп, нека скромна светска искуства која се односе на стабилизацију унутрашњег одлагалишта, убрзану динамику извођења радова, процену трошкова изградње објеката предодводњавања и заштитног иницијалног насипа, пројектанти су се определили за кориснику препознатљив објекат, иницијални насип [2].

Основни модел пројектног решења базиран је на примени мера и поступака санације како би се достигли законски захтеви фактора сигурности и обезбедио наставак коришћења унутрашњег одлагалишта за додатни смештај јаловине са ПК Поље Е. Једна од првих идеја која је овде разматрана је обезбедити стабилност постојећег одлагалишта и тренутни положај радова у односу на ПК Поље Е како би се на време осигурао наставак одлагања и надвишење унутрашњег одлагалишта. Пројектном документацијом за ПК Поље Ц дефинисано је растојање фронта радова на угљу у односу на ножицу одложеног материјала од 250 m. Како би се у зони пројектованог иницијалног насипа створили услови за дренажање одложених маса на подини и постављање геомреже за повећање носивости подине, потребно је у функцији геомеханичке стабилности оставити појас главног угљеног слоја на контакту са подином и растеретити северну косину која је једним делом већ формирано клизиште. Након израде дренажног система у подини и

ponents, the height of the landfill will decrease to a lesser extent, but only up to a certain critical height, when the angle of inclination decreases sharply [1].

ANALYSIS OF THE CONDITIONS PRECEDING THE INTERNAL LANDFILL REHABILITATION

The analysis of the internal landfill established that the highest loads of the deposited tailings were in the irregular syncline. The statement is based on the lithology of the terrain, coal deposits, as well as the thickness of the deposited tailings. Having in mind the importance of possible use of highly productive mechanization at the disposal of the open pit mine, some modest world experiences related to the stabilization of the internal landfill, accelerated dynamics of works, estimation of construction costs of pre-drainage facilities and protective initial embankment, the project engineers opted for a facility familiar to the user, the initial embankment [2].

The basic model of the project solution is based on the application of remediation measures and procedures in order to meet the legal requirements of safety factors and ensure the continued use of the internal landfill for additional storage of tailings from the open pit mine Field E. One of the first ideas discussed here is to ensure the stability of the existing landfill and the current position of the works in relation to the open pit mine Field E in order to ensure the timely continuation of disposal and the superelevation of the internal landfill. The project documentation for the open pit mine Field C defines the distance of the coal works front in relation to the foot of the deposited material of 250 m. In order to create conditions in the zone of the projected initial embankment for drainage of deposited masses on the floor and setting up a geogrid to increase the load-bearing capacity of the floor, it is necessary for the purpose of geomechanical stability to leave the section of the main coal seam in contact with the floor and relieve the northern slope, which is partly already formed landslide. After the construction of the drainage system in the floor and the installation

постављања геомреже, стварају се услови за изградњу иницијалног насипа.

of the geogrid, conditions are created for the construction of the initial embankment.

ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК САНАЦИЈЕ

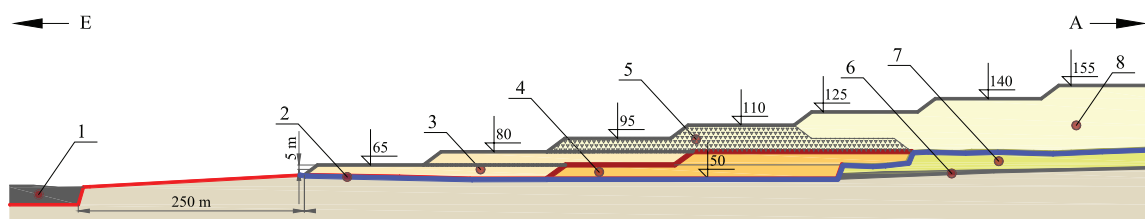
Технолошки поступак одлагања у функцији формирања иницијалног насипа и надвишења унутрашњег одлагалишта, подразумева примену већ описаних активности и разматран је са више аспеката. Анализирана је актуелна ситуација на површинском копу, динамика експлоатације, расположивост опреме и њени конструктивни параметри, распоред БТО система, подлога са које би се вршило одлагање, врста материјала од кога би се изградио стабилизациони објекат, дебљина слојева. Узевши у обзир да ће иницијални насип претрпети највеће оптерећење, предвиђена је његова изградња одлагањем песка у више слојева од 6 m (након сабијања етажне су 5 m). Одлагач напредује одлажући масе испред [2].

На основу ситуације на терену, усвојених конструктивних параметара и резултата геомеханичких прорачуна, одлагање на унутрашњем одлагалишту је предвиђено да се врши у продужетку иницијалног насипа са напредовањем према ПК Поље Е, продужавањем етажних равни на k+65 m и k+80 m [2].

TECHNOLOGICAL PROCEDURE OF REMEDIATION

The technological procedure of disposal for the purpose of forming the initial embankment and the superelevation of the internal landfill implies the application of the already described activities and is considered from several aspects. The analysis included the current situation at the open pit mine, dynamics of exploitation, availability of equipment and its structural parameters, layout of the ETS system, foundation from which disposal would be performed, type of material from which the stabilization facility would be built, as well as layer thickness. Taking into account that the initial embankment will suffer the greatest load, its construction is planned by depositing sand in several layers of 6 m (after compacting the benches are 5 m). The stacker progresses by depositing the masses in front of it [2].

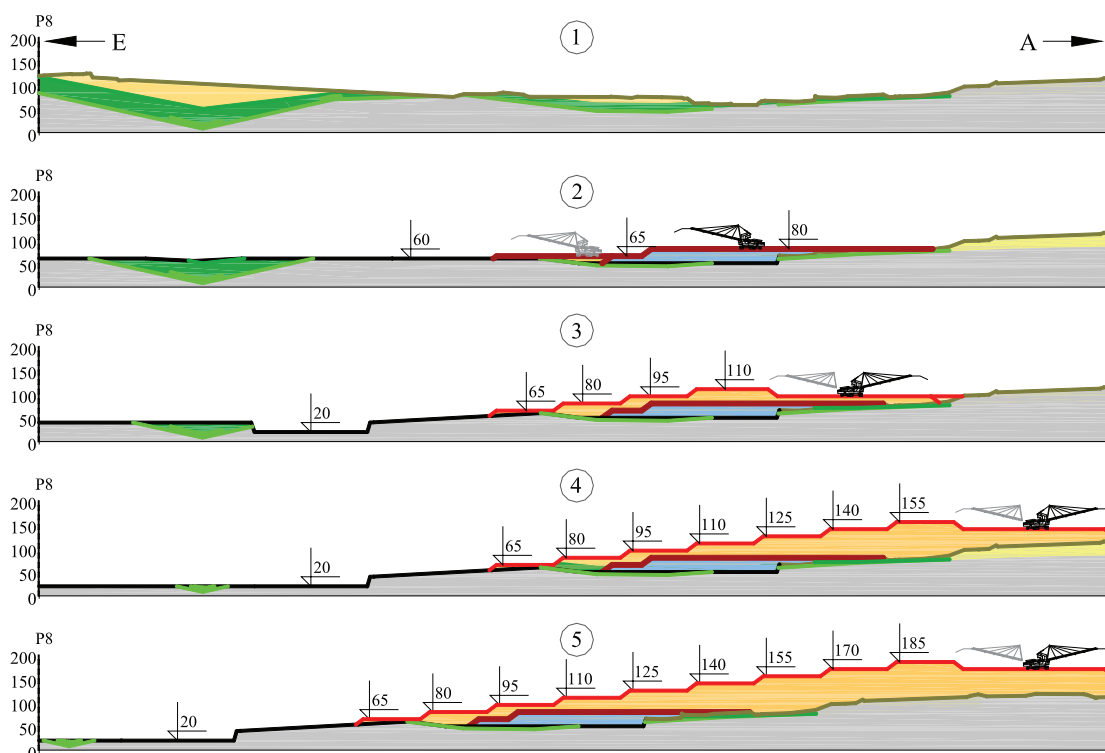
Based on the situation on the terrain, adopted structural parameters and the results of geomechanical calculations, it is envisaged that the disposal at the internal landfill shall be done in the extension of the initial embankment with progress towards the open pit mine Field E, by extending the bench levels to k+65 m and k+80 m [2].



Слика 4, Принципијелна шема стабилизације унутрашњег одлагалишта [2]
Figure 4, Principal layout of internal landfill stabilization [2]

Тумач: А - ПК Поље А; Е - ПК Поље Е; 1 - Неоткопани угаљ; 2 - Дренажни систем; 3 - Надградња иницијалног насипа; 4 - Иницијални насип; 5 - Надвишење иницијалног насипа; 6 - Неоткопан угаљ; 7 - Претходно одложена јаловина-постојеће одлагалиште; 8 - Надвишење постојећег одлагалишта.

Legend: А - Field А; Е - Field Е; 1 - Unexcavated coal; 2 - Drainage system; 3 - Upgrade of the initial embankment; 4 - Initial embankment; 5 - Superelevation of the initial embankment; 6 - Unexcavated coal; 7 - Previously disposed tailings - existing landfill; 8 - Superelevation of the existing landfill.



Слика 5, Технологија одлагања на унутрашњем одлагалишту [2]

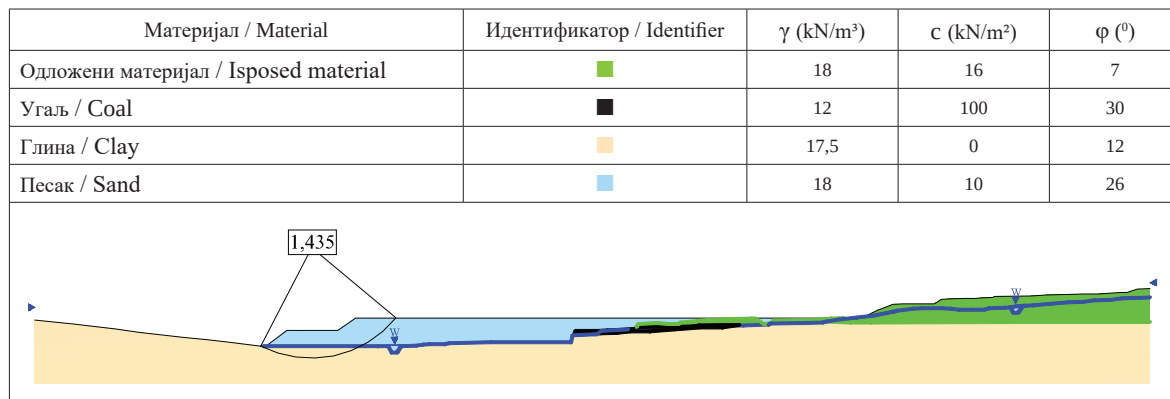
Figure 5, Disposal technology at the internal landfill [2]

Тумач: А - ПК Поље А; Е - ПК Поље Е; 1 - Тренутна ситуација; 2 - Формирање иницијалног насипа; 3 - Надвишење иницијалног насипа; 4 - Надвишење одлагалишта до к+155 м; 5 - Надвишење одлагалишта до к+185 м.

Legend: A – Field A; E – Field E; 1 – Current situation; 2 – Formation of the initial embankment; 3 – Superlevation of the initial embankment; 4 – Landfill superlevation up to k+155 m; 5 – Landfill superlevation up to k+185 m

Наставак одлагања јаловине на унутрашњем одлагалишту предвиђен је формирањем виших етажних равни са котама: к+65 м, к+80 м, к+95 м, к+110 м, к+125 м, к+140 м, к+155 м, к+170 м и к+185 м. Анализа геомеханичких резултата показује да се надвишењем

Continuation of tailings disposal at the internal landfill is envisaged by the formation of higher bench levels with the following elevations: k+65 m, k+80 m, k+95 m, k+110 m, k+125 m, k+140 m, k+155 m, k+170 m and k+185 m. Geostatic analysis shows that by the superlevation of the initial



Слика 6, Пресек геостатичке анализе након изградње иницијалног насипа [2]

Figure 6, Cross-section of geostatic analysis after construction of the initial embankment [2]

иницијалног насипа и формирањем етажа унутрашњег одлагалишта према ПК Поље А постиже већа стабилност [2].

ЗАКЉУЧАК

Након анализе услова на терену, усвојених конструктивних параметара коришћених у документацији, дефинисани су дренажни систем, поступци изградње иницијалног насипа, његово надвишење и надвишење претходно формираног одлагалишта. Решења су у континуитету проверавана геомеханичким прорачунима како би се утврдиле граничне висине одлагања и прорачунао смештајни простор. Геомеханичке анализе су утицале на смер напредовања и начин одлагања јаловинских маса.

Све наведено, обезбеђење слободног простора између неоткопаног угља и ножице одложених маса, предодводњавање, ојачавање подине геомрежом, израда иницијалног насипа, надвишење иницијалног насипа и надвишење претходно формираног унутрашњег одлагалишта, представљају редослед операција које треба реализовати како би се остварила његова стабилизација и испунио захтев за одлагање додатне јаловине. Даљим напредовањем фронта радова на ископавању јаловине и угља, према ПК Поље Е, стварају се услови за дисциплиновано процедурално одлагање јаловинских маса формирањем ниже одлагалишне нивеле $k+65$ m, што би се позитивно одразило на наставак надвишења одложене јаловине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Јанош К.: Површинска експлоатација лигнита. Књ. 2, 1982, 373 стр.
2. Милошевић Д. (гл. прој.): Студија стабилизације унутрашњих одлагалишта простора Поља Б/Ц за потребе одлагања откивке са ПК Поље Е. Рударски институт Београд, 2020, 249 стр.
3. Обрадовић Р.: Формирање предодлагалишта као фактор стабилности одлагалишта на површинским коповима лигнита. Рударски гласник, бр. 3, 1989, стр. 5-13.
4. Обрадовић Р.: Анализа услова стабилности одлагалишта на брдским падинама. Рударски гласник, бр. 4, 1987, стр. 5-13.

embankment and formation of the benches of the internal landfill towards the open pit mine Field A, greater stability is achieved ($F_s=1,435$), Figure 6.

CONCLUSION

After the analysis of the conditions in the field and the adopted constructive parameters used in the documentation, the drainage system, as well as the procedures for the construction of the initial embankment, its and the super-elevation of the previously formed landfill were defined. The solutions were continuously checked by geomechanical calculations in order to determine the disposal level limits and calculate the storage space. Geomechanical analyzes influenced the direction of progress and the way of disposing of tailings masses.

All of the above, provision of free space between the unexcavated coal and the foot of the deposited masses, pre-drainage, strengthening the floor with geogrid, construction of the initial embankment, super-elevation of the initial embankment and super-elevation of the previously formed internal landfill, is a sequence of operations that need to be carried out in order to achieve its stabilization and meet the requirement for disposal of additional tailings. Further progress of the front of tailings and coal excavation works towards the open pit mine Field E creates conditions for disciplined procedural disposal of tailings masses by forming a lower landfill level line of $k+65$ m, which would have a positive effect on the continuation of the super-elevation of deposited tailings.

LITERATURE

1. Kun J.: Surface exploitation of lignite – Book 2. Mining institute Belgrade, 1982, 373 p.
2. Milošević D. (chief designer): Study of stabilization of internal landfills of Field B / C for the purpose of disposal of overburden from the open pit mine Field E. Mining institute Belgrade, 2020, 249 p.
3. Obradović R.: Pre-landfill formation as a factor of landfill stability in open pit lignite mines. Bulletin of Mines, No. 3, 1989, pp. 5-13.
4. Obradović R.: Analysis of landfill stability conditions on mountain slopes. Bulletin of Mines, No. 4, 1987, pp. 5-13.

ЗАШТИТА УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА ПК ПОЉЕ-Ц ОД
ПОВРШИНСКИХ И ПОДЗЕМНИХ ВОДА РАДИ ПОВЕЋАЊА
СТАБИЛНОСТИ И НОСИВОСТИ ОДЛОЖЕНИХ МАСА, РБ КОЛУБАРА

PROTECTION OF THE INTERNAL LANDFILL SM POLJE-C
AGAINST SURFACE AND GROUNDWATER IN ORDER TO
INCREASE THE STABILITY AND LOAD-BEARING CAPACITY
OF DISPOSED MASSES, MB KOLUBARA

DOI: 10.25075/BM.2021.05

Владан Чановић
Светомир Максимовић
Виолета Чолаковић
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
vladan.canovic@ribeograd.ac.rs

Vladan Čanović
Svetomir Maksimović
Violeta Čolaković
MINING INSTITUTE BELGRADE
vladan.canovic@ribeograd.ac.rs

Сажетак: Продубљивање површинских копова угља у РБ Колубара и Костолац и присуство великог броја речних токова на експлоатационом простору и непосредној близини узрукују велики прилив подземних вода. Присуство површинских и подземних вода захтева благовремену и константну заштиту копова од површинских и подземних вода. Учестала веома последична клизишта на одлагалиштима јаловине захтевају посебно ангажовање технолога површинске експлоатације, хидрогеолога, геомеханичара на решавању тнаведеног проблема. Рад има за циљ да прикаже нека од примењивих решења која могу обезбедити основну подлогу у оствараивању стабилизације унутрашњих одлагалишта на површинским коповима лигнита у РБ Колубара и Костолац.

Кључне речи: ПОВРШИНСКИ КОП, ОДЛАГАЛИШТЕ, КАНАЛ, ВОДОСАБИРНИК, ВАКУМ БУНАР

Abstract: Deepening of surface coal mines in RB Kolubara and Kostolac and the presence of a large number of river flows in the exploitation area and in the immediate vicinity cause a large inflow of groundwater. The presence of surface and groundwater requires timely and constant protection of mines against surface and groundwater. Frequent and very consequent landslides in tailings landfills require special engagement of surface exploitation technologists, hydrogeologists and geo-mechanics in solving the mentioned problem. The paper aims to present some of the applicable solutions that can provide a basic groundwork for achieving stabilization of internal landfills at surface lignite mines in RB Kolubara and Kostolac.

Key words: SURFACE MINE, LANDFILL, CANAL, WATER RESERVOIR, VACUUM WELL

УВОД

Површински коп Поље-Ц представља наставак површинског копа Поље-Б и најстаријег површинског копа Поља-А у РБ Колубара. Од почетка радова на експлоатацији откривке, 1952. и угља, 1956. на овим површинским коповима откопано је $260,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ јаловине и $98,6 \times 10^6 \text{ t}$ угља закључно са 2018.

На површинском копу Поље-Б, у периоду од 1969. до 1973., долазило је до појаве клизања одложених маса, услед чега је производња била значајно умањена.

Године 2006. дошло је до клизања велике количине јаловинских маса на унутрашњем одлагалишту Поља-Б. Зона клизања јаловинских маса је била широка око 800 m, а дуга 2000 m. Откривени угљени блок је био прекривен слојем јаловине дебљине од 10-35 m (слика 1). Појава клизишта је проузроковала смањење производње угља за 50% у 2006. години, а одлагање јаловине је у потпуности измештено у простор суседног површинског копа Поље-Д [1]. Санација клизишта вршена је по методи немачке фирме Хуескер, која је реализована консолидацијом материјала

INTRODUCTION

Surface mine Polje-C represents an extension of the surface mine Polje-B and the oldest surface mine Polje-A in RB Kolubara. Since the beginning of works on the exploitation of overburden in 1952 and coal in 1956, $260.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ of tailings and $98.6 \times 10^6 \text{ t}$ of coal have been excavated at these surface mines until 2018.

At the surface mine Polje-B, in the period from 1969 to 1973, there used to occur landslides of disposed masses, as a result of which production was significantly reduced.

In 2006, a large amount of tailings masses slipped at the internal landfill Polje-B. The slipping zone of tailings masses was about 800 m wide and 2000 m long. The discovered coal block was covered with a layer of 10-35 m thick tailings (Figure 1). The occurrence of landslides caused a reduction in coal production by 50% in 2006, and tailings disposal was completely relocated to the area of the neighbouring surface mine Polje-D [1]. Landslide remediation was performed according to the method of the German company Huesker, which was realized by consolidating the landslide materials in the



Слика 1, Јаловинске масе унутрашњег одлагалишта Поље-Б затрпавају водосабирник и неоткопани угљ, извор: документација ЕПС-а, 2006.

Figure 1, The tailings masses of the internal landfill Polje-B cover the water reservoir and unexcavated coal, source: EPS documentation, 2006

клизишта у зони контакта унутрашњег одлагалишта и откопаног угљеног блока [2].

Примењена метода је базирана на побољшању геотехничких параметара заводњеног одлагалишта, истискивањем воде уградњом вертикалних дренажа и наношењем додатног оптерећења изнад третиране површине. Примењена метода дала је позитивне резултате, али трајну стабилизацију одлагалишта требало је остварити измењеном технологијом одлагања и претходном израдом дренажних канала у подини одлагалишта [3]. Посебан проблем представља смањена носивост унутрашњег одлагалишта Поља-Б, који се најјасније могао уочити када је започело одлагање новим IV БТО системом. Од почетка рада одлагач је одлагао само дубинске блокове, крећући се по „сигурној“ јужној граници површинског копа. Након краћег времена рада због великог подножичног клизања проузрокованог недовољном носивошћу унутрашњег одлагалишта, одлагање је морало бити заустављено и измештано на суседни површински коп Поље-Д.

УЗРОЦИ НЕСТАБИЛНОСТИ УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА

За разлику од осталих делова Колубарског угљеног басена код којих се у подини угља налази песак на експлоатационим пољима А, Б и Ц у подини угља је заступљена глина и глиновити пескови, без адекватно урађене дренаже у подлози и телу одлагалишта, што чини да порни притисци акумулиране воде у телу одлагалишта представљају стални извор нестабилности и клизања одложених маса. Када се томе дода да угљени слој има генерални пад од 3% по правцу напредовања, за последицу имамо присутну нестабилност унутрашњег одлагалишта у скоро целом веку експлоатације на сва три површинска копа [4]. Поред наведеног, на стабилност унутрашњег одлагалишта негативан утицај је имала и примењивана технологија рада са директним пребацивањем откритке у откопани недовољно одводњени простор.

На унутрашњем одлагалишту Поље-Ц изражен је проблем нестабилности одложених

contact zone of the internal landfill and the excavated coal block [2].

The applied method is based on improving the geotechnical parameters of the flooded landfill, by squeezing out water by installing vertical drains and applying additional load above the treated surface. The applied method gave positive results, but the permanent stabilization of the landfill should have been achieved by the changed disposal technology and the previous construction of drainage canals on the floor of the landfill [3]. A special problem represents the reduced load-bearing capacity of the internal landfill Polje-B, which could have been most clearly noticed when the disposal by the new IV BTO system began. From the beginning of the work, the dumper deposited only deep blocks, moving along the “safe” southern border of the surface mine. After a short time of operation due to a large sub-wire slipping caused by insufficient load-bearing capacity of the internal landfill, the disposal had to be stopped and relocated to the adjacent surface mine Polje-D.

CAUSES OF INTERNAL LANDFILL INSTABILITY

Unlike other parts of the Kolubara coal basin where the floor of the coal contains sand in the exploitation fields A, B and C, the floor of the coal contains clay and clayey sands, without adequate drainage in the base and body of the landfill, which makes pore pressures of the accumulated water in the body of the landfill a constant source of instability and sliding of disposed masses. When we add to this that the coal layer has a general decline of 3% in the direction of progress, we have as a consequence the present instability of the internal landfill in almost the entire life of exploitation at all three surface mines [4]. In addition to the above-mentioned, the stability of the internal landfill was negatively affected by the applied work technology with direct transfer of the overburden into the excavated and insufficiently drained space.

The problem of instability of the disposed masses is expressed at the internal landfill Polje-C due to the

маса због недовољно ефикасно решеног система предодводњавања и одлагања откривке. Одложене масе претходно уситњене директним пребацивањем, стално су изложене утицају површинских и подземних вода. Гравитационо отицање вода са површине одлагалишта је спречено постојањем бројних депресија испуњених водом из којих се врши непрестана инфилтрација воде у одложене масе (слика 2). Ободни канали и поједини активни водосабирници чија функција је одбрана копа и унутрашњег одлагалишта од бујичних вода са околног сливног подручја су већим делом обрušени, испуњени вегетацијом или недостају.

insufficiently efficient solution of the pre-drainage system and the overburden disposal. The disposed masses, previously crushed by direct transfer, are constantly exposed to the influence of surface and groundwater. Gravitational outflow of water from the surface of the landfill is prevented by the existence of numerous depressions filled with water from which water is constantly infiltrated into the disposed masses (Figure 2). Peripheral canals and some active water reservoirs whose function is to defend the mine and the internal landfill from torrential water from the surrounding drainage basin area are mostly collapsed, filled with vegetation or missing.



Слика 2, Акумулација воде на унутрашњем одлагалишту Поље-Ц (јул 2020.)

Figure 2, Water accumulation at the internal landfill Polje-C (July 2020)

ЗАШТИТА УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА ОД ОБОДНИХ ВОДА

Полазећи од чињенице да се у морфолошком смислу унутрашње одлагалиште ПК Поље-Ц налази на дну „чаше“ ка којој гравитирају површинске воде бујичног карактера са великог ободног сливног подручја ($\sim 3 \text{ km}^2$) потребно је приступити решавању овог инжењерског проблема [5].

Пројектним решењем предвиђа се прихватање површинских вода са северног сливног подручја ободним каналима ОК-1 и ОК-2 и спровођење до водосабирника ВС са пумпном станицом ПС. Вода из водосабирника

PROTECTION OF THE INTERNAL LANDFILL AGAINST PERIPHERAL WATER

Starting from the fact that in the morphological sense, the internal landfill PK Polje-C is located at the bottom of the “cup” towards which surface water of a torrential character gravitates from a large peripheral drainage basin area ($\sim 3 \text{ km}^2$), it is necessary to approach solving this engineering problem [5].

The project solution envisages the reception of surface water from the northern drainage basin area through the peripheral canals OK-1 and OK-2 and the directing to the water reservoir VS with the pumping station PS. Water from the VS water res-

ВС препумпавале се у постојећи одводни канал К-1 лоциран поред пута Стара монтажа – Миросалјци који се улива у реку Турију (слика 3). За прихват површинских вода које се сливају са источног сливног подручја предвиђа се израда ободног канала ОК-3 који прикупљене воде одводи у подземну бетонску галерију дужине 420 м и даље у поток Гушевац и реку Пештан. Пре изливања воде у подземну бетонску галерију потребно извршити испитивање њене пропусности и ако је потребно обавити грађевинску реконструкцију и поправку. Терен на јужној граници унутрашњег одлагалишта пада од радног подручја према реци Пештан па се са те стране не предвиђа израда објеката заштите од ободних вода.

С обзиром да су објекти заштите од ободних вода трајног карактера потребно је дно и стране канала и водосабирника обложити хидроизолационим материјалом (бетон, тракама и сл.). На деоницама где су падови канала већи од 3% канале изградити са мањим падовима применом каскада уз заштиту пресипних места од ерозије облагањем каменом или неким стабилним материјалом. Ободни канали су трапезног попречног пресека.

ЗАШТИТА ОД АТМОСФЕРСКИХ ВОДА

На простору унутрашњег одлагалишта источно од зоне стабилизације Хуескер-а који је хипсометријски нижи у односу на реку Пештан биће изграђен дренажни канал ДК-1 са водосабирницима В-1 и В-2. Вода прикупљена у северном водосабирнику В-1 ће се препумпавати у водосабирник ВС и даље у реку Турију, док ће се воде из водосабирника В-2 препумпавати у реку Пештан. Дренажни канал ДК-2 ће прикупљене воде одводити на југ у водосабирник В-3 одакле ће се препумпавати у реку Пештан (слика 3).

На простору унутрашњег одлагалишта који лежи хипсометријски више у односу на реку Пештан биће изграђен дренажни канал ДК-3 који ће прикупљене воде гравитацијски од-

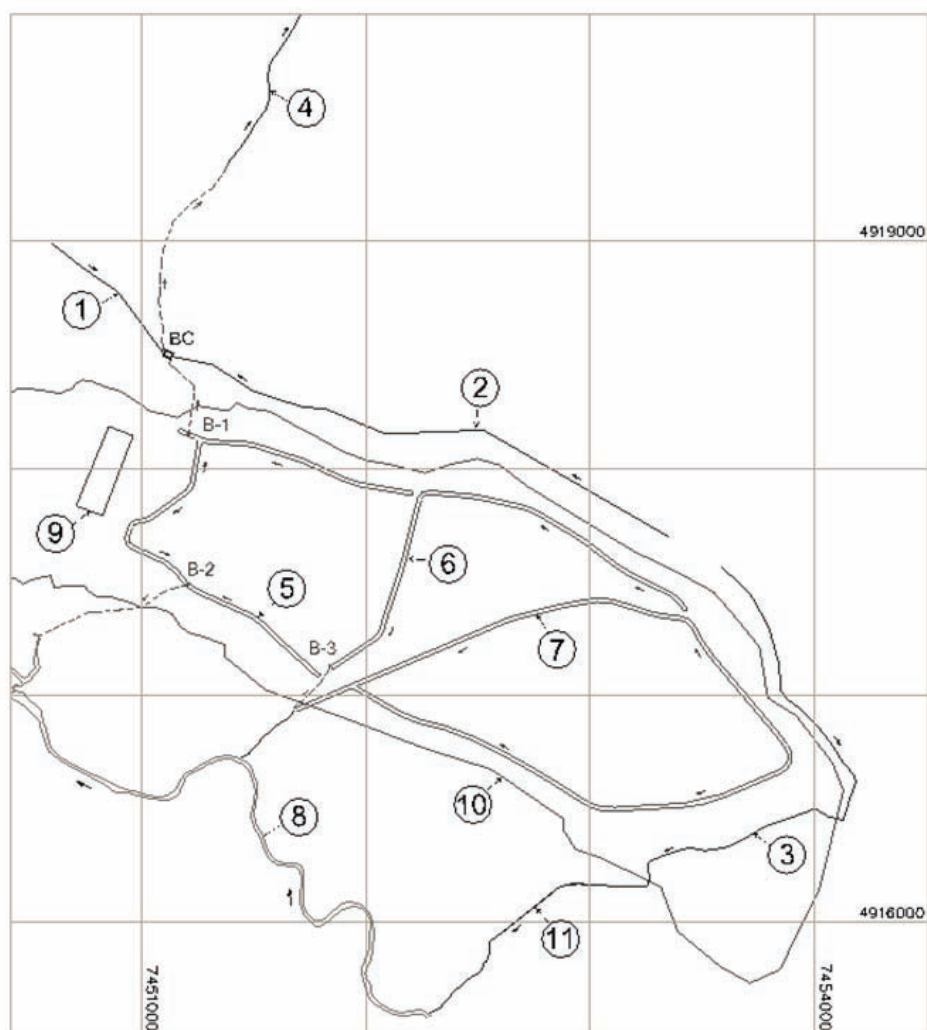
ervoir will be pumped into the existing drainage canal K-1 located next to the road Stara montaža - Mirosaljci, which flows into the river Turija (Figure 3). For the reception of surface water that flows from the eastern drainage basin area, the construction of the peripheral canal OK-3 is planned, which takes the collected water to an 420 m long underground concrete gallery and further into the stream Guševac and the river Peštan. Before outflow of water into the underground concrete gallery, it is necessary to perform a permeability test and, if necessary, perform constructional reconstruction and repair. The terrain on the southern border of the internal landfill falls from the working area towards the river Peštan, so the construction of facilities for protection against peripheral water is not planned on that side.

Since the facilities for protection against peripheral water are of a permanent character, it is necessary to cover the bottom and sides of the canal and water reservoir with waterproofing material (concrete, strips, etc.). On sections where canal falls are greater than 3%, canals should be constructed with smaller falls by using cascades while protecting spillways against erosion by covering them with stone or some stable material. The peripheral canals are of trapezoidal cross section.

PROTECTION FROM ATMOSPHERIC WATER

In the area of the internal landfill east of the Huesker stabilization zone, which is hypsometrically lower in relation to the river Peštan, a drainage canal DK-1 with water reservoirs V-1 and V-2 will be constructed. The water collected in the northern water reservoir V-1 will be pumped into the water reservoir VS and further into the river Turija, while the water from the water reservoir V-2 will be pumped into the river Peštan. Drainage canal DK-2 will take the collected water south to the water reservoir V-3, from where it will be pumped into the river Peštan (Figure 3).

In the area of the internal landfill, which lies hypsometrically higher in relation to the river Peštan, a drainage canal DK-3 will be constructed, which will gravitationally drain the



Слика 3, Објекти заштите одлагалишта од вода
 Figure 3, Facilities for protection of landfills against water

- Тумач:** 1 - Ободни канал ОК-1; 2 - Ободни канал ОК-2; 3 - Ободни канал ОК-3; 4 - Канал К-1 поред пута;
 5 - Дренажни канал ДК-1; 6 - Дренажни канал ДК-2; 7 - Дренажни канал ДК-3; 8 - Река Пештан;
 9 - Зона стабилизације Хуескера; 10 - Контура унутрашњег одлагалишта; 11 - Подземна бетонска галерија
- Legend:** 1 - Peripheral canal OK-1; 2 - Peripheral canal OK-2; 3 - Peripheral canal OK-3; 4 - Canal K-1 by the roadside;
 5 - Drainage canal DK-1; 6 - Drainage canal DK-2; 7 - Drainage canal DK-3; 8 - Peštan River;
 9 - Huesker stabilization zone; 10 - Contour of the internal landfill; 11 - Underground concrete gallery

водити у реку Пештан (без препумпавања) [6]. Дренажни канали су трапезног попречног пресека.

collected water into the river Peštan (without pumping) [6]. The drainage canals are of trapezoidal cross section.

ДРЕНАЖА У ЗОНИ ПРЕДОДЛАГАЛИШТА

DRAINAGE IN THE PRE-LANDFILL ZONE

У зони предодлагалишта предвиђа се израда следећих дренажних објеката: Подински дренажни канали (ПД), ободни канали КЈ

The construction of the following drainage facilities is planned in the pre-landfill zone: Floor drainage canals (PD), peripheral channels KJ

и КС, водосабирници ВС-1, ВС-2 и ВС-3 и дренажни ровови ДР-1 и ДР-2. Основне карактеристике свих наведених дренажних објеката приказане су у табели 1 а локација објеката на слици 4.

Подински дренажни канали (ПД) биће изграђени након ископавања главног угљеног слоја на припремљеној подини. Изнад подинских дренажних канала биће изграђен иницијални насип и надвишење предодлагалишта. Ови канали прикупљаће и одводити подземне воде које се издренирају из подинских заглињених пескова, воде које дотекну из унутрашњег одлагалишта и предодлагалишта. Воде истекле из подинских дренажних канала одводиће се збирним каналима до водосабирника ВС-1 лоцираног на најнижој тачки синклинале одакле ће се препумпавати у реку Пештан.

Непосредно пре затрпавања јаловином дно и стране дренажних ровова ДР треба обложити геотекстилом и испунити ситно ломљеним каменом и опраним иберлауфом до висине 1,5 m. Дренажне ровове ДР и подинске дренажне канале ПД треба повезати каналима испуњеним дренажном испуном.

ДУБИНСКО ДРЕНИРАЊЕ УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА

Дренажни канали (ДК) поред функције одвођења површинских вода и спречавања забарења на унутрашњем одлагалишту служе и за дренирање подземних вода из површинског слоја до дубине од 5 m чиме се стварају повољни геомеханички услови за даље одлагање јаловине.

На основу познатих вредности коефицијентна филтрације дубљих делова унутрашњег одлагалишта Поље-Ц може се закључити да одводњавање гравитационим бунарима није изводљиво. Зато се за дубински дренирање унутрашњег одлагалишта предлажу дренажни вакум системи израђени од вакум бунара (ејектора).

Вакум бунари (ејектори) имају примену у срединама са малом водопрпусношћу попут

and KS, water reservoirs VS-1, VS-2 and VS-3 and drainage trenches DR-1 and DR-2. The basic characteristics of all listed drainage facilities are shown in Table 1 and the location of facilities in Figure 4.

Floor drainage canals (PD) will be constructed after excavation of the main coal layer on the prepared floor. An initial embankment and super-elevation of the pre-landfill will be constructed above the floor drainage canals. These canals will also collect and drain groundwater drained from the floor clayey sands, water flowing in from the internal landfill and pre-landfill. The water flowing out of the floor drainage canals will be drained by collecting canals to the water reservoir VS-1 located at the lowest point of the syncline from where it will be pumped into the river Peštan.

The bottom and sides of drainage trenches DR should be covered with geotextile and filled with finely crushed stone and washed gravel up to a height of 1.5 m, just before backfilling with tailings. Drainage trenches DR and floor drainage canals PD should be connected by canals filled with drainage filling.

DEEP DRAINAGE OF THE INTERNAL LANDFILL

In addition to the function of surface water drainage and prevention of clogging at the internal landfill, drainage canals (DK) are also used for drainage of groundwater from the surface layer to a depth of 5 m, by which are created favourable geo-mechanical conditions for further tailings disposal.

Based on the known values of the filtration coefficients of the deeper parts of the internal landfill Polje-C, it can be concluded that drainage by gravity wells is not feasible. Therefore, drainage vacuum systems made of vacuum wells (ejectors) are proposed for deep drainage of the internal landfill.

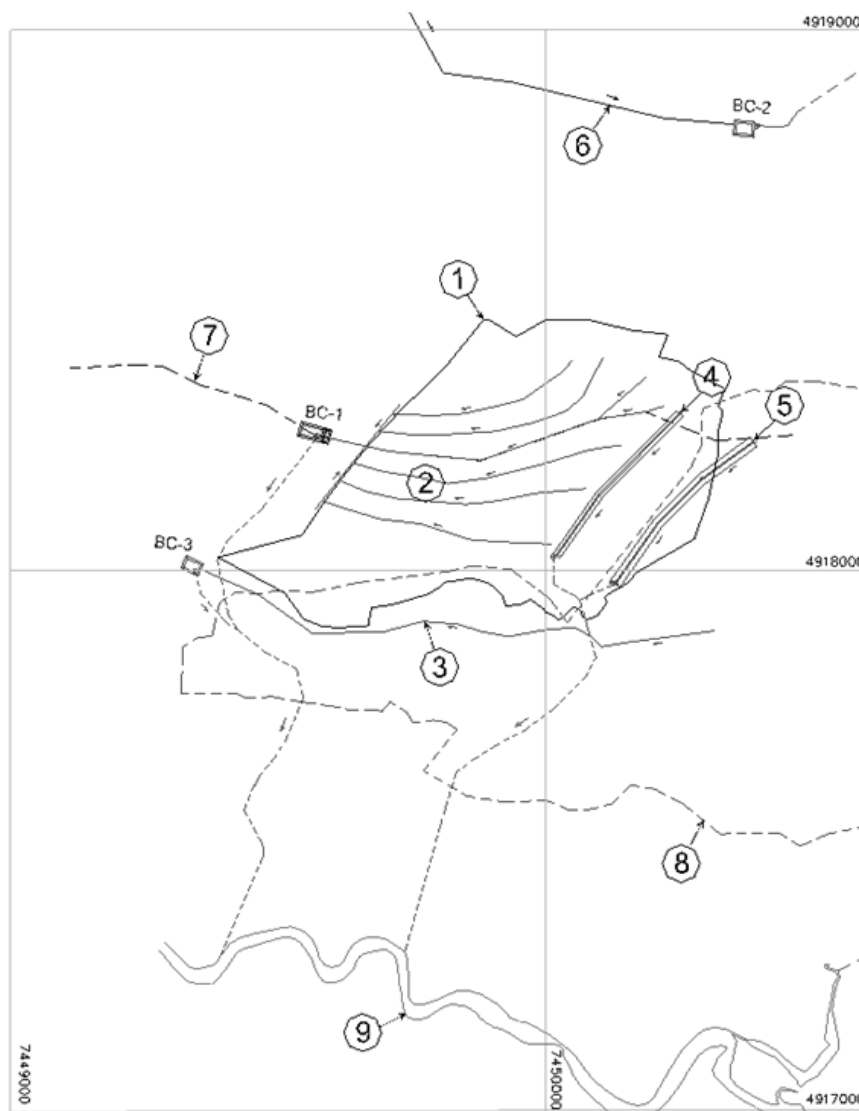
Vacuum wells (ejectors) are used in environments with low water permeability, such as sludge or dusty-clay sand. Vacuum wells (eject-

муља или прашинасто-глиновитог песка. Вакум бунари (ејектори) се користе за одводњавање у случају када су нивои пумпања предубоки за иглофилтере а капацитети црпења премали да би се користиле електричне подводне пумпе као код класичних дубоких дренажних бунара. На дубинама већим од 45 м

tors) are used for drainage when pumping levels are too deep for needle filters and pumping capacities are too small to use electric underwater pumps as in classic deep drainage wells. Ejector systems become inefficient at depths greater than 45 m to 50 m. Unlike electric underwater pumps, ejectors can pump a mixture

Табела 1, Основне карактеристике дренажних објеката у зони предодлагалишта
 Table 1, Basic characteristics of drainage facilities in the pre-landfill zone

Назив објекта Name of the facility	Ознака Mark	Локација Location	Намена Purpose	Ниво активности Activity level	Профил објекта Profile of the facility	Потребна механизација Necessary mechanization	Реципијент Recipient
Водосабирници Water reservoirs	BC-1 VS-1	Најнижа кота подине The lowest elevation point of the floor	Преузимање воде из подинских дренажних канала Taking water from the floor drainage channels	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Багер дреглајн Dragline excavator	Река Пештан Peštan River
	BC-2 VS-2	Северна косина одлагалишта Northern slope of the landfill	Прикупља воде дотекле из канала КС Collects water flowing from the KS canal	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Хидраулични багер Hydraulic excavator	Река Турија Turija River
	BC-3 VS-3	Јужна косина одлагалишта Southern slope of the landfill	Прикупља воде дотекле из канала КЈ Collects water flowing from the KJ canal	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Хидраулични багер Hydraulic excavator	Река Пештан Peštan River
Ободни канали Peripheral canals	KJ	Јужна косина одлагалишта Southern slope of the landfill	Перикупља воде које се сливају према инцијалном насипу Collects water that flows towards the initial embankment	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Хидраулични багер Hydraulic excavator	Водосабирник BC-3 и река Пештан Water reservoir VS-3 and the river Peštan
	KC KS	Дуж северне границе одлагалишта Along the northern border of the landfill	Перикупља воде које се сливају према инцијалном насипу Collects water that flows towards the initial embankment	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Хидраулични багер Hydraulic excavator	Водосабирник BC-2 и река Турија Water reservoir VS-2 and the river Turija
Дренажни ров Drainage trench	ДР-1 DR-1	Главни угљени слој The main coal layer	Прикупља воде са источног гравитационог подручја Collects groundwater from the eastern gravitational area	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Багер дреглајн Dragline excavator	Река Пештан Peštan River
	ДР-2 DR-2	Јаловина изнад главног угљеног слоја Tailings above the main coal layer	Прикупља подземне воде из источног гравитационог подручја Collects groundwater from the eastern gravitational area	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Багер дреглајн Dragline excavator	Река Пештан Peštan River
Подински дренажни канали Floor drainage canals	ПД PD	Подина главног угљеног слоја The floor of the main coal layer	Прикупља подземне воде из подинских пескова и унутрашњег одлагалишта Collects groundwater from the floor sands and internal landfill	Није изграђен Not constructed	Трапезни Trapezoidal	Хидраулични багер Hydraulic excavator	Водосабирник BC-1 и река Пештан Water reservoir VS-1 and the river Peštan



Слика 4, Дренажни објекти у зони предодлагалишта

Figure 4, Drainage facilities in the pre-landfill zone

Тумач: 1-Иницијални насип; 2-Подински дренажни канали ПД; 3-Ободни канал КЈ; 4-Дренажни ров ДР-1; 5-Дренажни ров ДР-2; 6-Ободни канал КС; 7- Оса синклинале; 8-Контура унутрашњег одлагалишта; 9-Река Пештан

Legend: 1-Initial embankment; 2-Floor drainage canals PD; 3-Peripheral canals KJ; 4-Drainage trench DR-1; 5-Drainage trench DR-2; 6-Peripheral canal KS; 7-Syncline axis; 8-Contour of the internal landfill; 9-Peštan River

до 50 m ејектор системи постају неефикасни. За разлику од електричних подводних пумпи, ејектори могу без икаквог проблема пумпати мешавину ваздуха и воде, а ако је врх бушотине запечаћен, тада ће вакум створен дејством пумпања побољшати гравитационо дренаже према филтерском делу бунара.

Овај поступак дубинског дренажења мора се претходно експериментално провери-

of air and water without any problems, and if the top of the bore is sealed, then the vacuum created by the pumping action will improve the gravitational drainage towards the filter part of the well.

This deep drainage procedure must be previously experimentally tested in the experimental field and studied in detail from all aspects of efficiency, required drainage time

ти на опитном пољу и детаљно изучити са свих аспеката ефикасности, потребног времена дренажања и економичности. На унутрашњем одлагалишту ПК Поље-Ц ејектор бунари би се уграђивали до дубине од 30 m са пречником бушења Ø146 mm и уградњом бунарске конструкције унутрашњег пречника не мањег од Ø100 mm на чијем врху се поставља навој за ејекторски систем.

ЗАКЉУЧАК

Да би се створили повољни хидрогеолошки и инжењерскогеолошки услови да се на унутрашњем одлагалишту ПК Поље-Ц одлажу додатне масе са ПК Поље-Е, потребно је реализовати комплексне радове на изградњи објеката заштите од површинских и подземних вода. На основу анализе расположиве документације препознати су узроци нестабилности унутрашњег одлагалишта ПК Поље-Ц у природним карактеристикама простора (синклинални облик, водонепропусна и под нагибом подлога одлагалишта у правцу напредовања одлагања и експлоатације, песковито-глиновити одложени материјал) као и одсуство предодводњавања и недовољно одржавање постојећих објеката одводњавања. Предложена метода стабилизације одлагалишта заснива се на садејству дренаже читавог простора и формирања нове фигуре одложене јаловине у функцији заустављања даљег клизања и стварања услова за надвишење постојећег одлагалишта. Вишенаменски предложени дренажни систем простора унутрашњег одлагалишта био би у функцији заштите контуре постојећег одлагалишта од прилива површинских вода, затим вода које директно падну на површину одлагалишта, као и дренажања откривене подине главног угљеног слоја. Предложене мере са предодводњавањем и одводњавањем умањиле би проблем утицаја површинских и подземних вода на стабилност одлагалишта. Потребно је спровести додатна хидрогеолошко-геомеханичка истраживања и благовремену изградити бунаре испред фронта напредовања рударских радова. У надвишење постојећег унутрашњег одлагалишта до коте +185 m одложило би се око 165 милиона m³ јаловине. Предложене ак-

and economy. Ejector wells would be installed at the internal landfill PK Polje-C to a depth of 30 m with a drilling diameter of Ø146 mm and the installation of a well structure with an internal diameter of not less than Ø100 mm, on top of which a thread for the ejector system is placed.

CONCLUSION

In order to create favourable hydrogeological and engineering-geological conditions for the disposal of additional masses from PK Polje-E to the internal landfill PK Polje-C, it is necessary to realize complex works on the construction of facilities for protection against surface and groundwater. Based on the analysis of available documentation, there have been recognized the causes of instability of the internal landfill PK Polje-C in the natural characteristics of the area (syncline shape, waterproof and sloping landfill base in the direction of advanced disposal and exploitation, sandy-clay disposed material) as well as the absence of pre-drainage and insufficient maintenance of the existing drainage facilities. The proposed method of landfill stabilization is based on the cooperation of drainage of the entire area and the formation of a new figure of disposed tailings in the function of stopping further landslides and creating conditions for super-elevation of the existing landfill. The multi-purpose proposed drainage system of the internal landfill area would be in the function of protecting the contour of the existing landfill against surface water inflow, then water that falls directly on the landfill surface, as well as drainage of the exposed floor of the main coal layer. The proposed measures with pre-drainage and drainage would reduce the problem of the impact of surface and groundwater on the stability of landfills. It is necessary to conduct additional hydrogeological and geo-mechanical research and construct wells ahead of the front of the advancement of mining works in a timely manner. About 165 million m³ of tailings would be disposed of in the super-elevation of the existing internal landfill up to the elevation point of +185 m.

тивности на стабилизацији унутрашњег одлагалишта не угрожавају животну средину.

The proposed activities to stabilize the internal landfill do not endanger the environment.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миловановић И. и др.: Допунски рударски пројекат ПК Поље-Ц, ПД РБ „Колубара“ д.о.о. – Огранак „Пројекат“, Лазаревац, 2015, 194 стр.
2. Huesker Inc. Germany: Упрошћени рударски пројекат санације клизишта на ПК Поље Б. Документација Рударског института, 2006.
3. Максимовић С. (рук. пројекта) и др.: Студија стабилизације унутрашњих одлагалишта простора поља Б/Ц за потребе одлагања откритке са ПК Поље-Е, Рударски институт д.о.о., Београд, 2020, 249 стр.
4. Симић Ж., Бухач Д. и др.: Главни рударски пројекат проширења ПК Поље-Ц – Основна концепција. ПД РБ „Колубара“ д.о.о. – Огранак „Пројекат“, Лазаревац, 2009, 196 стр.
5. Шубарановић Т., Јанковић И.: Анализа процеса одводњавања површинских копова. Рударски гласник, бр. 1-2, 2017, стр. 39-45.
6. Вујић С., Војиновић П.: Лекција природе - Плављење тамнавских површинских копова 2014. Рударски гласник, бр. 1-2, 2017, стр. 47-58.

LITERATURE

1. Milovanović I. et al.: Additional mining project PK Polje-C, PD RB “Kolubara” d.o.o. - Branch “Project”, Lazarevac, 2015, 194 p.
2. Huesker Inc. Germany: Simplified mining project of landslide remediation at PK Polje B. Documentation of Mining institute Belgrade, 2006.
3. Maksimović S. (project manager) et al.: Study of stabilization of internal landfills of Polje B/C areas for the needs of disposal of overburden from PK Polje-E. Mining institute Ltd., Belgrade, 2020, 249 p.
4. Simić Ž., Buhač D. et al.: The main mining project of the expansion of PK Polje-C - Basic concept. PD RB “Kolubara” d.o.o. - Branch “Project”, Lazarevac, 2009, 196 p.
5. Šubaranović T., Janković I.: Analysis of the dewatering process of open cast mines, Bulletin of Mines, No 1-2, 2017, pp. 39-45.
6. Vujić S., Vojnović P.: Nature’s lesson Flooding of open-pit mines of Tamnava in 2014. Bulletin of Mines, No 1-2, 2017, pp. 47-58.

УТИЦАЈ ПРЕДОДВОДЊАВАЊА И ОДВОДЊАВАЊА
ПОВРШИНСКИХ КОПОВА ЛИГНИТА У ЈАВНОМ ПРЕДУЗЕЋУ
ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ НА СМАЊЕЊЕ ВЛАГЕ У УГЉУ

THE IMPACT OF PREDRAINAGE AND DRAINAGE OF LIGNITE
OPEN-PIT MINES IN PUBLIC ENTERPRISE ELECTRIC POWER
INDUSTRY OF SERBIA ON REDUCING COAL MOISTURE

DOI: 10.25075/BM.2021.06

Светомир Максимовић
Жељко Праштало
Раде Шарац
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
svetomir.maksimovic@ribegrad.ac.rs

Svetomir Maksimović
Željko Praštalo
Rade Šarac
MINING INSTITUTE BELGRADE
svetomir.maksimovic@ribegrad.ac.rs

Сажетак: Површински копови лигнита у Јавном предузећу „Електропривреда Србије” сусрећу се са све већим неповољним утицајем подземних и површинских вода. Такав проблем доводи до значајног пада у откопавању јаловине, а одражава се и на повећање влажности угља и његову планирану расположивост. У раду се анализирају ефекти који се могу добити смањењем укупне влаге у угљу за само 1%.

Кључне речи: ПОВРШИНСКИ КОПОВИ, ПРЕДОДВОДЊАВАЊЕ, УГАЉ, ТОПЛОТА САГОРЕВАЊА

Abstract: Open-pit lignite mines in Public Enterprise “Electric Power Industry of Serbia” are facing increasingly unfavorable groundwater and surface water impact. Such a problem leads to a significant drop in tailings excavation and is reflected in increased coal humidity and its planned availability. The paper analyzes the effects that can be obtained by reducing the total moisture in coal by only 1%.

Key words: OPEN-PIT MINES, PREDRAINAGE, COAL, COMBUSTION HEAT

УВОД

У производњи електричне енергије у Републици Србији угаљ учествује са преко 70%. Годишње се у Електропривреди Србије (ЕПС)

INTRODUCTION

Coal participates in the production of electricity in the Republic of Serbia with over 70%. The Electric Power Industry of Serbia (EPIS), RB

произведе 39×10^6 t угља: Рударски басен (РБ) Колубара 30×10^6 t, Термоелектране – копови (ТЕ-КО) Костолац 9×10^6 t. Најповољнија лежишта угља са геолошког и рударско-технолошког аспекта у Колубари и Костолцу су кроз вишедеценијски рад откопана или су пред крај експлоатације. Активни површински копови су дубљи, са повећаним односом јаловине према угљу. Угаљ је све више раслојен, а подземне воде су све више изражене у кровинском, међуслојном и подинском водоносном слоју. Досадашња пројектантска решења на решавању проблема одводњавања површинских копова нису се реализовала у потпуности. Нека су потпуно изостала или су динамички каснила, нарочито када је у питању предодводњавање копова. Одводњавање копова било је маргинализовано не само у инвестирању објеката одводњавања већ и у обуци и избору кадрова, избору опреме и њеном одржавању. Због таквог приступа на површинским коповима угља опала је производња јаловине и доведено је у питање испуњење плана производње угља за термоелектране. У раду смо анализирали ефекте смањења влаге у угљу за 1%.

СТАЊЕ ОДВОДЊЕНОСТИ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ЕПС

Вишедеценијски проблем на површинским коповима лигнита јесте њихово неефикасно одводњавање. То се превасходно односи на предодводњавање радне средине. Линије бунара се не формирају благовремено (2–3 године пре ископавања јаловине) или се ликвидирају пре рока њиховог планираног деловања. Изградња екрана на ПК Дрмно још ни пројектантски није дефинисана, а рударски радови се убрзано приближавају Дунаву.

У источном делу РБ Колубара због недовољне одводњености површинских копова Поље Е и Поље Ц присутно је вишегодишње смањење производње откривке. Угрожени су планирана производња угља и његов квалитет. Велики број објеката одводњавања унутар и ван копа није изграђен према пројектној документацији или је запуштен и није у наменској функцији (изостало скраћивање бунара и њихово поновно активирање; водосабирници испуњени муљем и неодговарајућих димензија;

Kolubara and TE-KO Kostolac annually produce 39×10^6 t, 30×10^6 t, and 9×10^6 t of coal, respectively. The most favorable coal deposits from the geological and mining-technological aspects in Kolubara and Kostolac have been excavated through decades of operations or are nearing the end of life span. Active open-pit mines are getting deeper and have increased tailings to coal ratio. Coal is increasingly stratified, and groundwater is increasingly found in the roof, interlayer and bottom aquifers. Previous design solutions to drainage problem of open-pit mines have not been fully implemented. Some were completely lacking or dynamically late, especially when it comes to predrainage of mines. Mining drainage has been marginalized not only in the investment in drainage facilities but also in training and selection of personnel, selection of equipment and its maintenance. Due to such an approach, the production of tailings at open-pit coal mines has decreased and the fulfillment of the coal production plan for thermal power plants is questioned. This paper analyzed the effects of reducing moisture in coal by 1%.

DRAINAGE CONDITION ON OPEN - PIT MINES OF EPIS

A decades-long problem with open-pit lignite mines is their inefficient drainage. This primarily refers to the pre-drainage of the working environment. Well lines are not formed in time (2 to 3 years before tailings excavation), or are eliminated before their planned operation. The construction of screens on PK Drmno has not even been design-defined yet, and mining works are rapidly approaching the Danube.

In the eastern part of RB Kolubara, due to insufficient drainage of open-pit mines Field E and Field C, there is a multi-year reduction in overburden production. The planned coal production and its quality are at risk. A great number of drainage facilities inside and outside the mine were not built according to the project documentation or were neglected and out of intended order (no shortening and their reactivation of wells, water reservoirs filled with sludge and of inappropriate

ободни канали зарушени, делом и затрпани; неодговарајуће пумпне станице и цевоводи; недостајућа пратећа опрема, прилазни путеви). Све наведене недовољно обављене активности одражавају се на недозвољено присуство слободне воде и укупне влаге у јаловини и угљу. Капацитети на појединим багер-трака-одлагач (БТО) системима су преполовљени и не достижу се билансиране вредности неопходне за откривање угља.

Код откопавања, транспорта и третмана угља проблем је још захтевнији када је у питању укупна влага. Поред проблема са прослојцима глине, ту су и проблеми са водоносним међуслојним песковима који углавном нису уопште или нису довољно захваћени поступком предодводњавања. Проблем је и откопавање угљене подетаже до планума, посебно ако није решен проблем утицаја површинских вода и њено мешање са прослојцима угља. Дуже заустављање транспотера на угљу за време великих падавина (киша, снег) повећава присуство слободне воде и укупне влаге у угљу. У контакту са најмањом количином прослојака формира се „блато” с ниском топлотом сагоревања. Такав угаљ не сме бити истоварен у пријемне бункере ТЕ при директном третману. Он се по правилу одлаже на депонију ТЕ и излаже природном сушењу и повољнијем накнадном коришћењу.

ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ МОГУЋНОСТИ СМАЊЕЊА УКУПНЕ ВЛАГЕ

Предодводњавањем и одводњавањем потребно је створити неопходне услове за ефикасан рад постојеће континуалне механизације високог капацитета. Са кровине и подине угљене етаже морају бити исушене све акумулације, а гравитационе воде усмерене ван експлоатационог простора (слике 1 и 2).

Коришћењем геолошког, технолошког и хидрогеолошког модела могуће је веома ефикасно пратити квалитет угља и у одређеним периодима вршити селективно откопавање. Још конкретније могуће је савременим микроталасним мерењем утврдити укупну влагу у угљу и по потреби благовремено интервенисати по питању даљег управљања квалитетом.

size, circumferential channels partly ruined and buried, inadequate pumping stations and pipelines, missing supporting equipment, access roads). All this underperformance is reflected in the unacceptable presence of free water and total moisture in tailings and coal. The capacities of individual cross pit spreader systems have been halved and the balanced values necessary for coal detection have not been reached.

The problem in excavating, transporting, and treating coal is even more demanding when it comes to total moisture. In addition to clay intercalation, the problem is also aquifer interlayer sands, which are mostly not, or are not sufficiently affected by the pre-drainage process. Excavating the coal sublayer to the substructure is also a problem, especially if the problem of the surface waters effect and its mixing with coal intercalation is not solved. Prolonged conveyor standing on coal during heavy rainfall (rain, snow) increases the presence of free water and total moisture in the coal. In contact with even the smallest amount of intercalation, “mud” with lower heating value is formed. Such coal must not be unloaded into hoppers of the TPP in direct treatment. As a rule, it is disposed of at the TPP landfill for natural drying and more favorable subsequent use.

TECHNICAL - TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES FOR REDUCING TOTAL HUMIDITY

Predrainage and drainage need to create the necessary conditions for efficient operation of existing high-capacity continuous machinery. All accumulations must be drained from the roof and floor of the coal floor, and gravitational waters must be directed outside the exploitation space (Figures 1 and 2).

Using geological, technological and hydrogeological models makes it possible to monitor coal quality very efficiently and perform selective excavation in certain periods. More specifically, it is possible to determine total moisture in coal with modern microwave measurements and, if necessary, timely intervene to allow further quality management.



Слика 1, Површински коп Поље-Д,
планум багера SchRs 630

Figure 1, Open-pit mine Field-D,
substructure of excavator SchRs 630

У периоду мањих падавина и повишене температуре откопавају се партије угља ниже калоричности. Да би се таква технологија реализовала, потребно је претходно открити бар годишњу производњу угља, а то подразумева благовремено предодводњавање јаловине изнад угља, међуслојних пескова и најмање 2–3 m подине (слика 2).

Откопани угаљ се транспортује етажним транспортерима који су изложени атмосферским падавинама. У случају планског заустављања транспортери се претходно празне, а у случају дужег стајања празне се од акумулиране воде кратким радом без утовара угља. Сви остали транспортери до дробилане, или утоварног места у вагоне, могу бити покривени или имају исти статус при падавинама као и етажни транспортери.

Одлагање угља на рудничку депонију која је изложена атмосферским падавинама подразумева континуално ангажовање одложеног угља (збијање). Тиме се спречава инфилтрација воде по дубини, а у летњем периоду самоупала. У развијеним рударским системима често се угаљ депонује у покривеним складиштима (слика 3). За лигните са већим садржајем сумпора то није случај.

Транспорт угља вагонима и депоније термоелектрана изложени су атмосферским утицајима, али то излази из дела одговорности површинских копова и није предмет анализе у овом раду.



Слика 2, Површински коп Дрмно, висок
ниво подземних вода у јаловинској етажи

Figure 2, Open-pit mine Drmno, high
groundwater level in the tailings level

In lower precipitation and elevated temperatures period, batches of lower heating value coal are excavated. For such technology to be realized, it is necessary to previously remove at least the annual production of coal, which means timely predrainage of tailings above coal, interlayer sands and at least 2 m to 3 m of bottom (Figure 2).

Excavated coal is transported by floor conveyors that are exposed to precipitation. In the case of a planned stop, the conveyors are previously emptied, and in the case of a longer standstill, they are emptied of the accumulated water by short work without coal loading. All other conveyors to the crushing plant or wagon loading point can be covered or have the same status in case of precipitation as floor conveyors.

Disposal of coal at a mining landfill that is exposed to precipitation implies continuous disposed coal compaction. This prevents deep water infiltration and self-ignitions in the summer. In developed mining systems, coal is often deposited in covered storages (Figure 3). This is not the case for lignite with a higher sulfur content.

Wagon transported coals and thermal power plant landfills are exposed to weather influences, but this is beyond the responsibility of open-pit mines and is not the subject of analysis in this paper.

ЕФЕКТИ СМАЊЕЊА ВЛАГЕ У УГЉУ

Садржај влаге у угљу смањује његову топлоту сагоревања. Груба влага настаје у угљу из околине при откопавању, транспорту и одлагању на депоније.

У зависности од карактеристика геолошких литолошких чланова могуће је постићи одговарајуће ефекте одводњености (у проценту стварног садржаја воде):

EFFECTS OF REDUCING MOISTURE IN COAL

The moisture content of coal reduces its heating value. Coarse moisture is created in the coal from the environment during excavation, transport, disposal at landfills.

Depending on the characteristics of geological lithological members, it is possible to achieve appropriate effects of drainage (as a percentage of the actual water content):



Слика 3, Покривено складиште угља у Италији
Figure 3, Covered coal storage in Italy

- до 10% за слојеве угља,
- до 10% за ниско пропустљиве системе,
- до 50% за песак,
- до 80% за шљунак.

Досадашња испитивања квалитета угља у колубарском басену извршена на великом броју бушотина и са угљених етажа, за сва три експлоатациона слоја, дала су следеће средње вредности [1]:

- у повлатном слоју I – влага 57,10%, пепео 15,04%,
- у главном слоју II – влага 46,00%, пепео 15,33%,
- у подинском слоју III – влага 42,15%, пепео 19,42%.

У костолачком басену средње вредности влаге и пепела су следеће [1]:

- у другом слоју – влага 38%, пепео 23%,
- у трећем слоју – влага 40%, пепео 18%,

- up to 10% for coal seams,
- up to 10% for low permeability systems,
- up to 50% for sand,
- up to 80% for gravel.

Previous coal quality tests in the Kolubara basin performed on a great number of boreholes and on coal levels, for all three exploitation layers, gave the following mean values [1]:

- in the top layer I - moisture 57.10%, ash 15.04%,
- in main layer II - moisture 46.00%, ash 15.33%,
- in the bottom layer III - moisture 42.15%, ash 19.42%.

In the Kostolac basin, the average values of moisture and ash are as follows [1]:

- in the second layer - moisture 38%, ash 23%,
- in the third layer - moisture 40%, ash 18%,
- average values of moisture and ash for B + C1 reserves are: moisture 40.3%, ash 17.3%.

- средње вредности влаге и пепела за Б+Ц₁ резерве су: влага 40,3%, пепео 17,3%.

Следеће сагледавање влаге у угљу односи се на опадање влаге по фазама експлоатације. Од почетка експлоатације до пете године влага се у угљу смањује за више од 1%. Од пете до десете године то смањење је веће од 3%, а од десете године па до краја експлоатације смањење влаге је веће од 4% [3].

У гранулисаном угљу је различито присуство влаге и пепела. Најмању влагу има угаљ гранулације од -30 до +0 mm, а потом до -400 mm влага је релативно уједначена. Када се ради о пепелу, његово присуство у угљу расте од крупних класа према ситним.

На откопавању јаловине проблем изражене влажности је још последичнији. У значајној мери може утицати на капацитативно и временско искоришћење основне механизације, функционалност инфраструктуре унутар копова, стабилност одлагалишта, повећано хабање свих ротирајућих елемената на основној и помоћној механизацији, ефикасност сервиса, примопредају запослених, повреде на раду. Вишегодишње смањење реализације откопавања јаловине довело је до редукције у откопавању угља и променљивости квалитета.

ЕФЕКТИ СМАЊЕЊА 1% ВЛАГЕ У УГЉУ

Анализа је рађена за једну годину откопавања угља на површинским коповима РБ Колубара и Костолац. За средњи садржај влаге и пепела за оба басена усвојене су вредности: за Колубару (влага $W = 50\%$ и пепео $P = 15\%$), Костолац (влага $W = 40\%$ и пепео $P = 17\%$). Средња вредност годишње производње угља за РБ Колубара износи 30×10^6 t, а за ТЕ-КО Костолац 9×10^6 t. На укупно реализовану средњу годишњу производњу угља 1% смањења влаге износи за РБ Колубара 300.000.000 l, а за ТЕ-КО Костолац 90.000.000 l.

Садржај влаге (W) и пепела (P) одређује доњу топлоту сагоревања лигнита. Ова зависност је статистички одређена и израчунава се релацијом [2]:

The following consideration of coal moisture refers to a decrease in moisture by phases of exploitation. From the beginning to the fifth year of exploitation, coal moisture decreases by more than 1%. From the fifth to the tenth year, the reduction exceeds 3%, and from the tenth year until the end of mine lifespan, decrease in humidity is greater than 4% [3].

The presence of moisture and ash differs in granular coal. Coal of - 30 + 0 mm granulation has the lowest moisture level and then up to - 400 mm moisture is relatively uniform. When it comes to ash, its presence in coal grows from large to small classes.

The problem of pronounced moisture is even more consequential when excavating tailings. It can significantly affect basic machinery's capacitive and time utilization, functionality of infrastructure within mines, landfill stability, increased wear of all rotating elements on basic and supporting machinery, service efficiency, shift handover of employees, and occupational injuries. In addition, many years of reduction in tailings excavations have led to reduced coal mining and variable quality.

EFFECTS OF 1% COAL MOISTURE REDUCTION

The analysis was performed for one year of coal mining at the open-pit mines of RB Kolubara and Kostolac. The following values were adopted for the average moisture and ash content for both basins: for Kolubara (moisture $W = 50\%$ and ash $P = 15\%$), Kostolac (moisture $W = 40\%$ and ash $P = 17\%$). The average value of annual coal production for RB Kolubara is 30×10^6 t and 9×10^6 t for TE-KO Kostolac. On the total realized average annual coal production, 1% reduction in moisture amounts to 300,000,000 l for RB Kolubara, and 90,000,000 l for TE - KO Kostolac.

The moisture content (W) and ash content (P) determine the lower heating value of lignite. This dependence is statistically determined and is calculated by relation [2]:

Доња топлота сагоревања (ДТС) = $25.400 - 275 \times W - 270 \times P$ (kJ/kg)

Lower heating value (DTS) = $25,400 - 275 \times W - 270 \times P$ (kJ / kg)

Када се овај израз примени на копове Колубаре и Костолаца, добијају се следеће вредности доње топлоте сагоревања (табела 1):

The following lower heating values are obtained when this expression is applied to the Kolubara and Kostolac mines (Table 1).

Табела 1, Повећање доње топлоте сагоревања лигнита смањењем влаге за 1%
 Table 1, Increasing the lower heating value of lignite by reducing moisture by 1%

Назив огранка Branch name	ДТС сагоревање Lower heating value	Влага / пепео Moisture / ash (%)				Повећање ДТС за 1 % смањења влаге Increase in heating value by 1% decrease in moisture (kJ/kg)
		50/15	49/15	40/17	39/17	
Колубара / Kolubara	(kJ/kg)	7.600	7.875	-	-	275
Костолац / Kostolac	(kJ/kg)	-	-	9.810	10.085	275

За испаравање једног литра воде потребно је потрошити 2.604 kJ/l. За укупну количину воде од око 300.000.000 l садржане у колубарској годишњој производњи лигнита потребна количина топлоте износи:

To evaporate one liter of water, it is necessary to consume 2,604 kJ/l. For the total amount of water of about 300,000,000 l contained in the Kolubara annual lignite production, the required amount of heat is:

$$300.000.000 \text{ l} \times 2.604 \text{ kJ/l} = 781.200.000.000 \text{ kJ} = 217.000.000 \text{ kWh}$$

За костолачку годишњу производњу лигнита износи:

For Kostolac's annual lignite production:

$$90.000 \text{ l} \times 2.604 \text{ kJ/l} = 234.360.000 \text{ kJ} = 65.100 \text{ kWh}$$

Смањењем влаге у угљу за 1% на површинским коповима ЕПС Србија би имала на располагању 282.000.000 kWh електричне енергије што одговара потрошњи од 2,5 дана. Такође би се добиле значајне уштеде на превозу угља за ТЕ „Никола Тесла” у вредности 280.000 t колико чини 1% воде или приближно 187 возова (просечна тежина воза 1.500 t).

By reducing coal moisture by 1% in the open-pit mines of EPIS, Serbia would have 282,000,000 kWh of electricity at its disposal, which corresponds to a consumption of 2.5 days. In addition, significant savings would also be made on coal transport for TPP Nikola Tesla in the amount of 280,000 tons, which is 1% of water or approximately 187 trains (average train weight 1,500 tons).

ЗАКЉУЧАК

Површинска експлоатација лигнита у Србији наилази на све веће препреке у остваривању конкурентности у односу на друге изворе енергије. Близина речних токова и све већа издашност и дебљина водоносних слојева захтева потпуно и стабилно предодводњавање и одводњавање површинских копова.

CONCLUSION

In Serbia, open-pit exploitation of lignite encounters increasing obstacles in achieving competitiveness over other energy sources. Proximity to rivers and increasing abundance and thickness of aquifer layers requires complete and stable predrainage and drainage if open-pit mines.

Смањење влаге у угљу и јаловини за 1% је минорна у односу на могућности које пружа савремено рударство. Хомогенизација угља и ефикасно предодводњавање и одводњавање површинских копова ЕПС су суштина одрживости и конкурентности лигнита у односу на друге расположиве енергенте у Србији.

Далеко већи ефекти могу се остварити ако се проблем смањења влаге анализира када је у питању откопавање јаловине, њен транспорт и одлагање на одлагалишта, имајући у виду неодговарајућу расположивост билансираног угља.

ЛИТЕРАТУРА

1. Документација Управе за производњу угља, ЈП ЕПС.
2. Европска агенција за реконструкцију: Процена утицаја на животну средину проширења копа „Тамнава западно поље”. Београд, 2002.
3. Рударски институт Београд: Прелиминарни елаборат испитивања могућности чишћења дела лигнита „Тамнава источно поље” пре отпреме за ТЕНТ. Београд, 1997.
4. Радојевић Ј., Обрадовић Р., Стаматовић А., Милановић З., Живановић М., Грубачевић Б., Гојковић Н.: Утврђивање утицаја експлоатације на промену физичко-механичких својстава материјала у одлагалиштима. Рударски гласник, бр. 3–4, 1991, стр. 13–18.
5. Макар Н., Стојнић Д., Вуковић С.: Пројекат одређивања и могућег уједначавања квалитета угља на површинском копу Дрмно за потребе ТЕ-КО у зимском периоду. Рударски гласник, бр. 1–4, 1999, стр. 31–35.
6. Шубарановић Т., Јанковић И.: Анализа процеса одводњавања површинских копова. Рударски гласник, бр. 1–2, 2017, стр. 39–45.

Reducing moisture in coal and tailings by 1% is insignificant given the possibilities provided by modern mining. Coal homogenization and efficient predrainage and drainage of EPIS open-pit mines are the essence of sustainability and competitiveness of lignite over other available energy sources in Serbia.

Far greater effects can be achieved if the moisture reduction problem is analyzed for tailings excavation, transporting and disposing at landfills, given the inadequate availability of balanced coal.

LITERATURE

1. Documentation of the Coal Production Administration, PE EPIS.
2. European Agency for Reconstruction: Environmental Impact Assessment of the Tamnava West Field Expansion. Belgrade, 2002.
3. Mining Institute Belgrade: Preliminary study examining the possibility of cleaning part of the lignite at “Tamnava East Field” before shipping to TENT. Belgrade, 1997.
4. Radojević J., Obradović R., Stamatović A., Milanović Z., Živanović M., Grubačević B., Gojković N.: Determining the impact of exploitation on the change in physical and mechanical properties of materials in landfills. Bulletin of Mines, No. 3-4, 1991, pp.13-18.
5. Makar N., Stojnić D., Vuković S.: Project for determining and possible equalization of coal quality at the Drmno open-pit mine for the needs of TEKО in the winter period. Bulletin of Mines, No. 1-4, 1999, pp. 31-35.
6. Šubaranović T., Janković I.: Analysis of open-pit mine drainage process. Bulletin of Mines, No. 1-2, 2017, pp. 39-45.

ПРИМЕНА БИЉКЕ ВЕТИВЕР У СТАБИЛИЗАЦИЈИ КОСИНА И РЕКУЛТИВАЦИЈИ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА

USE OF VETIVER PLANTS IN STABILIZATION SLOPES AND RECULTIVATION OF SURFACE MINES

DOI: 10.25075/BM.2021.07

Жељко Праштало
Владан Чановић
Милинко Радосављевић
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
zeljko.prastalo@ribeograd.ac.rs

Željko Praštalo
Vladan Čanović
Milinko Radosavljević
MINING INSTITUTE BELGRADE
zeljko.prastalo@ribeograd.ac.rs

Сажетак: *Нарушена стабилност одлага-
лишта на површинским коповима угља у Ср-
бији негативно утиче на многе аспекте функ-
ционисања електропривреде Србије. Проблеми
са унутрашњим одлагалиштима у највећем
обиму изражени су на ПК Дрмно, ПК Поље Ц
и ПК Поље Д. На коповима је овај негативан
утицај толико изражен да су у неким момен-
тима због нестабилности одлагалишта на
појединим објектима били успорени процеси
експлоатације, а на ПК Поље Б била је заус-
тављена производња угља. Пројектовање од-
лагалишта на површинским коповима треба
прилагодити климатским променама. Све
више су присутне велике падавине у кратком
времену које се најнеповољније одражавају на
растресите масе одлагалишта. Заштита
од површинских и подземних вода на одлага-
лиштима мора бити ефикасно урађена како
не би дошло до нарушавања структуре одло-
жених маса. Технологија откопавања јалови-*

Abstract: *Disturbed stability of dumps in
open-pit coal mines in Serbia negatively
affects many aspects of the Serbian power
industry's functioning. Problems with internal
dumps are most pronounced in PK Drmno,
PK Polje C, and PK Polje D. This negative
impact is so pronounced that at some points,
due to dump instability at some facilities, the
exploitation processes are slowed down, and
at the Polje B substation, coal production was
even discontinued. Dump design should be
adapted to climate change. There is increasing
heavy precipitation in short time periods,
most unfavorably affecting loose dumped
mining waste. Protection against surface and
groundwater in dumps must be adequate so
as not to disturb the dumped mining waste
structure. The tailings excavation technology
should also provide selective dumping and even
the formation of protective embankments in
front of the dump movement trail, if necessary.*

не треба да обезбеди и селективно одлагање, по потреби и формирање заштитних насипа испред фронта напредовања одлагалишта. Након завршетка одлагања могућа су додатна надвишења одлагалишта због недостатка смештајног простора или нека друга промена намене. То захтева подизање нивоа стабилности и носивости одлагалишта. Биоинжењеринг даје могућност да се применом неких биљака, у раду је третирана трава ветивер, обезбеди стабилност одлагалишта, али и економска корист.

Кључне речи: ВЕТИВЕР, ПОВРШИНСКИ КОП, СТАБИЛНОСТ, ОДЛАГАЛИШТЕ, ЈАЛОВИНА, КЛИЗИШТЕ

After the dumping, dumps can be additionally raised due to the lack of capacity or other conversions. This requires raising the levels of stability and load-bearing capacity of dumps. Bioengineering gives an opportunity to apply some types of plants to ensure dumps' stability and also economic benefits. The paper considered vetiver grass.

Key words: VETIVER, OPEN-PIT MINE, STABILITY, DUMP, TAILINGS, LANDSLIDE

УВОД

На површинским коповима колубарског и костолачког басена нестабилна одлагалишта су ограничавајући фактор за стабилну и безбедну експлоатацију угља. Може се констатовати да су катастрофалне поплаве 2014. додатно нарушиле првобитне структуре унутрашњих одлагалишта, које се до данас на неким коповима нису консолидовале. Такође, на унутрашњим одлагалиштима услед консолидације терена долази до пораста нивоа подземних вода, што веома негативно утиче на консолидацију целокупне масе одлагалишта [8]. Одлагалишта се пројектују на исти начин како је то рађено пре 2014. Сматрамо да је потребно увести новине у пројектовање овог процеса рударске производње. Огранак ЕПС-а ТЕ-КО „Костолац” извршио је пробна истраживања на унутрашњем одлагалишту у циљу стабилизације, вертикалним шљунчаним дренажима, али на малом простору у односу на димензије одлагалишта. Показало се да скупе технологије није оправдано применити за парцијално решавање стабилности одлагалишта имајући у виду конкурентност и економску оправданост експлоатације лигнита.

У Колубари, на унутрашњем одлагалишту ПК Поље Ц, Студијом из 2020. приказано је решење којим се, изградом одговарајућег ста-

INTRODUCTION

Unstable dumps in the open-pit mines of the Kolubara and Kostolac basins are a restricting factor for stable and safe coal exploitation. Catastrophic 2014 floods can be said to have further disrupted the original structures of their internal dumps, which have not been consolidated in some mines to date. Also, in internal dumps, due to ground consolidation, the groundwater level increases, which has a very adverse effect on the consolidation of the entire dump content [8]. Dumps are designed in the same way as it was done before 2014. Therefore, we believe it is necessary to introduce innovations in the design of this mining production process. The EPS branch, TE-KO «Kostolac,» did trial research on internal dump stabilization using vertical gravel drains, but in a small scale considering the dump size. It turned out that expensive technologies are not justified for partial solution of dump stability, having in mind the competitiveness and economic justification of lignite exploitation.

In Kolubara, at the internal dump of PK Polje C, a 2020 study showed a solution that ensures sliding contents stopping by appropriate stabilization embankment. It is

билизационог насипа, обезбеђује заустављање маса које клизају. Изводи се постојећом механизацијом и људством, уз минимална улагања у геотехничке материјале за побољшање носивости и стабилности [6].

Дакле, у самом почетку пројектовања одлагалишта потребно је предвидети примене метода које ће омогућити израду стабилних одлагалишта. Пре свега, потребно је израдити дренажне објекте у подини одлагалишта, вршити селективно одлагање геолошких слојева по редоследу који омогућава повећање стабилности, повремено израдити стабилизационе бедеме који неће омогућити покретање јаловинских маса. Применом рекултивације и избором квалитетних биљних врста треба омогућити да се целокупан простор геомеханички обезбеди и да се створе услови за рекултивацију или додатно надвишење одлагалишта услед недостатка смештајног простора, као што је то случај на ПК Поље Ц у РБ Колубара.

Једна од врста која није заступљена на нашем простору, а веома широко се користи за решавање многобројних еколошких и инжењерских проблема у вези са земљиштем и водом, јесте биљка ветивер. Раније позната као *Vetiveria zizanioides* L.Nash, сада рекласификована у *Chrysopogon zizanioides* L.Roberty, брзорастућа је вишегодишња биљка са обимним, густим и дубоким коренским системом и јаком стабљиком. То је неинвазивна биљка која успева у тропс-

performed with existing machines and manpower, with minimal investment in geotechnical materials to improve load-bearing capacity and stability [6].

Therefore, at the very beginning of dump design, it is necessary to envisage the application of methods that will allow the construction of stable dumps. It is primarily necessary to make drainage facilities in the dump floor, perform selective disposal of geological layers in an order that allows increasing stability, and occasionally make stabilization embankments that will contain the movement of tailings. Reclamation and the selection of quality plant species should allow geomechanical securing of the entire space and creating conditions for reclamation or additional raising of dumps due to lack of capacity, as is the case at PK Polje C in RB Kolubara.

One of the species that is not represented in our area, and is widely used to solve numerous environmental and engineering soil and water related problems, is the vetiver plant. Formerly known as *Vetiveria zizanioides* L.Nash, now reclassified to *Chrysopogon zizanioides* L.Roberty, it is a fast-growing perennial plant with a large, dense and deep root system and strong stem. It is a non-invasive plant growing in tropical and subtropical regions to the borders with temper-



Слика 1, Светска дистрибуција активних програма за траву ветивер [4]

Figure 1, Worldwide distribution of active vetiver grass programs [4]

ким и суптропским пределима, протежући се до границе са умереним климатским зонама. У Европи се гаји у Шпанији, Португалији, Италији, Француској и Турској.

КАРАКТЕРИСТИКЕ ВЕТИВЕР ТРАВЕ

Ветивер траве поседују јак, густ и дубок коренски систем. Затезна чврстоћа корења је 1/6 од меког челика (75 Мпа) и побољшава чврстоћу тла за 45%. Корен расте вертикално, достижући дубину од преко пет метара. Испреплетаност коренског система ствара огромне, густе и јаке подземне „зидове“, који ојачавају тло.

Унос хранљивих састојака и влаге из већих дубина тла омогућава отпорност на екстремне суше. Такође, ветивер трава упија и толерише токсичност тешких метала, хербицида, пести-

ate climates. In Europe, it is grown in Spain, Portugal, Italy, France, and Turkey.

VETIVER GRASS CHARACTERISTICS

Vetiver grasses have a robust, dense and deep root system. The tensile strength of the roots is 1/6 of mild steel (75 MPa) and improves soil strength by 45%. The root grows vertically, reaching a depth of over five meters. The intertwined root system creates huge, dense and strong underground «walls», which strengthen the soil.

The intake of nutrients and moisture from greater soil depths gives the plant resistance to extreme droughts. Also, vetiver absorbs and tolerates the toxicity of heavy metals, herbi-



Слика 2, Приказ дужине корена биљке ветивер
Figure 2, View of the vetiver root length

цида и омогућава санацију и обнављање тла, а може се користити и за санирање загађених отпадних вода.

Једна од карактеристика ветивера је отпорност. Успева у разним земљиштима: песковитим, сланим, воденим, високо контаминираним, екстремно киселим и алкалним (pH 3,3–12,5). У стању је да поднесе дужи период поплава и суша. Преживљава температуру површине тла од -15° С и температуру ваздуха од 55° С. Вети-

cides, pesticides and enables soil remediation and renewal. It can also be used for polluted wastewater remediation.

One of its characteristics is resistance. It can grow in a variety of soils: sandy, saline, watery, highly contaminated, extremely acidic and alkaline (pH 3,3–12,5). It can withstand long periods of floods and droughts. It survives soil temperatures of -15° C and air temperatures of 55° C. Vetiver is resistant to diseases and pests,

вер трава отпорна је на болести и штеточине док њена круна расте испод површине, како би се заштитила од пожара, паше и гажења.

За разлику од већине осталих трава, ветивер има лист облика латиничног слова V, са истакнутим средњим ребром које може да контролише отварање или затварање лисних површина. Под влажним или мокрим условима лишће се отвара, што резултира вишим стопама транспирације. Под сувим условима лишће се затвара, што резултира нижом стопом транспирације у циљу очувања влаге. Ветивер је биљка која показује врхунске карактеристике раста и може нарасти до 3 m висине.

Веома важна карактеристика ветивера су његови јаки, чврсти и густе лиснати изданци. Ради се о вишегодишњим „чупавим“ травама које стварају густу живу ограду када се саде близу. Ветивер је у стању да расипа енергију ветра и воде што за последицу има успоравање површинског отицаја. Подноси брзине отицаја од 5 m/sec и контролише течење воде. Спречава ерозију седимената и у исто време повећава инфилтрацију воде у земљишту. Ова трава цвета, али не даје семе, што значи да је стерилна, односно није коров.

Инострана искуства показују да биљка опстаје чак и у потопљеним условима. Огледима је трава ветивера засађена у муљевити песак и у муљевито глинено тло. У току три месеца посматрања откривено је да ветивер може преживети под условима потопљености. Ветивер трава засађена у муљевитој глини и муљевитом песку нарасла је до 109 cm, односно 114 cm за три месеца. Дужина корена порасла је 28 cm у муљевитом песку и 13 cm у муљевитој глини током тог периода. Откривено је да ветивер може преживети са нивоима pH који варирају од 4,6 до 7,7 и електричном проводљивошћу (EC) у распону од 0 до 15,9 ds/m.

ПРИМЕНЕ

Досадашња истраживања су показала да је ову биљку могуће користити у многим областима у којима постоји потреба да одређени објекти имају сталан облик и габарите и да су дуготрајни без обзира на спољашње утицаје и утицаје временских карактеристика. Овакве објекте срећемо

while its crown grows below the surface to protect against fire, grazing and trampling.

Unlike most other grasses, vetiver has a V-shaped leaf, with a prominent middle vein that can control the opening or closing of leaf surfaces. The leaves open under humid or wet conditions, resulting in higher transpiration rates. Under dry conditions, the leaves close, which results in a lower transpiration rate to preserve moisture. Vetiver is a plant that exhibits excellent growth characteristics and can grow up to 3 m in height.

A significant vetiver characteristic is its strong, firm, dense leafy shoots. These are perennial «shaggy» grasses that create a dense hedge when planted close together. Vetiver can dissipate wind and water energy, which results in surface runoff slowing down. It withstands runoff speeds of 5 m/sec and controls water flow. It prevents sediment erosion and at the same time increases water infiltration into the soil. This grass blooms, but does not produce seeds, which means that it is sterile, i.e. it is not a weed.

Foreign experience shows that the plant survives even in submerged conditions. Vetiver grass was planted in muddy sand and muddy clay soil in an experiment. During three months of observation, it was discovered that vetiver could survive under submerged conditions. Vetiver grass planted in muddy clay and muddy sand grew to 109 cm, or 114 cm in three months. The roots length increased by 28 cm in muddy sand and 13 cm in muddy clay during that period. It was found that vetiver can survive with pH levels ranging from 4,6 to 7,7 and electrical conductivity (EC) ranging from 0 to 15,9 ds/m.

APPLICATION

Previous research has shown that this plant can be used in many areas where there is a need for certain facilities to have a constant shape and size and to be long-lasting regardless of external influences and weathering. For example, we find such facilities in mining, traf-

у области рударства, изградњи саобраћајне инфраструктуре, регулисању водотокова, изградњи насипа различитих габарита и намена итд.

Инострана искуства показују да је употреба ветивера у сврху стабилизације косина веома погодна. Примери из Бангладеша, где су рушења насипа веома честа појава, показала су да традиционални начини за заштиту насипа, као што је употреба блокова од цементног бетона, облога од камена или дрвета, геоврећа, геотекстила, нису толико ефикасни. Такође, ове методе заштите насипа су веома скупе. Истраживања у ову сврху показала су да је чврстоћа на смицање, $\tau_{\max}$ матрице тла укореењене ветивером, 1,8 пута већа од оне огољеног тла. Хоризонтална деформација при смицању δ_{hf} тла укореењеног ветивером је око 5,5 пута већа од оне огољеног тла.

Такође, испитивано је директно смицање на узорцима тла за различите садржаје корена (од 0% до 12% суве масе земље дужине корена 2,54 cm под различитим нормалним напрезањима, тј. од 10,96 до 19,98 kPa). Резултати испитивања показали су да је $\tau_{\max}$ земљишта укореењеног ветивером око 1,4 пута веће од огољеног тла, у зависности од процента садржаја корена. Хоризонтална деформација δ_{hf} тла укореењеног ветивером повећава се око 2,2 пута у поређењу са огољеним земљиштем са повећањем садржаја корена са 0,5% на 12%. Чврстоћа на смицање варира са порастом садржаја корена. Међутим, утврђено је да се чврстоћа на смицање ($\tau_{\max}$) повећала са повећањем садржаја корена до 9% укореењеног тла. Међутим, снага се смањила при већем садржају корена. Супротно томе, δ_{hf} се повећавао са повећањем садржаја корена. Такође су спроведени тестови директног смицања на лабораторијским узорцима тла припремљеним са различитим дужинама корена у распону од 1,25 cm до 5 cm под различитим нормалним напрезањима (тј. од 10,96 до 19,98 kPa) са 6% садржаја корена. Резултати испитивања показали су да је чврстоћа на смицање $\tau_{\max}$ тла укореењеног ветивером око 1,4 пута већа од оне огољеног тла. Слично томе, δ_{hf} тла укореењеног ветивером повећава се око 3 пута у поређењу са огољеним земљиштем за повећање дужине корена са 1,25 cm на 5 cm [1].

fic infrastructure construction, watercourses regulation, construction of embankments of various sizes and purposes, etc.

Foreign experience shows that vetiver is very suitable for use in slope stabilization. Examples from Bangladesh, where embankment collapses are very common, have shown that traditional embankment protection, such as the use of cement concrete blocks, stone or wood paneling, geobags, geotextiles, is less effective. Also, these methods of embankment protection are costly. Studies for this purpose have shown that the shear strength, $\tau_{\max}$ of the matrix of vetiver-rooted soil, is 1,8 times higher than that of bare soil. The horizontal shear deformation δ_{hf} of vetiver-rooted soil is about 5,5 times greater than that of bare soil.

Also, direct shear was examined on soil samples for different root contents (from 0% to 12% of dry mass of soil with a root length of 2,54 cm under different normal stresses, i.e. from 10,96 to 19,98 kPa). The test results show that the $\tau_{\max}$ of the vetiver-rooted soil is about 1,4 times higher than that of bare soil, depending on the root content percentage. The horizontal deformation δ_{hf} of the vetiver-rooted soil increases about 2,2 times compared to bare soil with an increase in root content from 0,5% to 12%. Shear strength varies with increasing root content. However, shear strength ($\tau_{\max}$) was found to increase with increasing root content with up to 9% of rooted soil. However, the strength decreased with higher root content. In contrast, δ_{hf} increases with increasing root content. Direct shear tests were also performed on laboratory soil samples prepared with different root lengths ranging from 1,25 cm to 5 cm under different normal stresses (i.e. 10,96 to 19,98 kPa) with 6% root content. The test results show that the shear strength $\tau_{\max}$ of vetiver-rooted soil is about 1,4 times higher than that of bare soil. Similarly, δ_{hf} of vetiver-rooted soil increases about 3-fold compared to bare soil when root length increases from 1,25 cm to 5 cm [1].

Рударским радовима производи се огромна количина јаловине, њихово одлагање и нивелација деградираних површина изискује веома велику пажњу приликом пројектовања и прорачуна коначних димензија ових објеката. Значајно повећање количине откопане јаловине последњих година резултирало је већом висином депонија, делимично и због ограничене доступности земљишта. Сходно томе, створена је опасност од појава клизишта на депонијама, ерозије и разних повезаних еколошких проблема, слике 3 и 4.



Слика 3, Ерозија северне границе ПК Поље Б [5]
Figure 3, Erosion of the PK Field B northern border [5]

Због разних нестабилности на коповима, геомеханичка стабилност депонија у последње време привлачи посебну пажњу како код нас тако и широм света. Стабилност косина и генерално рудничких објеката прилично је важна за безбедан рад у рудницима и око њих. На сликама 3 и 4 приказани су примери ломова терена код нас и у свету.

Садња вегетације једна је од широко коришћених техника за контролу ерозије и стабилизације нагиба депонија (Akers и Muter 1974), а тиме и за одржавање еколошке равнотеже у подручју где се рударски објекат налази.

С обзиром на улогу раста вегетације на падини одлагалишта, дејства могу бити хидрогеолошка и механичка (Cherubini и Geiasi 1997); с обзиром

Mining works produce a huge amount of tailings. Consequently, their dumping and leveling of degraded surfaces requires great care when designing and calculating the final dimensions of these facilities. In recent years, a significant increase in the amount of excavated tailings has resulted in higher dump levels, partly due to limited land availability. Consequently, there is a risk of landslides, erosion and various related environmental problems, Figures 3 and 4.



Due to various instabilities in mines, the geomechanical stability of dumps has recently attracted special attention both in our country and worldwide. The stability of slopes and generally of mining facilities is critical for safe work in and around mines. Figures 3 and 4 show examples of terrain fractures in our country and in the world.

Vegetation planting is a widely used erosion controlling and dump slope stabilizing technique (Akers and Muter 1974) which maintains ecological balance in the area of the mining facility.

Given the role of vegetation growth on the dump slope, it can have hydrogeological and mechanical effects (Cherubini and Geiasi

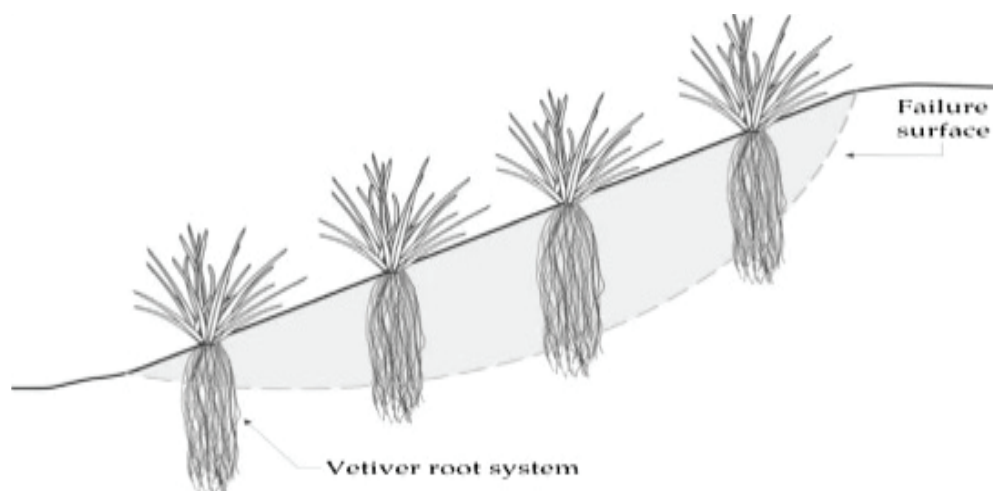


Слика 4, Северна косина ПК Ћириковац [5]

Figure 4, North slope of PK Ćirikovac [5]

на хидрогеолошко дејство, корени вегетације играју важну улогу у побољшању стабилности депоније контролишући пресретање кишнице и евапотранспирације и резултујући смањење порног притиска (Hussain 1995), док је механичко дејство заузврат ојачало депонију коренима и

1997); hydrogeologically, vegetation roots play an important role in improving dump stability by controlling rainwater interception and evapotranspiration and resulting in reduced pore pressure (Hussain 1995). In mechanical terms, they strengthen dump and increase



Слика 5, Принцип очвршћивања косина ветивером

Figure 5, The principle of vetiver strengthening of slopes

повећало чврстоћу смицања материјала за одлагање. Ова активност је уско повезана са густином, дубином и снагом корена биљака.

Анализама је утврђено да је плантажа ветиверове траве у стању да повећа фактор сигурности нагиба насипа око 1,5 пута у односу на огољено земљиште. Из теста ерозије уочава се да се ерозија може смањити плантажом ветиверове траве. Укупно смањење ерозије ветиверовом травом је 71% у односу на огољено земљиште. Коначно, може се рећи да плантажа траве ветивера може заштитити насип од кишне ерозије и плитких клизања материјала [1].

Технологија траве ветивер (ВГТ), у свом најчешћем облику, једноставно је успостављање круте ветиверове травнате баријере, у облику живе оgrade, попречно на правац деловања клизишта. Када се правилно примени, технологија је ефикасна на падинама од мање од 1 до преко 100%. Поред тога, његов масивни коренски систем повећаће чврстоћу смицања тла. Ветивер је трава, управне стабљике висине до 1,2 м.

dumping material shear strength. This activity is closely related to plant roots' density, depth, and strength.

Analyzes have shown that the vetiver grass plantation can increase the safety factor of the embankment slope by about 1.5 times compared to the bare land. The erosion test shows that erosion can be reduced by planting vetiver grass. The overall reduction in erosion by vetiver grass is 71% compared to bare land. Finally, vetiver grass plantation can protect the embankment from rain erosion and shallow material sliding [1].

In its most common form, vetiver grass technology (VGT) simply implies the establishment of a rigid vetiver grass barrier, in the form of a hedge, transverse to the landslide direction. The technology is efficient on slopes of less than 1 to over 100% when properly applied. In addition, its massive root system will increase the soil shear strength. Vetiver is a grass with erect stems up to 1,2 m tall.



Слика 6, Пример очвршћивања косина системом ветивера
Figure 6, Example of vetiver system strengthening of slopes

Траве се сматрају растућим усеvима и могу служити за рану вегетацију. Траве имају позитивне ефекте на рудничка земљишта и могу пружити супериорну толеранцију на сушу, ниске хранљиве састојке у тлу и друге климатске стресове. Корени трава су влакнасти

Grasses are considered growing crops and can be used for early vegetation. Grasses have positive effects on mine soil and can provide superior tolerance to drought, low nutrient content in the soil and other climatic stresses. Grass roots are fibrous and can

и могу успорити ерозију, а њихове тенденције формирања тла на крају стварају слој органског тла, стабилизују земљиште, чувају влагу у тлу и могу се такмичити са коровитим врстама. Почетни покривач мора омогућити развој различитих самоодрживих биљних заједница. Дрвеће може потенцијално побољшати земљиште кроз бројне процесе, укључујући одржавање или повећање органских материја у тлу, биолошку фиксацију азота, унос хранљивих састојака одоздо и досег корења подземне зељасте вегетације, повећати инфилтрацију и складиштење воде, смањити губитак хранљивих састојака ерозијом и испирање, побољшати физичке особине тла, смањити киселост тла и побољшати биолошку активност тла. Најчешће се у ове сврхе користе траве са постојећег локалитета, али и неинвазивне културе које се контролисано развијају у циљу култивисања и побољшања постојећег тла, а које не потичу са тог подручја, могу донети многе бенефите [7]. Такође, дрвеће ствара нова самоодржива горња тла. Стеље биљака и излучевине корена омогућавају кружење хранљивих састојака до тла (Pulford and Watson 2003) [2]. Када се сагледају карактеристике и једне и друге биљне заједнице, може се рећи да је ветивер сублимација позитивних карактеристика обе заједнице. Ветивер систем се користи за санацију рударских одлагалишта у Јужној Африци, Кини, Тајланду и Аустралији. У североисточном делу Аустралије (држава Квинсленд) коришћење ветивер траве је веома присутно за контролу ерозије и седимента откривке рудника угља у централном и југоисточном делу, као и за контролу ерозије ветром у руднику злата на северу. Засад ветивера као основне биљке високо је ефикасан у рехабилитацији јаловине у централном делу државе, како нове тако и старе јаловине. Овом биљком извршено је рекултивисање јаловине бентонита у јужном Квинсленду [3]. Ова биљка би могла да се примени и на коповима у саставу ЈП ЕПС, пре свега на коповима који имају велика одлагалишта на којима више неће бити даљег одлагања, а који показују извесан степен нестабилности (унутрашње одлагалиште ПК Дрмно, унутрашње одлагалиште ПК Поље Ц и многа друга одлагалишта).

slow down erosion, and their tendency to form soil eventually creates a layer of organic soil, stabilizes the soil, stores moisture in the soil and can match weed species. The initial cover must allow the development of various self-sustaining plant communities. Trees can potentially improve soil through a number of processes, including maintaining or increasing soil organic matter, biological nitrogen fixation, bottom nutrient uptake and underground root vegetation reach, increase water infiltration and storage, reduce nutrient loss by erosion and leaching, improve soil physical properties, reduce soil acidity and improve soil biological activity. Most often, locally existing grasses are used for this purpose, but also non-invasive cultures which do not originate from that area and are developed in a controlled way for existing soil cultivation and improvement purposes, can bring many benefits [7]. Also, trees create new self-sustaining topsoils. Plant stems and root exudates allow nutrients to circulate to the soil (Pulford and Watson 2003) [2]. When considering the characteristics of both plant communities, vetiver can be said to be a sublimation of the positive characteristics of both communities. The Vetiver system is used for the rehabilitation of mining dumps in South Africa, China, Thailand and Australia. In the northeastern part of Australia (Queensland), vetiver grass is widely used to control erosion and sediment of coal mine overburden layers in the central and southeastern part and control wind erosion in the gold mine in the north. Plantations with vetiver as a basic plant are highly effective in rehabilitating both new and old tailings in the central part of the country. This plant was used to reclaim bentonite tailings in southern Queensland [3]. It could be used in mines within JP EPS, especially in mines with large dumps where there will be no further dumping, and which exhibit a certain degree of instability (internal dump of PK Drmno, internal dump of PK Polje C and many other dumps).

ЗАКЉУЧАК

Оправданост примене ветивера треба потврдити на спољашњим и унутрашњим одлагалиштима са аспекта стабилности и носивости, речним коритима и путевима који се налазе у непосредној близини копова. Осим његове геотехничке ефикасности, у процесу рекултивације треба размотрити и комерцијалну страну, као могућ извор обновљиве енергије. Позитивне карактеристике ове траве омогућују разноврсне примене. Потребно је извршити испитивања у циљу могућности примене ове траве у нашим климатским условима, мада искуства из Немачке и Летоније охрабрују.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shamima N. S.: Erosion control and slope stabilization of embankments using vetiver system, Fareast International University, Bangladesh, 2013, DOI: 10.13140/RG.2.2.12012.80002.
2. Ranjan V., Sen P., Kumar D., et al.: A review on dump slope stabilization by revegetation with reference to indigenous plant. Ecol Process 4, 14, 2015, <https://doi.org/10.1186/s13717-015-0041-1>.
3. Truonga P. N. V. and R. Lochb: VETIVER SYSTEM FOR EROSION AND SEDIMENT CONTROL, A Veticon Consulting, Brisbane, Australia. b Landloch Pty Ltd, Toowoomba, Australia, ISCO 2004 – 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004 Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions.
4. The Vetiver Network International (TVNI) Proven green environmental solutions.
5. Документација Рударског института Београд.
6. Максимовић С. (рук. пројекта) и др.: Студија стабилизације унутрашњих одлагалишта простора поља Б/Ц за потребе одлагања откривке са ПК Поље Е. Рударски институт д.о.о., Београд 2020, 249 стр.

CONCLUSION

The justification for the use of vetiver should be confirmed in external and internal dumps in terms of stability and load-bearing capacity, in riverbeds and roads located in the immediate vicinity of mines. In addition to its geotechnical efficiency, the commercial aspect in the reclamation process should also be considered as a possible source of renewable energy. The positive characteristics of this grass allow for a variety of applications. It is necessary to do testing to verify the use of this grass in our climatic conditions, although the experiences from Germany and Latvia are encouraging.

LITERATURE

1. Shamima N. S.: Erosion control and slope stabilization of embankments using vetiver system, Fareast International University, Bangladesh, 2013, DOI: 10.13140/RG.2.2.12012.80002.
2. Ranjan V., Sen P., Kumar D., et al.: A review on dump slope stabilization by revegetation with reference to indigenous plant. Ecol Process 4, 14, 2015, <https://doi.org/10.1186/s13717-015-0041-1>.
3. Truonga P. N. V. and R. Lochb: VETIVER SYSTEM FOR EROSION AND SEDIMENT CONTROL, A Veticon Consulting, Brisbane, Australia. b Landloch Pty Ltd, Toowoomba, Australia, , ISCO 2004 – 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004 Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions.
4. The Vetiver Network International (TVNI) Proven green environmental solutions.
5. Documentation of the Mining institute Belgrade.
6. Maksimović S. (project manager) et al.: Study of stabilization of internal dumps in Polje B/C for dumping of overburden from PK Polje E. Mining institute d.o.o., Belgrade 2020, 249 p.

7. Праштало Ж., Милошевић Д., Макал Н., Филипов И.: Модел рекултивације на руднику за подводну експлоатацију угља Ковин. Рударски гласник, бр. 1–2, год. CXV, 2018, стр. 121–131.
8. Чановић В., Чолаковић В., Максимовић С., Ђорлука С.: Анализа хидрогеолошких и геомеханичких карактеристика одложених маса на ПК Дрмно са аспекта сагледавања могућности примене вертикалних шљунчаних дренажа. Рударски гласник, бр. 1–2, год. CXIV, 2017, стр. 59–65.
7. Praštalo Ž., Milošević D., Makar N., Filipov I.: Reclamation model at the Kovin underwater coal mine. Bulletin of Mines, no. 1-2, year CXV, 2018, pp. 121–131.
8. Čanović V., Čolaković V., Maksimović S., Ćorluka S.: Analysis of hydrogeological and geomechanical characteristics of dumped mining waste at PK Drmno from the aspect of considering the possibility of using vertical gravel drains. Bulletin of Mines, no. 1-2, year CXIV, 2017, pp. 59–65.

КВАЛИТЕТ АМБИЈЕНТАЛНОГ ВАЗДУХА НА ЛОКАЛИТЕТУ ЛЕЖИШТА БОРНИХ МИНЕРАЛА ПИСКАЊА КОД БАЉЕВЦА НА ИБРУ

AMBIENT AIR QUALITY AT PISKANJA BORON MINERAL DEPOSIT NEAR BALJEVAC ON THE IBAR RIVER

DOI: 10.25075/BM.2021.08

Милинко Радосављевић
 Светлана Полавдер
 Милена Жарковић
 Јасна Ђерисило
 РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
 direktor@ribeograd.ac.rs

Milinko Radosavljević
 Svetlana Polavder
 Milena Žarković
 Jasna Đerisilo
 MINING INSTITUTE BELGRADE
 direktor@ribeograd.ac.rs

Сажетак: Приказан је квалитет амбијенталног ваздуха на простору лежишта борних минерала Пискања, које се налази у источном делу Јарандолског терцијарног басена, на десној обали Ибра. Анализом су обухваћени узорци са четири мерна места, узорковани у току летњих и зимских месеци 2018-19. године. На сва четири мерна места мерене су укупне таложне материје, рН вредност, као и садржај тешких метала у укупним таложним материјама (Pb, Cd, Zn, As). На два мерна места извршена је анализа сумор-диоксида, азот-диоксида, чађи и суспендованих честица PM_{10} . Сагледавањем добијених резултата, на основу одговарајуће законске регулативе, утврђено је да су испитивани узорци ваздуха по анализираним параметрима, осим по измереним концентрацијама PM_{10} (честичних материја мањих од $10 \mu m$), у границама прописаних граничних вредности. Добијени резултати испитивања треба да послуже како би се утврдио директан утицај будуће експлоатације борних минерала на квалитет ваздуха.

Кључне речи: АМБИЈЕНТАЛНИ ВАЗДУХ, БОРНИ МИНЕРАЛИ, ЛЕЖИШТЕ ПИСКАЊА, ЈАРАНДОЛСКИ БАСЕН

Abstract: The paper presents ambient air quality in the area of Piskanja boron mineral deposits, located in the eastern part of the Jarandol Tertiary Basin, on the right bank of the Ibar River. The analysis included samples from four measuring points, sampled during the summer and winter months of 2018-2019. Total atmospheric deposition, pH value, and heavy metal content (Pb, Cd, Zn, As) in total atmospheric deposition were measured at all four measuring points. In addition, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, soot, and PM_{10} particulate matter were analyzed at two measuring points. Considering the obtained results and applicable legal regulations, the tested air samples were found to be within the prescribed limit values by the analyzed parameters, except for the measured PM_{10} concentrations (particulate matter less than $10 \mu m$). The obtained test results should contribute to determining the direct impact of future exploitation of boron minerals on air quality.

Key words: AMBIENT AIR, BORON MINERALS, PISKANJA DEPOSIT, JARANDOL BASIN

УВОД

Лежиште борних минерала Пискања налази се на десној обали Ибра, у источном делу Јарандолског басена у непосредној близини насеља Баљевац, општина Рашка. Јарандолски терцијарни басен подељен је реком Ибар на два дела: источни – пискањски, у којем се налази лежиште бората Пискања, и западни – јарандолски, у којем се налазе магнезитска лежишта Бела стена и Боровак, лежиште угља Јарандо, лежиште минерала бора у Побрђу и појаве борне минерализације у Распоповићима. У генетском смислу лежиште Пискања формирано је у неогеној, седиментној серији Јарандолског басена у чијој се непосредној близини појављују и веће масе вулканских стена андезитског, дацитског и фенодацитског састава. С обзиром на то да је седиментна серија покривена алувијалним творевинама и хумусом, на површини терена ове стене углавном су недоступне непосредном опажању [1, 2].

Почетак истраживања борних минерала у овом лежишту датира још од 1987. године, када је предузеће „Ибарски рудници“ набушило слој борних минерала дебљине 3,5 м, на дубини од 306,7 до 310,2 м. Од тог периода до данас, у више наврата, вршена су детаљна геолошка истраживања са циљем дефинисања количине и квалитета корисне компоненте. На основу добијених резултата оцењено је да се потенцијалне резерве бората у лежишту Пискања процењују на преко 7.500.000 тона квалитетних борних минерала (колеманит, улесит, пробертит), са средњим садржајем корисне компоненте од око 36% B_2O_3 [3]. Због високог садржаја корисне компоненте лежиште је планирано за експлоатацију. Како би се утврдио директан утицај будућег рудника на квалитет главних параметара животне средине, на подручју лежишта вршена су испитивања „тренутног стања животне средине“ [4].

У оквиру наведених испитивања извршена је и анализа квалитета амбијенталног ваздуха са четири различите локације, на простору предметног лежишта. Резултати тих испитивања приказани су у овом раду. На слици 1, приказана је локација места узорковања.

INTRODUCTION

The Piskanja boron mineral deposit is located on the right bank of the Ibar River, in the eastern part of the Jarandol Basin in the immediate vicinity of the Baljevac settlement, municipality of Raška. Jarandol Tertiary Basin is divided by the Ibar River into two parts: eastern - Piskanja, accommodating the Piskanja boron deposit, and western - Jarandol, with Bela stena and Borovak magnesite deposits, Jarando coal deposit, boron mineral deposit in Pobrdje and boron mineralization occurrences in Raspopovići. In genetic terms, the Piskanja deposit was formed in the Neogene, sedimentary series of the Jarandol Basin, in the immediate vicinity of which there are larger massifs of volcanic andesitic, dacite and phenodacite rocks. Given the sedimentary series covered with alluvial formations and humus, these rocks are mostly inaccessible to direct observation in surface terrain [1, 2].

The beginning of boron mineral research in this deposit dates back to 1987 when “Ibarski rudnici” company drilled a 3.5 m thick layer of boron minerals at a depth of 306.7 to 310.2 m. Ever since, detailed geological research has been carried out on several occasions to define the quantity and quality of the useful component. Based on the obtained results, the potential borate reserves in the Piskanja deposit are estimated at over 7,500,000 tons of quality boron minerals (colemanite, ulexite, probertite), with an average content of useful component of about 36% B_2O_3 [3]. Due to the high useful component content, deposit exploitation is planned. In order to determine the direct impact of the future mine on the quality of the main environmental parameters, the environment was “as is” tested in the deposit area [4].

As part of these tests, the ambient air quality was analyzed from four different locations in the subject deposit area. The results of these tests are presented in this paper. Figure 1, shows the sampling site location.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА

Испитивање квалитета амбијенталног ваздуха, на простору лежишта борних минерала Пискања, обављено је у летњем (4. VI 2018 – 4. VII 2018) и зимском (17. I 2019 – 16. II 2019) периоду.

TEST MATERIAL AND METHODS

Ambient air quality in the Piskanja boron mineral deposit area was tested in the summer (June 4, 2018 - July 4, 2018) and winter (January 17, 2019 - February 16, 2019) periods.



Слика 1, Локација узорковања

Figure 1, Location of sampling

Узорковање је извршено на четири мерна места, при чему се водило рачуна о насељености, као и о просторној покривености подручја лежишта (Табела 1).

На сва четири мерна места, на бази месечног узорковања, извршено је мерење укупних таложних материја и рН вредности. У укупним таложним материјама одређен је садржај тешких метала (Pb, Cd, Zn, As). Током испитивања периода, на два мерна места (ММ6,

Sampling was performed at four measuring points, taking into account the population and the spatial coverage of the deposit area (Table 1).

At all four measuring points, total atmospheric deposition and pH values were measured by monthly sampling. In addition, heavy metal content (Pb, Cd, Zn, As) was determined in total atmospheric deposition. During the testing period, at two measuring points (MM6,

Табела 1, Опис места узорковања и координате
Table 1, Description and coordinates of sampling point

Ознака мерних места Marking of measuring	Места узорковања Sampling point	Координате / Coordinates	
		N	E
ММ6	Породична кућа / Family house	43 23 14.50	20 39 00.37
ММ7	Породична кућа / Family house	43 22 52.50	20 38 55.80
ММ8	Породична кућа / Family house	43 22 44.90	20 39 16.90
ММ9	Породична кућа / Family house	43 22 42.57	20 38 38.25

ММ7), 24-часовним узорковањем извршена је и анализа сумпор-диоксида, азот-диоксида и чађи, док су суспендоване честице PM_{10} мерене 15 дана у месецу.

Лоцирање, узорковање и мерење параметара на терену и у лабораторијским условима обавио је Рударски институт из Београда. Одређивање садржаја тешких метала у таложним материјама урадио је Институт Мол д.о.о. Стара Пазова. Анализа узорака ваздуха вршена је према стандардима и акредитованим методама.

Заштита ваздуха од загађења у Србији је регулисана законским и подзаконским актима: Законом о заштити ваздуха [5] и Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха [6] где су, између осталог, дефинисани услови мерења, као и граничне вредности концентрације полутаната усклађени са захтевима ЕУ. У водичу за граничне вредности честичних материја, Светска здравствена организација (WHO – World Health Organization) није прописала доњи ниво концентрације честичних материја испод којег нема утицаја на здравље човека, већ је дала одређене смернице и препоруке. Смернице нуде препоручене нивое изложености честицама PM_{10} и $PM_{2.5}$, озону, азот-диоксиду и сумпор-диоксиду, као и мере за подстицање прогресивног побољшања квалитета ваздуха и смањење утицаја загађења на здравље [7, 8].

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На сликама 2–8 приказани су резултати мерења испитиваних параметара за летњу и зимску сезону, док су статистички показатељи

ММ7), sulfur dioxide, nitrogen dioxide, and soot were analyzed by 24-hour sampling, while PM_{10} particulate matter was measured 15 days a month.

Locating, sampling and measuring parameters in the field and in laboratory conditions were performed by the Mining institute Belgrade. Heavy metal content in sediments was determined by Institut Mol d.o.o. Stara Pazova. The air samples were analyzed according to standards and using accredited methods.

Laws and bylaws regulate the protection of air from pollution in Serbia: the Air Protection Act [5] and the Decree on Conditions for Air Quality Monitoring and Requirements [6] which defines, among other things, the measurement conditions and the concentration limits of pollutants harmonized with EU requirements. In the particulate matter limit values guidelines, the World Health Organization (WHO) did not prescribe a lower particulate matter concentration threshold below which there is no impact on human health but gave certain guidelines and recommendations. The guidelines offer recommended levels of exposure to PM_{10} and $PM_{2.5}$, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide, as well as measures to encourage progressive improvement in air quality and reduce the impact of pollution on health [7, 8].

RESULTS AND DISCUSSION

Figures 2–8 show the results of measuring the tested parameters for the summer and winter seasons, while the statistical indicators are giv-

дати у Табелама 2–5. У истим табелама су, поређења ради, дате и ГВ (граничне вредности) чије су концентрације дефинисане Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха [6].

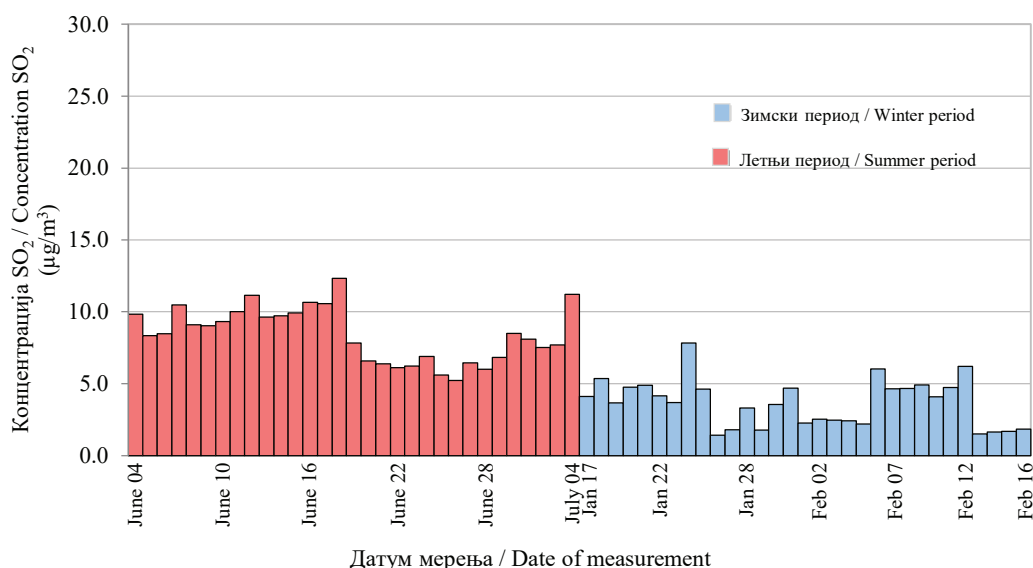
Средње дневне концентрације сумпор-диоксида на мерним местима ММ6 и ММ7 не прекорачују граничне вредности, а нису забележене ни екстремно високе концентрације, слике 2 и 3.

Анализом добијених резултата може се закључити да су максималне вредности концентрације SO_2 измерене у летњем периоду. Максимална дневна концентрација од 13,4

en in Tables 2–5. In the same tables, GV (limit values) are given for comparison purposes, the concentrations of which are defined by the Decree on Conditions for Air Quality Monitoring and Requirements [6].

The average daily concentrations of sulfur dioxide at MM6 and MM7 measuring points do not exceed the limit values, and no extremely high concentrations were recorded, Figures 2 and 3.

By analyzing the obtained results, it can be concluded that the maximum values of SO_2 concentration were measured in the summer period. The maximum daily concentrations of 13.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Слика 2, Средње дневне концентрације SO_2 на мерном месту ММ6, у летњем и зимском периоду

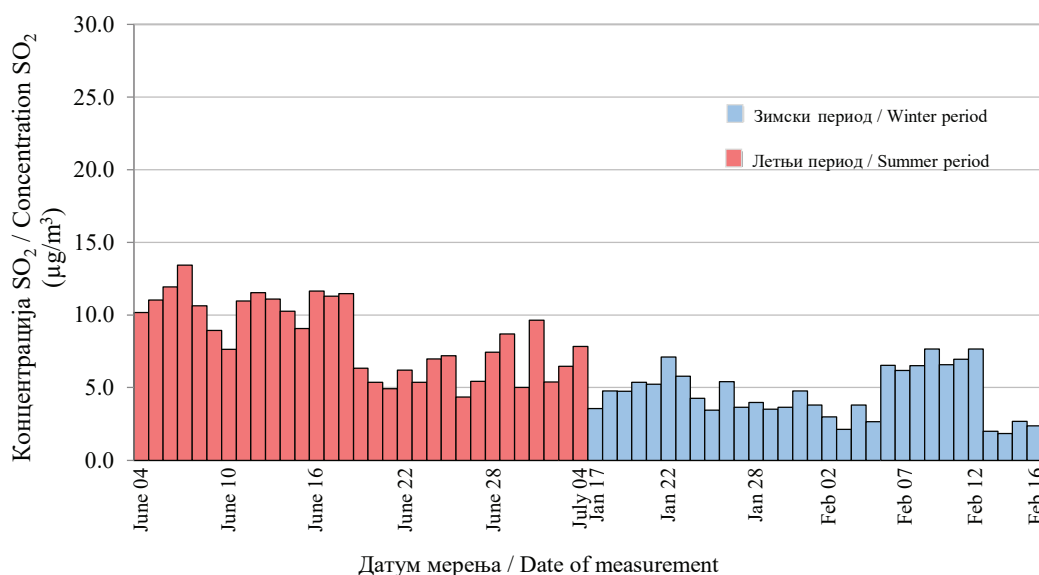
Figure 2, Average daily concentrations of SO_2 at MM6 measuring point in summer and winter periods

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ забележена је на мерном месту ММ7, а $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ на мерном месту ММ6. Повишене концентрације у летњем периоду доводе се у везу са загађивачима који се налазе у близини предметног лежишта. То се пре свега односи на сепарацију угља у Баљевцу, као и на депонију ситног, отпадног угља који садржи око 42% пепела [9].

Средње дневне концентрације азот-диоксида, током целог мереног периода, биле су знатно испод граничних вредности које су прописане Уредбом [6].

m^3 and $12.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ were recorded at MM7 and MM6 measuring points, respectively. Elevated concentrations in the summer period are associated with pollutants located near the subject deposit. They primarily refer to the coal separation in Baljevac and the landfill of small, waste coal containing about 42% of ash [9].

During the entire measuring period, the average daily concentrations of nitrogen dioxide were significantly below the limit values prescribed by Decree [6].



Слика 3, Средње дневне концентрације SO₂ на мерном месту MM7, у летњем и зимском периоду
 Figure 3, Average daily concentrations of SO₂ at MM7 measuring point in summer and winter periods

Табела 2, Статистички показатељи SO₂ на мерним местима MM6 и MM7, у летњем и зимском периоду
 Table 2, Statistical indicators of SO₂ at MM6 and MM7, measuring points in summer and winter periods

Мерно место Measuring point	Летњи период / Summer period			Зимски период / Winter period		
	C _{sr}	C _{min}	C _{max}	C _{sr}	C _{min}	C _{max}
MM6	< 10,0	< 10,0	12,3	< 10,0	< 10,0	< 10,0
MM7	< 10,0	< 10,0	13,4	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Гранична вредност / Limit value (C ₂₄) = 85 µg/m ³						

Максимална средња дневна концентрација од 11,3 µg/m³ измерена је на мерном месту MM6 у зимском и од 10,0 µg/m³ у летњем периоду, док су остале вредности знатно ниже.

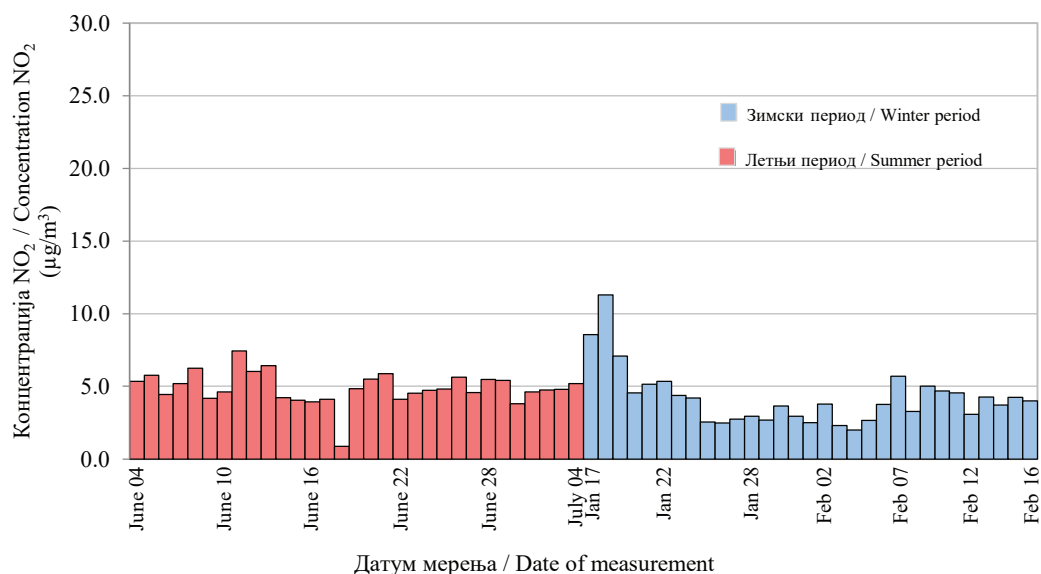
Средње дневне концентрације чађи на мерним местима MM6 и MM7 ни у једном периоду мерења не прелазе максимално дозвољене концентрације, слике 6 и 7.

Максимална дневна концентрација од 26,7 µg/m³ забележена је у зимском периоду на мерном месту MM7, што је још увек у границама дозвољених вредности. Такође се може закључити да су знатно веће концентрације чађи забележене у зимском периоду што се

The maximum average daily concentration was measured at MM6 measuring point as 11.3 µg/m³ in winter and 10.0 µg/m³ in summer, while other values were significantly lower.

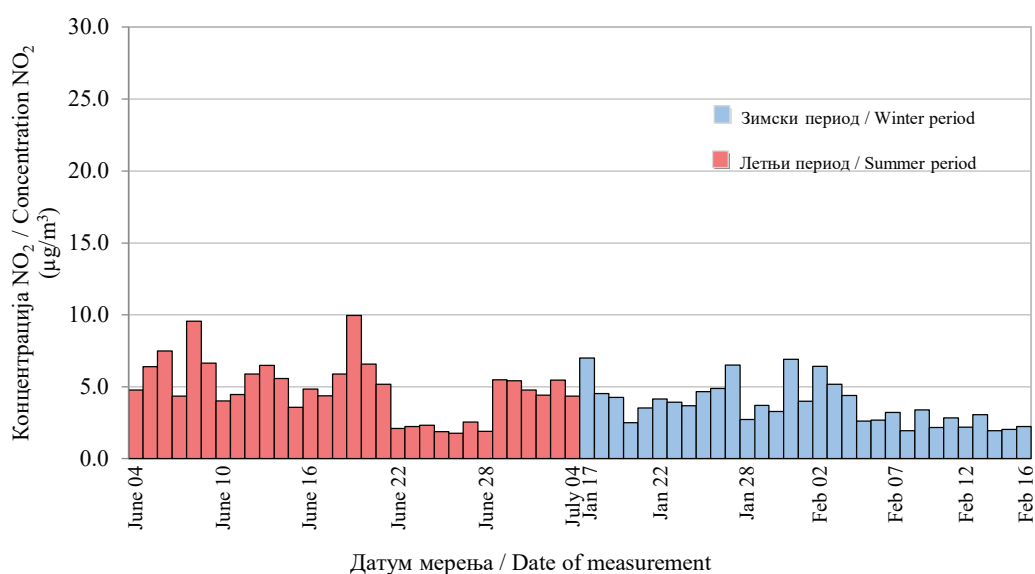
The average daily concentrations of soot at MM6 and MM7 measuring points do not exceed the maximum allowed concentrations in any measuring period, Figures 6 and 7.

The maximum daily concentration of 26.7 µg/m³ was recorded in the winter at MM7 measuring point, which is still within the permitted values. It can also be concluded that significantly higher soot concentrations were recorded in the winter, which is explained by the combustion of organic matter in individual furnaces.



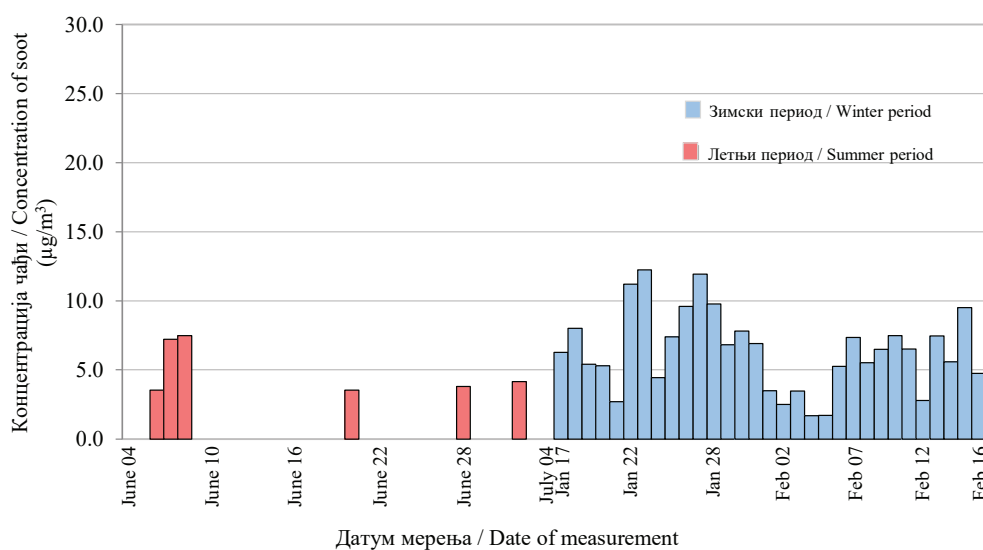
Слика 4, Средње дневне концентрације NO₂ на мерном месту ММ6, у летњем и зимском периоду.

Figure 4, Average daily concentrations of NO₂ at MM6 measuring point in summer and winter periods

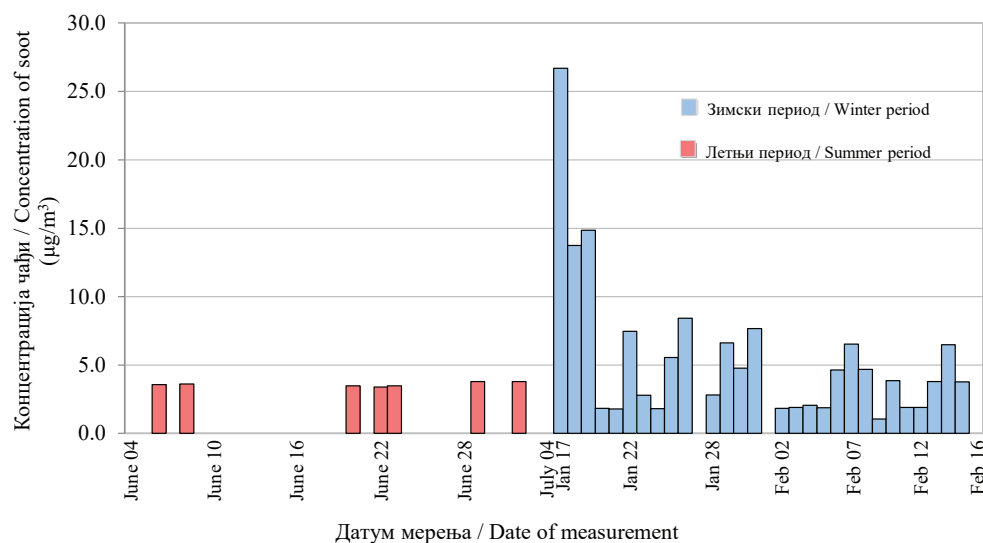


Табела 3, Статистички показатељи NO_2 на мерним местима ММ6 и ММ7, у летњем и зимском периоду
 Table 3, Statistical indicators of NO_2 at MM6 and MM7, measuring points in summer and winter periods

Мерно место Measuring point	Летњи период / Summer period			Зимски период / Winter period		
	C_{sr}	C_{min}	C_{max}	C_{sr}	C_{min}	C_{max}
ММ6	4,9	< 3,0	7,4	4,2	< 3,0	11,3
ММ7	4,9	< 3,0	10,0	3,8	< 3,0	7,0
Гранична вредност / Limit value (C_{24}) = 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$						



Слика 6, Средње дневне концентрације чађи на мерном месту ММ6, у летњем и зимском периоду
 Figure 6, Average daily concentrations of soot at MM6, measuring point in summer and winter periods



Слика 7, Средње дневне концентрације чађи на мерном месту ММ7, у летњем и зимском периоду
 Figure 7, Average daily concentrations of soot at MM7, measuring point in summer and winter periods

објашњава сагоревањем органских материја у индивидуалним ложиштима.

Концентрације суспендованих честица величине $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) током летњег периода, на оба мерна места, биле су испод прописаних граничних вредности. Анализом резултата утврђено је да је током зимског периода дневна гранична вредност PM_{10} прекорачена три дана на мерном месту ММ6 и шест дана на

Concentrations of PM_{10} during the summer period, at both measuring points, were below the prescribed limit values. The analysis of the results showed that during the winter period the daily limit value of PM_{10} was exceeded for three days at MM6 measuring point and six days at MM7 measuring point, Figures 8, 9. The maximum concentration was measured at MM7 measuring point and was $85.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Табела 4, Статистички показатељи чађи на мерним местима ММ6 и ММ7, у летњем и зимском периоду
 Table 4, Statistical indicators of soot at MM6 and MM7, measuring points in summer and winter periods

Мерно место Measuring point	Летњи период / Summer period			Зимски период / Winter period		
	C_{sr}	C_{min}	C_{max}	C_{sr}	C_{min}	C_{max}
ММ6	< 2,0	< 2,0	7,5	< 2,0	< 2,0	12,2
ММ7	< 2,0	< 2,0	3,8	4,9	< 2,0	26,7
Гранична вредност / Limit value (C_{24}) = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$						

мерном месту ММ7, слике 8, 9. Максимална концентрација измерена је на мерном месту ММ7 и износила је $85,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Измерене повећане вредности суспендованих честица PM_{10} , у зимском периоду, на овој локацији у највећој мери исталожене су из пепела индивидуалних кућних ложишта и у директној су вези са сагоревањем органских горива у индивидуалним домаћинствима. Вредност емисије PM_{10} зависи и од ваздушних струјања, односно од брзине ветра [10].

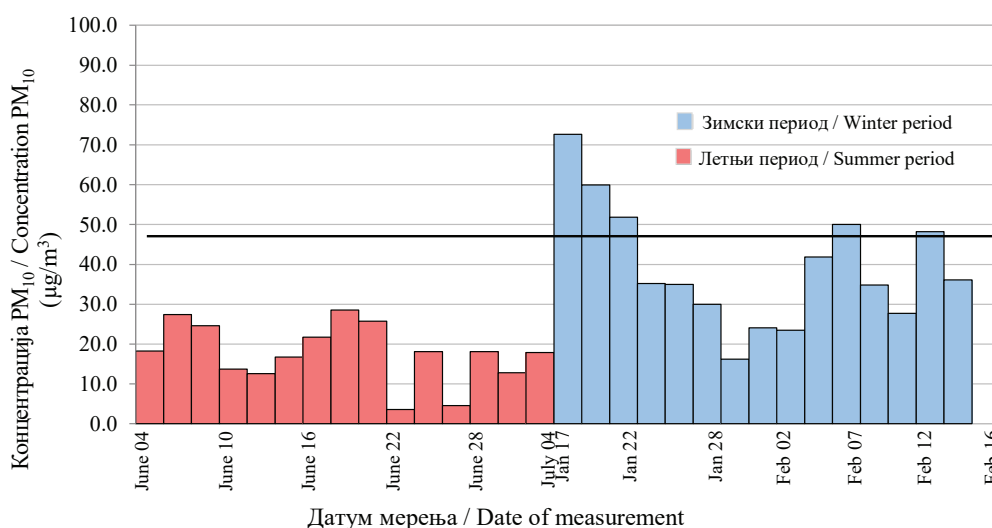
У Табели 6 приказани су резултати мерења, на сва четири мерна места, следећих параметара: рН вредности, укупних таложних материја (УТМ), садржаја тешких метала (Zn, Pb, Cd, As) у укупним таложним материјама. У оквиру исте табеле дата је максимално дозвољена вредност (МДВ) за укуп

Вредност укупних таложних материја, на предметном подручју, биле су у границама прописаних Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха [6]. Током периода мерења, на сва четири мерна места, концентрација таложних материја кретала се $42,0\text{--}61,3 \text{ mg}/\text{m}^2$ на дан у зимском и $85,5\text{--}153,4 \text{ mg}/\text{m}^2$ на дан у летњем периоду.

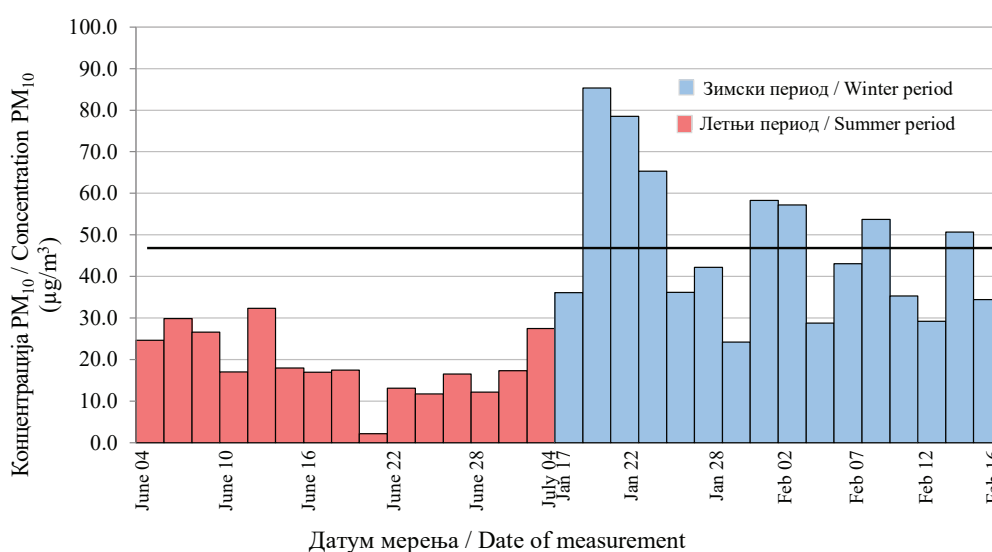
The elevated measured values of PM_{10} in the winter period at this location are mostly precipitated from the ashes of individual household furnaces. Therefore, they are directly related to the combustion of organic fuels in households. The value of PM_{10} emission also depends on air currents, i.e., wind speed [10].

Table 6 shows the measurement results at all four measuring points of the following parameters: pH value, total atmospheric deposition (TAD), heavy metal content (Zn, Pb, Cd, As) in total atmospheric deposition. Within the same table, the maximum allowable concentrations (MAC) for total atmospheric deposition is given.

The value of total atmospheric deposition in the subject area was within the limits prescribed by the Decree on Conditions for Air Quality Monitoring and Requirements [6]. During the measurement period, at all four measuring points, the concentration of atmospheric deposition ranged from $42.0\text{--}61.3 \text{ mg}/\text{m}^2$ per day in winter and $85.5\text{--}153.4 \text{ mg}/\text{m}^2$ per day in summer. The



Слика 8, Средње дневне концентрације PM_{10} на мерном месту ММ6, у летњем и зимском периоду
Figure 8, Average daily concentrations of PM_{10} at MM6, measuring point in summer and winter period



Слика 9, Средње дневне концентрације PM_{10} на мерном месту ММ7, у летњем и зимском периоду
Figure 9, Average daily concentrations of PM_{10} at MM7, measuring point in summer and winter period

Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха не прописује максимално дозвољене вредности наведених метала у укупним таложним материјама [6]. Добијене вредности могу да послуже за праћење утицаја будуће експлоатације на квалитет ваздуха предметног подручја.

Decree on Conditions for Air Quality Monitoring and Requirements does not prescribe the maximum allowable quantity of these metals in total atmospheric deposition [6]. The obtained values can be used to monitor the impact of future exploitation on the area's air quality.

Табела 5, Статистички показатељи за суспендоване честице на мерним местима
 MM6 и MM7 у летњем и зимском периоду

Table 5, Statistical indicators for particulate matter at MM6 and MM7, measuring
 points in summer and winter periods

Мерно место Measuring point	Летњи период / Summer period			Зимски период / Winter period		
	C _{sr}	C _{min}	C _{max}	C _{sr}	C _{min}	C _{max}
MM6	17,6	3,6	28,6	39,1	16,2	72,7
MM7	19,9	2,2	36,1	48,2	24,2	85,3
Гранична вредност / Limit value (C ₂₄) = 50µg/m ³						

Табела 6, Резултати мерења рН вредности, УТМ и тешких метала у УТМ

Table 6, Results of pH, TAD and heavy metal in TAD measurements

Мерно место Measuring point	Летњи период / Summer period						Зимски период / Winter period					
	pH	UTM	Zn	Pb	Cd	As	pH	UTM	Zn	Pb	Cd	As
MM6	7,47	94,1	14,64	3,44	<0,07	0,92	6,12	61,3	8,56	4,43	<0,07	0,92
MM7	7,03	85,5	10,68	6,63	<0,07	0,77	5,98	51,1	12,99	5,42	<0,07	0,77
MM8	5,93	153,4	7,73	5,03	<0,07	1,59	5,18	49,0	4,38	3,48	<0,07	1,59
MM9	5,61	107,1	5,60	1,59	<0,07	0,82	5,4	42,0	8,41	2,44	<0,07	0,82
Максимална месечна дозвољена концентрација / Maximum monthly allowable concentration = 450 mg/m ³ day												

ЗАКЉУЧАК

За управљање квалитетом ваздуха на неком подручју неопходно је пратити концентрације загађујућих материја, карактеристичне за изворе загађења тог подручја. Утицај неког пројекта на животну средину не може да се утврди без испитивања квалитета животне средине пре почетка рада пројекта. Из тог разлога вршена су испитивања квалитета ваздуха на подручју лежишта борних минерала Пискања, пре почетка експлоатације. Узорковање је вршено током летње и зимске сезоне са четири мерна места распоређена тако да просторно покривају подручје лежишта. Анализом су обухваћени следећи параметри: сумпор-диоксид, азот-диоксид, чађ, суспендоване честице PM₁₀ и укупне таложне материје. У укупним таложним материјама одређен је и садржај тешких метала: Zn, Pb, Cd и As.

CONCLUSION

To manage air quality in an area, it is necessary to monitor the concentrations of pollutants, characteristic of the sources of pollution in that area. The environmental impact of a project cannot be determined without examining the environment quality before the start of the project. For that reason, air quality was tested in the area of the Piskanje boron mineral deposit before exploitation. Sampling was performed during the summer and winter seasons with four measuring points arranged so as to cover the entire deposit area. The analysis included the following parameters: sulfur dioxide, nitrogen dioxide, soot, PM₁₀ and total atmospheric deposition. The content of Zn, Pb, Cd and As heavy metals was also determined in the total atmospheric deposition.

Резултати испитивања показали су да амбијентални ваздух на предметном подручју, у испитиваном периоду, није био оптерећен прекомерним концентрацијама мерених параметара. Анализирани параметри, осим измерене концентрације PM_{10} , не прелазе граничне вредности прописане Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха. Повишен садржај PM_{10} неколико дана у току зимског периода, на оба мерна места, доводи се у везу са сагоревањем органског горива у индивидуалним ложиштима. Мерења која су спроведена имају за циљ праћење утицаја будуће експлоатације борних минерала лежишта Пискања на квалитет ваздуха како би се негативни ефекти експлоатације спречили или свели на минимум.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урошевић М., Павловић З., Клисић М., Брковић Т., Малешевић М., Трифуновић С.: Основна геолошка карта СФРЈ 1:100 000. Лист Нови Пазар, Савезни геолошки завод, Београд, 1970.
2. Урошевић М., Павловић З., Клисић М., Карамата С., Малешевић М., Стефановић М., Марковић О., Трифуновић С.: Тумач за Основну геолошку карту СФРЈ. Лист Нови Пазар, Савезни геолошки завод, Београд, 1973, стр. 1-77.
3. Видановић Н., Поповић М., Хоџић А., Фазлић Е.: Лежиште руде борних минерала у Јарандолском басену, Припрема минералних сировина и ватросталство. Српско друштво за ватросталство и процесну индустрију, Београд, 2015, стр 30-39.
4. Извештај о нултом стању квалитета животне средине на истражном простору лежишта борних минерала Пискања код Баљевца на Ибру (Извештај бр. I-05/19). Рударски институт, Београд, 2019.
5. Закон о заштити ваздуха (Службени гласник РС, бр. 36/2009, 10/2013 и 26/21).
6. Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (Службени гласник РС, бр. 11/10, 75/10 и 63/13).
7. WHO, Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide, Global date, 2005, Summari of riski assessment.

The test results showed that the subject area's ambient air was not burdened with excessive concentrations of the measured parameters in the examined period. Except for the measured PM_{10} concentration, the analyzed parameters do not exceed the limit values prescribed by the Decree on Conditions for Air Quality Monitoring and Requirements. Elevated PM_{10} content for several days during the winter period, at both measuring points, is associated with the combustion of organic fuel in individual furnaces. The measurements carried out are aimed to be used in monitoring the impact of future exploitation of boron minerals at Piskanja deposit on air quality to prevent or minimize the adverse effects of exploitation.

LITERATURE

1. Urošević M., Pavlović Z., Klisić M., Brković T., Malešević M., Trifunović S.: Basic geological map of SFRY 1:100 000. Sheet Novi Pazar, Federal Geological Survey, Belgrade, 1970.
2. Urošević M., Pavlović Z., Klisić M., Karamata S., Malešević M., Stefanović M., Marković O., Trifunović S.: Legend for Basic geological map of SFRY. Sheet Novi Pazar, Federal Geological Survey, Belgrade, 1973, pp 1-77.
3. Vidanović N., Popović, M., Hodžić A., Fazlić E.: Boron Minerals Deposit in the Jarandol basin, Preparation of mineral raw materials and refractories. Serbian Society for Refractory and Process Industry, Belgrade, 2015, pp. 30-39.
4. Report on the zero environmental quality state in the exploration area of the Piskanja boron mineral deposit near Baljevac on the Ibar River (Report No. I-05/19). Mining institute, Belgrade, 2019.
5. Air Protection Act (Official Gazette of RS, No. 36/2009, 10/2013 and 26/21).
6. Decree on Conditions for Air Quality Monitoring and Requirements (Official Gazette of RS, No. 11/10, 75/10 and 63/13).
7. WHO, Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide, Global date, 2005, Summaries of risk assessment.

8. Krzyzanowski M. & Cohen A.: Update of WHO air quality guidelines. *Air Qual Atmos Health*. Springer, DOI 10.1007/s11869-008-0008, 2008, pp 7-13.
9. Николић С., Мојовић Љ., Вујачић В., Миловановић Д.: Узроци загађивања и квалитет воде реке Ибар у општини Рашка. *Водопривреда* 46, Београд, 2014, стр. 179-185.
10. Павловић М., Гигов М., Петковић С., Нешковић Ј., Стјепановић П.: Утицај ваздушног струјања на везивна својства пепела, шљаке и адитива. *Рударски гласник*, Београд, 2018, стр. 147-157.
8. Krzyzanowski M. & Cohen A. Update of WHO air quality guidelines. *Air Qual Atmos Health*. Springer, DOI 10.1007/s11869-008-0008, 2008, pp. 7-13.
9. Nikolić S., Mojović Lj., Vujačić V., Milovanović D.: Causes of Pollution and Water Quality of the Ibar River in the Municipality of Raška. *Vodoprivreda* 46, Belgrade, 2014, pp 179-185.
10. Pavlović M., Gigov M., Petković S., Nešković J. and Stjepanović P.: Impact of Air Currents on the Binding Properties of Ash, Slag and Additives. *Bulletin of Mines*, Belgrade, 2018, pp. 147-157.

УВОД

Процеси мокрог одсумпоравања димних гасова на термоенергетским постројењима захтевају припрему суспензије кречњака одређених карактеристика везаних за хемијски састав, реактивност и одређену грануларацију. Захтевана крупноћа кречњака постиже се уситњавањем, дробљењем и млевењем.

Уситњавање руде је текући економски задатак за науку и индустрију. У области рударства, за уситњавање руде до пројектоване крупноће потребно је утрошити највише енергије, знатно више него за све остале процесе припреме и концентрације. Са тог аспекта, у свету са ограниченим изворима енергије, веома је битно да се предвиди потрошња енергије у индустријским процесима. Енергија неопходна за дробљење и млевење представља се Бондовим радним индексом и одређује се помоћу Бондовог теста мељивости, у Бондовом млину са куглама. Његова вредност је карактеристика руде и служи за дизајнирање индустријских постројења за уситњавање.

Бондов радни индекс W_i одређује се симулирањем сувог затвореног циклуса млевења до успостављања циркулативне шарже од 250%, у специјалном лабораторијском Бондовом млину. Одређивање Бондовог радног индекса је сложен поступак за који су неопходни: специјални Бондов лабораторијски млин, око 10 кг узорка крупноће $-3,326+0$ mm, обучено особље за рад и извођење 7–10 циклуса млевења до уравнотежења процеса. [5]

Бондов радни индекс представља енергију која је потребна за уситњавање једне кратке тоне (907 kg) неке сировине, са теоретски бесконачне крупноће на крупноћу 80% -100 mm. Из ове дефиниције се закључује да радни индекс W_i није материјална константа, већ се мења са променом крупноће производа млевења. Овај емпиријски метод обавља се на стандардизованом млину са куглама димензија 304,8 x 304,8 mm са 70 обртаја у минути. Унутрашња површина млина је глатка и сви углови су заобљени. Шаржа мељућих тела у млину је такође стандардизована, са јасно дефинисаним бројем мељућих тела (кугли) и јасно дефинисаним пречником и то: [6, 7]

INTRODUCTION

Wet flue gas desulphurization processes at thermal power plants require preparing a limestone suspension of specific characteristics related to chemical composition, reactivity, and granulation. The required limestone size is achieved by crushing and grinding.

Ore crushing is an ongoing economic task for science and industry. In mining, ore crushing to the projected size requires the most energy, significantly more than in all other preparation and concentration processes. From this aspect, it is critical to predict energy consumption in industrial processes in a limited energy source world. The energy required for crushing and grinding is represented by the Bond work index and is determined using the Bond grindability test in the Bond ball mill. Its value is an ore property and is used in industrial crushing plant design.

The Bond work index W_i is determined by simulating a dry grinding locked cycle until achieving 250% circulating load in a special laboratory Bond ball mill. Determining the Bond work index is a complex procedure that requires a special Bond ball mill, about 10 kg sample sized $-3.326 + 0$ mm, trained staff, and 7-10 grinding cycles to balance the process. [5]

The Bond work index represents the energy required to grind one short ton (907 kg) of raw material, from a theoretically infinite size to 80% - 100 mm size. From this definition, it can be concluded that the working index W_i is not a constant due to change in the size of the grinding product. This empirical method is performed on a standardized 304,8 x 304,8 mm ball mill at 70 rpm. The inner mill surface is smooth with rounded corners. The grinding body load in the mill is also standardized with a specified number of balls of defined diameter: [6, 7]

Пречник кугле (mm) Ball diameter (mm)	Број кугли (ком) Number of balls
36.83	43
29.72	67
25.4	10
19.05	71
15.49	94

Прорачуната површина дробљења износи 0.543 m², а маса свих кугли треба да износи 20125 g. Пре почетка испитивања је проверена шаржа кугли. Такође је проверена и маса свих кугли. Измерена је маса од 20165 g. Разлика од 40 g је коригована. Потребно је напоменути да се опити раде са сувим узорцима, то јест овај поступак подразумева суви начин млевења.

The calculated crushing area is 842 inch², and the ball load should be 20125 g. Before the test start, the number of balls and the ball load was checked. The 20165 g load was measured. The 40 g difference was corrected. Note that the experiments are done with dry samples, that is, this procedure involves a dry grinding method.

УЗОРЦИ ЗА ИСПИТИВАЊА

Лабораторији за припрему минералних сировина у Рударском институту достављени су узорци кречњака који се користе у процесима одсумпоравања у термоелектранама Костолац и Угљевик ради одређивања Бондовог радног индекса. Треба напоменути да наручиоци нису доставили геолошке податке о лежиштима на којима се врши експлоатација кречњака.

TEST SAMPLES

Samples of limestone used in the desulphurization processes in TPP Kostolac and TPP Ugljevik were delivered to the laboratory for mineral processing at the Mining Institute to determine the Bond work index. Note that the Clients did not submit geological data of the limestone exploiting deposits.

МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА

Испитивање је подразумевало одређивање укупне влаге, гранулометријског састава и након тога одређивање Бондовог радног индекса.

Садржај влаге испитан је на достављеним узорцима, сушењем у сушници на 105°C до константне масе. [8]

Одређивање гранулометријског састава вршено је просејавањем на стандардним лабораторијским ситима. Просејавање је обављено ручно, на ситима серије типа Laboratory Test Sieve Endecotts LTD London England и DIN. [3, 4]

TEST METHODS

The test involved total moisture, determining the particle size distribution and then determining the Bond work index.

The moisture content was tested on the starting samples prior to their characterization, by drying in a dryer at 105°C to the constant weight. [8]

Particle size distribution was determined by the sieving method on standard laboratory sieves. Sieving was manual, on Laboratory Test Sieve Endecotts LTD London England and DIN series sieves. [3, 4]

ИЗВОЂЕЊА ОПИТА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ БОНДОВОГ РАДНОГ ИНДЕКСА

Полазна количина узорка са којом се започиње опит износи 700 cm³, измерена у лабо-

PERFORMANCE OF BOND WORK INDEX DETERMINATION EXPERIMENTS

The initial amount of the sample was 700 cm³ measured in the laboratory beaker. The beaker

раторијској мензури. Мензура се постави на уређај за вертикално стресање. У мензуру се додаје узорак све док се не стабилизује запремина од 700 cm³. После тога узорак се просејава на стандардној серији лабораторијских сита да би се одредио параметер F₈₀, који представља отвор сита кроз које прође 80% полазног узорка. После просејавања на стандардној серији сита узорак је спреман за млевење.

У свим опитима коришћено је сито отвора 0.212 mm за просејавање узорка пре циклуса млевења, као и за просејавање самлевеног производа.

На почетку опита, пре првог циклуса млевења, одређен је удео класе -0.212+0 mm (вредност a1). Први циклус млевења обавља се са 100 обртаја млина. Самлевени производ се изводи из млина и просеје на ситу 0.212 mm. Класа -0.212+0 mm се измери на ваги (представља вредност b1). Затим се израчуна прираштај класе -0.212+0 mm (b1 – a1).

За наредни циклус млевења издвоји се узорак масе b1 и просеје на ситу 0.212 mm. Маса класе -0.212+0 mm у новом узорку представља вредност a2 која је основа за израчунавање броја обртаја у следећем циклусу млевења. За сваки циклус млевења израчунава се број обртаја на основу прираштаја класе -0.212+0 mm из претходног циклуса млевења да би се симулирала кружна шаржа од 250% која се примењује у индустријским погонима када млин ради заједно са класификатором.

На крају сваког циклуса млевења израчунава се индекс Gbp који представља „мељивост” руде. Када се у последња три циклуса вредност индекса Gbp стабилизује, узима се средња вредност последња три Gbp индекса, а радни индекс по Бонду израчунава се према следећем обрасцу:

is placed on a vertical shaker. The sample was added to the beaker until the 700 cm³ volume stabilized. The sample was then sieved on a standard series of laboratory sieves to determine the F₈₀ parameter, representing the sieve opening at which 80% of the initial sample passes. After sieving, the sample was ready for grinding.

In all experiments, a 0.212 mm sieve was used to sieve the sample before the grinding cycle and sieve the ground product.

At the beginning of the experiment, before the first grinding cycle, the -0.212 + 0 mm feed size (a1 value) was determined. The first grinding cycle was performed with 100 mill rotations, after which the ground product was taken out of the mill and sieved on the 0.212 mm sieve. The -0.212 + 0 mm feed size was measured on the scale (representing b1 value). Then the -0.212 + 0 mm increment of size fraction (b1 - a1) was calculated.

For the next grinding cycle, a sample of b1 mass was separated and sieved on a 0.212 mm sieve. The -0.212 + 0 mm feed size in the new sample represented a2 value and was the basis for calculating the number of rotations in the next grinding cycle. For each grinding cycle, the number of rotations was calculated based on -0.212 + 0 mm increment of size fraction from the previous grinding cycle to simulate 250% circular load applied in industrial plants when the mill works together with the classifier.

At the end of each grinding cycle, the Gbp index was calculated, representing ore grindability. When the Gbp index value stabilized in the last 3 cycles, the mean value of the last 3 Gbp indices was taken, and the Bond work index was calculated according to the following expression:

$$Wi = \frac{44.5}{P_1^{0.23} * G_{bp}^{0.82} * \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} (=) \frac{kWh}{st}$$

P_1 - отвор сита на којем се обавља просејавање полазног и самлевоног узорка у микронима, (0.212 mm = 212 μ m)

Gbp - индекс мељивости руде

F_{80} - крупноћа у микронима при којој се просејава 80% полазног узорка

P_{80} - крупноћа у микронима при којој се просејава 80% самлевоног материјала [2]

Наведени образац израчунава Бондов радни индекс по краткој тони (st) коју је потребно пребацити у kWh/t.

P_1 - is selected test size in microns (0.212 mm = 212 μ m)

Gbp - is the grindability at steady state condition

F_{80} - is the 80% passing feed particle size in microns

P_{80} - is the 80% passing product particle size in microns [2]

The above expression calculates the Bond work index per short ton (st) to be converted to kWh/t.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

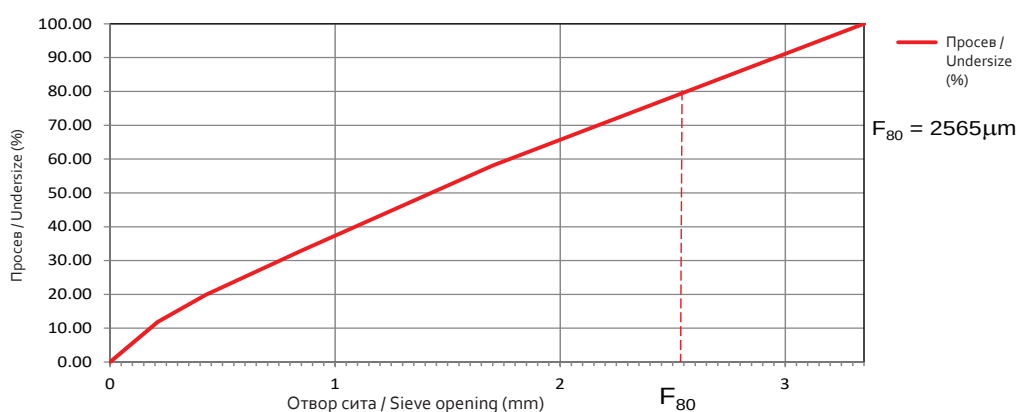
С обзиром на то да су достављени узорци из ТЕ Костолац и из ТЕ Угљевик били влажни, било је потребно осушити их до константне масе. Утврђено је да средња вредност укупне влаге у узорку ТЕ Костолац износи 0,58% а у узорцима ТЕ Угљевик 0,3%. Узорци су затим хомогенизовани тако да је направљен композитни узорак за даља испитивања. Композитни узорак је уситњаван на крупноћу 100% -3.35+0 mm, што представља улаз у опит одређивања Бондовог радног индекса. Узорак је после уситњавања хомогенизован и издвојен је коначан узорак за испитивање Бондовог радног индекса методом шах поља.

Гранулометријски састав полазног узорка кречњака који се користи за одсумпоравање у ТЕ Костолац Б1 и Б2, запремине 700 cm³, приказан је на слици 1.

RESULTS AND DISCUSSION

Since the delivered samples from TPP Kostolac and TPP Ugljevik were wet, it was necessary to dry them to constant weight. It was determined that the mean moisture content in the samples from TPP Kostolac was 0,58% and samples from TPP Ugljevik was 0,3%. They were then homogenized to form a composite sample for further testing. Next, the composite sample was comminuted to 100% - 3.35 + 0 mm size, which was an input for the Bond work index determining experiment. After comminution, the sample was homogenized, and the final sample was isolated for determining the Bond work index chess field method.

The particle size distribution of the initial sample of limestone used for desulphurization in TPP Kostolac B1 and B2, with a volume of 700 cm³, is shown in Figure 1.



Слика 1, Гранулометријски састав полазног узорка кречњака који се користи за одсумпоравање у ТЕ Костолац Б1 и Б2

Figure 1, The particle size distribution of the initial sample of limestone used for desulphurization in TPP Kostolac B1 and B2

Са слике 1 прочитан параметар F_{80} износи 2565 μm . На узорку је обављено укупно шест циклуса млевења који су приказани у Табели 1.

From Figure 1 the read F_{80} parameter is 2565 μm . A total of six grinding cycles were performed on the sample, which are shown in Table 1.

Табела 1, Резултати испитивања Бондовог радног индекса

Table, 1 The Bond work index test results

Циклус млевења Grinding cycles	ai	bi	bi - ai	Xi	Gbp
I	138.8	304.9	166.1	100	1.66
II	40.0	318.2	278.2	177	1.57
III	43.0	380.7	337.7	184	1.83
IV	53.3	332.7	279.4	151	1.85
V	45.2	332.8	287.6	153	1.88
VI	40.6	322.0	281.4	152	1.85

Где је:

ai - количина класе -0.212+0 mm у узорку пре млевења,

bi - количина класе -0.212+0 mm у самлееном производу,

bi-ai - прираштај класе -0.212+0 mm у датом циклусу млевења,

Xi - број обртаја млина у датом циклусу млевења,

Gbp - индекс мељивости $Gbp = (bi - ai) / Xi$

Where:

ai - undersize product -0.212 + 0 mm in fresh feed

bi - undersize product -0.212 + 0 mm after mill cycle

bi-ai - particle size -0.212 + 0 mm growth in mill cycle

Xi - number of mill rotations in cycle

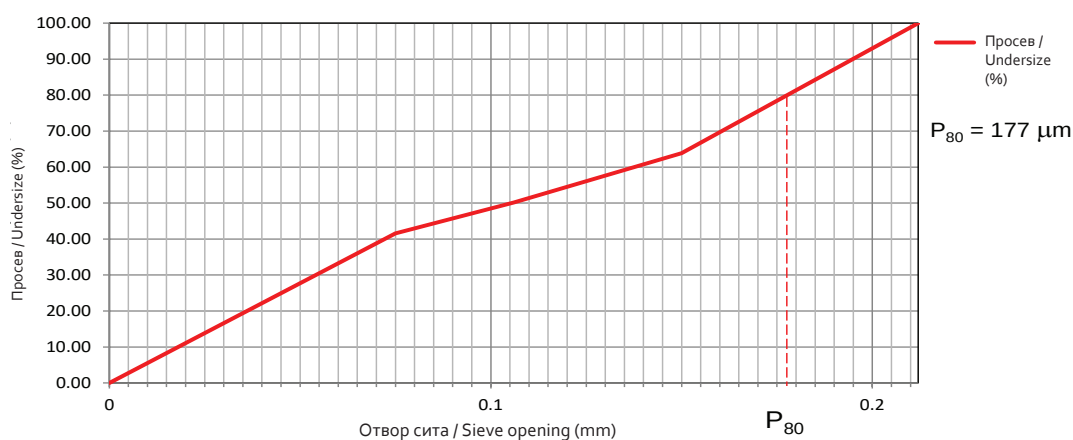
Gbp - Grindability index $Gbp = (bi - ai) / Xi$

Средња вредност индекса Gbp IV, V и VI циклуса износи 1.86.

The mean Gbp index of IV, V, and VI cycles is 1.86;

Средња вредност параметра P_{80} IV, V и VI циклуса одређена је са графикана гранулометријског састава који је приказан на слици 2.

The mean F_{80} parameter of IV, V, and VI cycles was determined from the particle size distribution chart shown in Figure 2.



Слика 2, Гранулометријски састав самлееног материјала из IV, V и VI циклуса

Figure 2, Particle size distribution of ground material from IV, V, and VI cycles

Вредност параметра P_{80} износи 177 μm .

The F_{80} parameter value is 177 μm .

Бондов радни индекс на овом узорку износи:

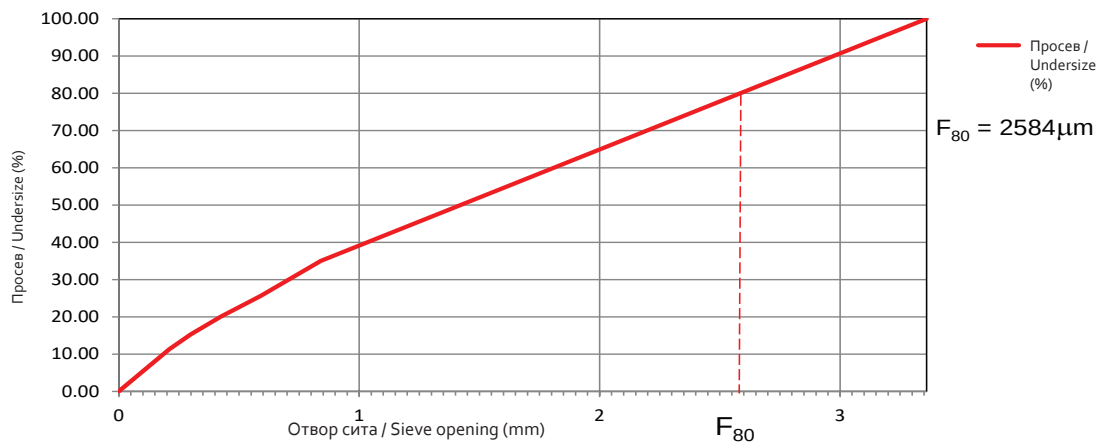
The Bond work index on this sample is:

$$W_i = 14.08 \text{ kWh/st односно}$$

$$W_i = 1.102536 \times 14.08 = 15.52 \text{ kWh/t}$$

Гранулометријски састав полазног узорка кречњака који се користи за одсумпоравање у ТЕ Угљевик (узорак 1), запремине 700 cm^3 , приказан је на слици 3.

The particle size distribution of the initial sample of limestone used for desulphurization in TPP Ugljevik (sample 1), with 700 cm^3 volume, is shown in Figure 3.



Слика 3, Гранулометријски састав полазног узорка кречњака који се користи за одсумпоравање у ТЕ Угљевик (узорак 1)

Figure 3, Particle size distribution of the initial sample of limestone used for desulphurization in TPP Ugljevik (sample 1)

Са слике 3. очитан параметар F_{80} износи 2584 μm . На узорку је обављено укупно девет циклуса млевења који су приказани у Табели 2.

From Figure 3 the read F_{80} parameter is 2584 μm . A total of nine grinding cycles were performed on the sample, which are shown in Table 2.

Табела 2, Резултати испитивања Бондовог радног индекса

Table 2, The Bond work index test results

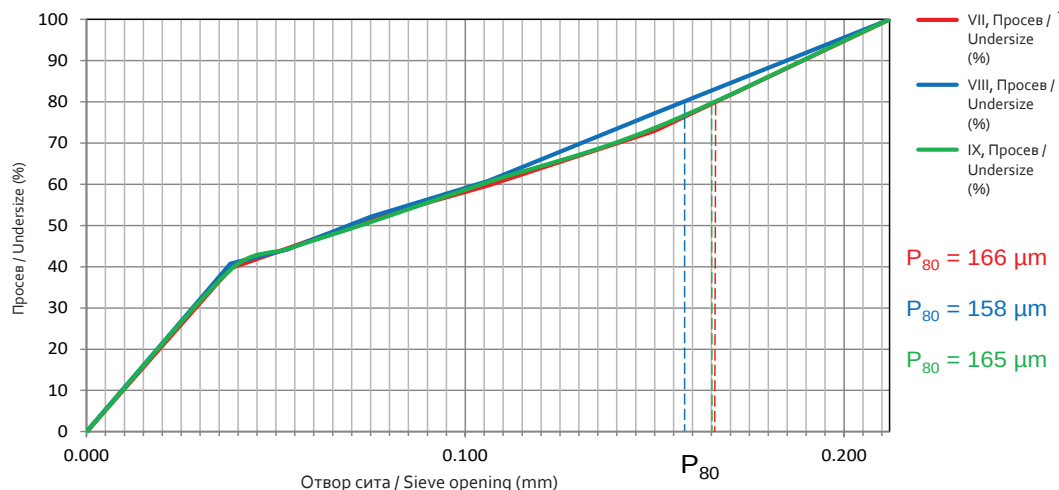
Циклус млевења Grinding cycles	ai	bi	bi - ai	Xi	Gbp
I	131.8	308.0	176.2	100	1.76
II	38.0	300.4	262.4	167	1.57
III	43.0	332.2	289.2	184	1.57
IV	38.0	353.6	315.6	187	1.68
V	41.2	341.2	300.0	173	1.73
VI	40.4	352.6	312.2	179	1.74
VII	40.7	336.4	295.7	167	1.77
VIII	40.0	334.3	294.3	165	1.78
IX	39.0	334.1	295.1	165	1.78

Просечна вредност G_{bp} индекса мељивости VII, VIII и IX циклуса износи 1.78.

The mean G_{bp} index of VII, VIII, and IX cycles is 1.78.

Просечна вредност параметра P_{80} VII, VIII и IX циклуса млевења износи $162.87 \mu m$.

The mean F_{80} parameter of VII, VIII, and IX grinding cycles is $162.87 \mu m$.



Слика 4, Гранулометријски састав самлевоног материјала из VII, VIII и IX циклуса
 Figure 4, Particle size distribution of ground material from VII, VIII, and IX cycles

Бондов радни индекс на овом узорку износи:

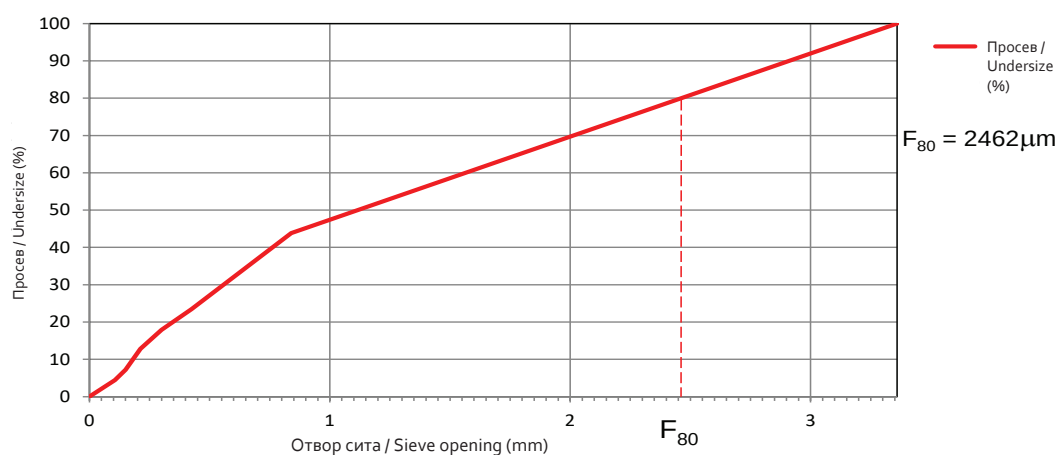
The Bond work index on this sample is:

$$Wi = 13.81 \text{ kWh/st}$$

$$Wi = 1.102536 \times 13.81 = 15.22 \text{ kWh/t}$$

Гранулометријски састав полазног узорка кречњака који се користи за одсумпоравање у ТЕ Угљевик (узорак 2), запремине 700 cm^3 , приказан је на слици 5.

The particle size distribution of the initial sample of limestone used for desulphurization in TPP Ugljevik (sample 2), with 700 cm^3 volume, is shown in Figure 5.



Слика 5, Гранулометријски састав полазног узорка кречњака који се користи за одсумпоравање у ТЕ Угљевик (узорак 2)

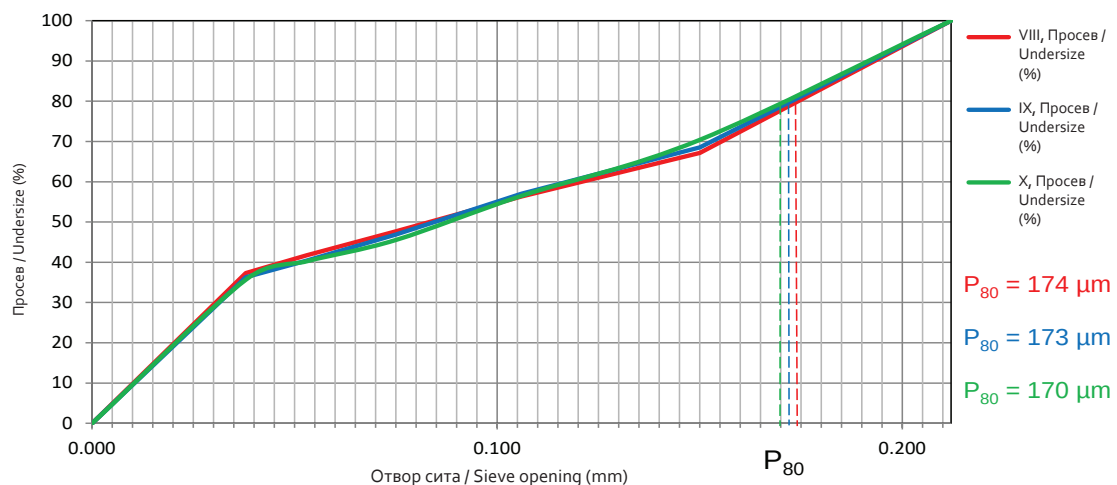
Figure 5, Particle size distribution of the initial sample of limestone used for desulphurization in TPP Ugljevik (sample 2)

Са слике 5. параметар F_{80} износи 2462 μm . На узорку је обављено десет циклуса млевења који су приказани у Табели 3.

From Figure 5 the read F_{80} parameter is 2462 μm . A total of 10 grinding cycles were performed on the sample, which are shown in Table 3.

Табела 3, Резултати испитивања Бондовог радног индекса
 Table 3, The Bond work index test results

Циклус млевења Grinding cycles	ai	bi	bi - ai	Xi	Gbp
I	147.0	329.4	182.4	100	1.82
II	47.3	304.7	257.4	154	1.67
III	45.2	337.7	292.5	169	1.73
IV	46.2	346.4	300.2	162	1.85
V	51.9	335.1	283.2	149	1.90
VI	48.6	324.9	276.3	147	1.87
VII	46.5	340.6	294.1	149	1.97
VIII	58.5	325.0	266.5	136	1.95
IX	53.4	324.7	271.3	140	1.93
X	46.6	327.5	280.9	145	1.93



Слика 6, Гранулометријски састав самлевоеног материјала из VIII, IX и X циклуса
 Figure 6, Particle size distribution of ground material from VIII, IX, and X cycles

Просечна вредност параметра P_{80} VIII, IX и X циклуса млевења износи 172.3 μm .

The mean F_{80} parameter of VIII, IX, and X grinding cycles is 172.3 μm .

Бондов радни индекс на овом узорку износи:

The Bond work index on this sample is:

$$Wi = 13.47 \text{ kWh/st}$$

$$Wi = 1.102536 \times 13.47 = 14.86 \text{ kWh/t}$$

ЗАКЉУЧАК

Испитивање Бондовог радног индекса извршено је на узорцима који су наручиоци доставили Рударском институту д.о.о. Наручиоци

CONCLUSION

The Bond work index tests were performed on samples delivered by the client to the Mining Institute. The client did not submit geological

нису доставили геолошке податке о лежиштима на којима се врши експлоатација кречњака. Приказане вредности Бондовог радног индекса крећу се од 14.86 kWh/t до 15.52 kWh/t. У стручној литератури [1, 2] вредност Бондовог радног индекса за кречњак износи 14 kWh/t, што је просечан резултат испитивања на различитим лежиштима кречњака која су извршена пре више од 30 година. Вредности које су приказане односе се само на достављене узорке и могу да послуже као показатељ да тврдина минералне сировине може да буде само оријентациони показатељ о потрошњи електричне енергије.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ћалић Н.: Теоријски основи припреме минералних сировина, Рударско - геолошки факултет, Универзитет у Београду, 1990, стр. 496
2. McIntyre, A; Plitt, L R: The interrelationship between Bond and Hardgrove grindabilities, CIM Bulletin, Journal Volume: 73:818, 1980, стр. 149 – 155
3. Нешковић Ј., Стјепановић П., Конц Јанковић К., Лазич Д., Јовановић И.: Карактеризација пепела, шљаке и гипса за потребе развоја технологије њиховог одлагања, Рударски гласник, број 1-2, год. CXV, 2018, стр. 133-146
4. Стандарди: SRPS B.B1.018/2005, SRPS B.B8.030/1986, SRPS EN ISO 17892-3:2016, SRPS B.C8.026/1966
5. Тодоровић Д.: Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање бондовог радног индекса -докторска дисертација, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, 2016, стр. 122
6. Магдалиновић Н.: Прилог тачнијем прорачунавању потрошње електроенергије у млину са куглама, Рударски гласник 2(27), 1988, стр. 28-30
7. Иванковић Д., Чех М.: Суво млевање неметалних минералних сировина, Рударски гласник, бр. 4, 1965, стр. 49-62.
8. Томанец Р.: Методе испитивања минералних сировина у припреми минералних сировина, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2000, стр. 315.

data of the limestone exploiting deposits. The shown Bond work index values range from 14.86 kWh/t to 15.52 kWh/t. In literature [1, 2], the Bond work index value for limestone is 14 kWh/t, and it is the average result of tests on various limestone deposits performed more than 30 years ago. The values shown refer only to the delivered samples and can indicate that mineral hardness can only serve as an indicative measure of electricity consumption.

LITERATURE

1. Ćalić N.: Theoretical foundations of mineral preparation, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, 1990, 496.
2. McIntyre, A; Plitt, L R: The interrelationship between Bond and Hardgrove grindabilities, CIM Bulletin, Journal Volume: 73: 818, 1980, pp 149 – 155.
3. Nešković J., Stjepanović P., Konc Janković K., Lazić D., Jovanović I.: Characterization of ash, slag and gypsum for their disposal technology development, Bulletin of Mines, 2018, pp 133-146.
4. Standards: SRPS B.B1.018/2005, SRPS B.B8.030/1986, SRPS EN ISO 17892-3:2016, SRPS B.C8.026/1966.
5. Todorović D.: Inhomogeneous composite material grindability study and shortened procedure testing for the determination of Bond work index - doctoral dissertation, 2016, 122.
6. Magdalinović. N.: A contribution to a more accurate calculation of electricity consumption in a ball mill, Bulletin of Mines, 2(27), 1988., pp 28-30.
7. Ivanković D.: Čeh M. Dry grinding of non-metallic mineral raw materials, No 4, 1965., pp 49-62.
8. Tomanec, R.: Methods of testing mineral resources in the preparation of mineral resources, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 2000, 315.

ПРОФЕСОР ДРАГИША ДРАШКИЋ

Своју струку треба волети, живети за њу и бити поштен према њој

PROFESSOR DRAGIŠA DRAŠKIĆ

You should love your profession, live for it and treat it fairly

DOI: 10.25075/BM.2021.10

Слободан Вујић
Надежда Ћалић
РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД
slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs

Слободан Вујић
Надежда Ћалић
MINING INSTITUTE BELGRADE
slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs



Повлашћени смо што смо познавали и сарађивали више деценија са доајеном српског рударства, једним од утемељитеља Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и српске школе о припреми минералних сировина. Дугујемо му неизмерну захвалност за дело којим је српско рударство, науку, инжењерство и школу градио на највишем нивоу више од седам деценија.

We are honoured to have known and cooperated with over the decades with the doyen of Serbian mining science, one of the founders of the Mining and Geology Faculty of the University of Belgrade and the Serbian school of mineral processing. We stand in his debt with ultimate gratitude for his work embedded in development of Serbian mining, science, engineering and education at the highest level for more than seven decades.

Београд, 29. мај 2013.
Belgrade, May 29, 2013

Др Драгиша Драшкић, професор Универзитета у Београду, један је од утемељитеља Рударско-геолошког факултета и оснивача српске школе о припреми минералних сировина (Ужице, 14. јануар 1926 – Београд, 21. јули 2021). Његово научно, инжењерско и образовно дело уграђено је у успон, развој и остварено у српском рударству друге половине XX века.

У родном граду завршио је основну и средњу школу. На Рударски одсек Техничког факултета у Београду уписао се школске 1946/47. године. Дипломирао је 1951. године и запослио се на Катедри за припрему минералних сировина матичног факултета. Као инжењер сарадник радио је до 1954. године, када је изабран за асистента за предмет Припрема минералних сировина. У периоду март–јуни 1957. године боравио је у Бохуму код др Ф. В. Мајера на усавршавању у изучавању феномена оштрине раслојавања. Докторску дисертацију „Прилог проучавању утицаја састава минералне сировине на подеони број и ток криве подеоних бројева у процесу гравитацијске концентрације у машини таложници” под менторством проф. др Ђуре Лешића одбранио је октобра 1960. године. Истраживањима у оквиру докторске дисертације дао је значајан теоријски и практични допринос интерпретацији и коришћењу показатеља оштрине раслојавања гравитацијском концентрацијом корисних и некорисних компонената минералних сировина. Овим истраживањима дошао је до сазнања да се параметри оштрине раслојавања на бази разлика физичких особина у физичким пољима, осим код чишћења угља, могу користити и код гравитацијске концентрације других минералних сировина. За доцента на предмету Индустијски процеси припреме минералних сировина изабран је по одбрањеној докторској дисертацији 1960.

Захваљујући професору Лешићу, свом великом учитељу и оснивачу Катедре за припрему минералних сировина, марљивошћу и великом посвећеношћу школи и науци, брзо је унапређивао и ширио организациона, истраживачка и педагошка знања. Предмет Припрема минералних сировина III, тј. Пројектовање постројења у припреми

Dragiša Draškić, PhD, Professor of the University of Belgrade, is one of the founders of the Mining and Geology Faculty and creator of the Serbian school of mineral processing (Užice, 14th January 1926 – Belgrade, 21st July 2021). His scientific, engineering and educational legacy was inbuilt in the evolution, development and was realized through Serbian mining of the second half of the XX century.

He graduated from primary and secondary school in his hometown. Was enrolled with the Department of Mining of the Technical Faculty of Belgrade in school year of 1946/47. He graduated in 1951 and was employed at the Department of mineral processing of the original faculty. He worked as associate engineer until 1954, when he was elected as Assistant Professor on the subject of „Mineral processing“. In the period March–June of 1957 he was visiting with F.V.Meyer at the Bochum University for specializing and research studies of the exfoliation sharpness phenomenon. He defended his doctoral dissertation „Contribution to the study of impact of the composition of mineral resources on the dividing number and flow of the dividing number curve in the process of gravity concentration in the settling machine“ under mentorship of PhD Professor Đura Lešić in October of 1960. His research in the doctoral dissertation provided a significant theoretical and practical contribution to interpretation and use of exfoliation sharpness indices by gravity concentration of useful and useless mineral resource components. This research brought him to the findings that parametres of exfoliating sharpness based on difference in physical characteristics in physical fields, except for coal purification, can be used in gravity concentration of other mineral resources. He was elected as Assistant Professor on the subject of „Industrial processes of mineral processing“, upon defending the doctoral dissertation in 1960.

Thanks to his great teacher, Professor Lešić, founder of the Department of mineral processing, he quickly upgraded and spread organization, research and pedagogical knowledge with his diligence and great dedication to the school and the science. On Professor Lešić retirement, Draškić takes over the subject of „Preparation of mineral resources III“,



У паузи VI колоквијума о припреми минералних сировина, Рударско-геолошки факултет Београд 2001. / During the break of the VI colloquium on the mineral processing, Faculty of Mining and Geology, Belgrade 2001.

Стоје, слева на десно / Standing, from left to right: Prof. Dr. Stevan Puštrić, Prof. Dr. Stevan Marković, Prof. Dr. Nadežda Čalić, Prof. Dr. Dušan Salatić, Prof. Dr. Slobodanka Krstović, Dr. Issa Ovais, Jordan

минералних сировина Драшкић преузима 1966. године, одласком професора Лешића у пензију. За ванредног професора изабран је 1967. године, а за редовног 1974. године.

Са професорима Ђуром Лешићем и Стеваном Марковићем учествовао је у оснивању Катедре и Смера за припрему минералних сировина на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду и оснивању српске школе о припреми минералних сировина.

Био је наставник бројним генерацијама студената рударства, геологије и металургије током вишедеценијског рада на Универзитету. Руководио је израдом дипломских радова, магистарских теза и докторских дисертација. У раду са студентима ширио је васпитне и наставне оквире, одржавао контакте, пратио рад у лабораторији, руководио стручним путовањима и екскурзијама, координирао летњу практичну наставу, иницирао и подстицао друштвени живот младих колега. Ради стицања стручне сигурности, специфичних искустава и нових знања, младе је

i.e. „Plant design in preparation of mineral resources“ in 1966. He was elected Associate Professor in 1967, and full-time Professor in 1974.

Together with Professors Đura Lešić and Stevan Marković, he participated in founding of the Department and Course of mineral processing at the Faculty of Mining and Geology of the University of Belgrade, and founding of Serbian school of mineral processing.

He was a teacher to numerous generations of students of mining, geology and metallurgy, in the course of several decades of work at the University. He supervised creation of graduation papers, master theses and doctoral dissertations. Working with students, he expanded educational and teaching boundaries, maintained contacts, monitored laboratory work, supervised professional trips and excursions, coordinated summer practise, initiated and encouraged social life of young colleagues. In order to help acquire professional confidence, specific experiences and know knowledge, he regularly

редовно укључивао у тимски рад на реализацији истраживачких, развојних, иновационих и индустријских пројеката.

Дуго година руководио је последипломским студијама и држао наставу на овом нивоу студија из предмета Гравитацијска концентрација. Руководио је 15 година Катедром за припрему минералних сировина и допринео унапређењу њеног рада, осавременавању наставног процеса, опремању итд. Поред редовних обавеза на Катедри и у настави, обављао је дужност руководиоца и заменика руководиоца Рударског одсека, те био председник Савета факултета и у два мандата продекан.

involved them in teamwork on realizing of research, development, innovation and industrial projects.

For a number of years he presided over postgraduate studies and gave lectures at this level of studies in „Gravity concentration“. He was head of Department of mineral processing for 15 years and contributed to advancement of its operation, modernizing of the teaching process, equipping, etc. Beside regular Department and teaching duties, he acted as Head and Deputy Head of the Department of Mining, as well as Chairman of the Faculty Council and twice as Vice Dean.



С Драганом Дражовићем директором Рударског института, Београд 29. 5. 2013.
With Dragan Dražović Director of the Mining Institute, Belgrade, May 29, 2013.

Осим на матичном факултету, неколико година држао је наставу на Рударско-геолошком факултету у Штипу из предмета Пројектовање постројења у припреми минералних сировина. За факултет у Штипу његово ангажовање превазилазило је наставни значај због помоћи коју је пружио у формирању Катедре за припрему минералних сировина.

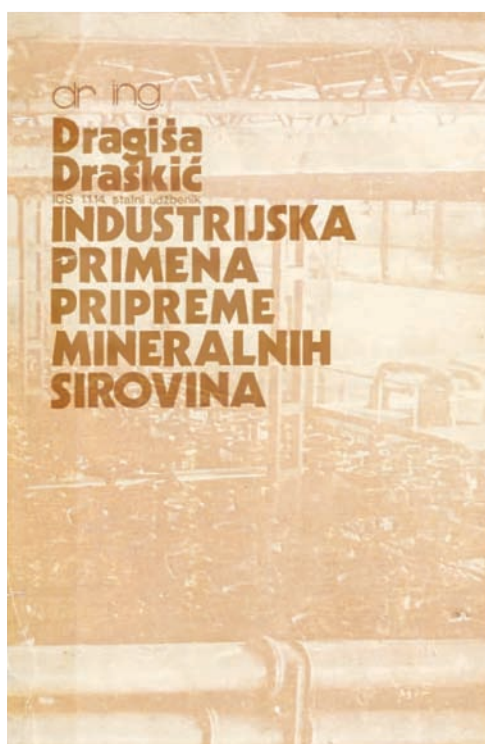
Јединствено искуство из гравитацијске концентрације Драшкић је успешно примењивао у решавању индустријских проблема, о чему сведоче његови радови на ову тему. Карактеристично за њега, истраживачке актив-

Except for his original faculty, for several years he taught at the Faculty of Mining and Geology in Štip, on the subject of „Plant design in preparation of mineral resources“. His engagement at the Faculty of Štip exceeded the teaching effects, due to the assistance he provided in founding of the Department of mineral processing.

Draškić applied his unique experience in gravity concentration in resolving industrial problems, which is documented in his works on this topic. Characteristic of him, he always channelled his research activities towards in-

ности увек је каналисао ка индустријским применама, односно применама у постројењима за припрему минералних сировина. Успешно је предводио пројектантске тимове у изради бројних студија и пројеката за индустрију, а за његово име везују се значајна постројења за припрему олово-цинкових руда: Лепосавић, Крива Феја – Благодат, Први тунел Трепча, Ново брдо, Леце, Тораница у Македонији, за реконструкције флотацијских постројења у Бору, Руднику Рудник, Сасе у Македонији итд., као и неколико постројења за неметаличне минералне сировине и чишћење угља.

dustrial applications, that is, to application in plants for mineral processing. He successfully lead project teams in creation of numerous studies and projects for the industry, his name is associated to significant plants for preparation of lead-zinc ores: Leposavić, Kriva Feja – Blagodat, Trepča First Tunnel, Novo Brdo, Lece, Toranica in Macedonia, to reconstruction of flotation plants in Bor, The Rudnik mine, Sase in Macedonia, etc, as well as several plants of nonmetallic mineral resources and coal purification.



Насловна страна књиге *Индустријска примена припреме минералних сировина*
Cover of the book *Industrial Application of Mineral Processing*

Истиче се и његово ангажовање и доприноси у формирању Завода за припрему минералних сировина Рударског института Београд. Један је од неколицине професора визионарских погледа и схватања о далекосежности значаја научног, образовног и функционалног спајања у јединствену институцију Рударско-геолошког факултета и Рударског института у Београду.

Драшкић је аутор око сто научних и стручних радова, саопштених и публикованих у зборницима домаћих и међународних научних скупова и у водећим научним часописима.

His engagement and contribution is also prominent in forming of the Institute of mineral processing of Belgrade Mining Institute. He is one of the few professors visionary in views and understanding of advanced importance of the scientific, educational and functional joining of the Faculty of Mining and Geology and Belgrade Mining Institute into a unified institution.

Draškić is the author of a hundred scientific and professional papers, announced and published in the paper corpus of local and international scientific conferences and in leading scientific publications.

Велико, јединствено научно и стручно искуство из припреме минералних сировина пренео је у књиге, намењене не само студентима редовних, последипломских и докторских студија, већ и истраживачима и инжењерима у индустрији:

ИНДУСТРИЈСКА ПРИМЕНА ПРИПРЕМЕ
МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА I,
Издавачко-информативни центар студената
Београд, 1975.

ИНДУСТРИЈСКА ПРИМЕНА ПРИПРЕМЕ
МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА II,
Рударско-геолошки факултет Универзитета
у Београду, 1986.

ПРИПРЕМА НЕМЕТАЛИЧНИХ
МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА,
(са Ј. Павлицом), Рударско-геолошки
факултет Универзитета у Београду, 1997.

Запажене доприносе рударству, рударској науци, инжењерству и образовању дао је ширим ангажовањем. Допринео је раду Савеза инжењера и техничара рударско-геолошке и металуршке струке Југославије, низ година био је секретар и потпредседник Савеза. Иницирао је и учествовао у форми-

He conveyed the substantial, unique scientific and professional experience in application of mineral resources to books, intended not only for students of basic, postgraduate and doctoral studies, but also for researchers and engineers in industry.

INDUSTRIAL APPLICATION
OF MINERAL PROCESSING I,
Student publishing and information
centre of Belgrade, 1975.

INDUSTRIAL APPLICATION
OF MINERAL PROCESSING II,
Faculty of Mining and geology
of the University of Belgrade, 1986.

PREPARATION OF NONMETALLIC
MINERAL RESOURCES,
(with J. Pavlica), Faculty of Mining and
geology of the University of Belgrade, 1997.

He contributed visibly to the mining, the mining science, engineering and education by his broad engagement. He assisted in work of the Association of Engineers and Technicians of the mining-geological and metallurgy of Yugoslavia, for a series of years he was Secretary and Vice-Chariman of the Association. He initi-



*На свечаности уручења Повеље „Академик Љубомир Клерић”, Клуб посланика
Београд 29. мај 2013. / At the ceremony of awarding the Charter "Academician
Ljubomir Klerić", Club of Deputies Belgrade, May 29, 2013.*

С лева на десно / From left to right: Prof. Dr. Branko Kovačević, Prof. Dr. Slobodan Vujić, Prof. Dr. Nadežda Čalić.



*У паузи међународног симпозијума Рударство и геологија данас, Београд, 2017.
During the break of the International Symposium Mining and Geology Today, Belgrade, 2017.*

С колегама / With colleagues: Pavle Spasojević and Radomir Mitić

рању Југословенског комитета за припрему минералних сировина 1971. године и био његов први председник. То су године изузетно плодног рада Комитета, обележене значајним активностима, бројним научним и стручним скуповима, међународном научном сарадњом итд. Као члан Међународног комитета за припрему минералних сировина, представљао је Југославију у овом телу.

Као један од утемељитеља Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и један од оснивача српске школе о припреми минералних сировина, професор Драшкић припада привилегованој пионирској групи српских рударских стручњака. Градили су нашу научну и стручну мисао од темеља и подигли је на највиши ниво током друге половине XX века. Рударству, посебно припреми минералних сировина, Драшкић је био потпуно посвећен. Први сусрет са новим генерацијама студената започињао је речима: „Своју струку треба волети, живети за њу и бити поштен према њој”.

Стваралачки жар задржао је до краја живота. Иако у позним годинама, али крепког сећања, великог искуства, знања и неупитне жеље да помогне, учествовао је као ре-

ated and participated in forming of Yugoslav Committee for mineral processing in 1971, and was its first Chairman. Those were the years of extremely fruitful years for the Committee, marked by important activities, numerous scientific and professional gatherings, international scientific cooperation, etc. As a member to the International Committee of mineral processing, he represented Yugoslavia in this organization.

As one of the founders of the Faculty of Mining and Geology of the University of Belgrade and one of the initiators of Serbian school of mineral processing, Professor Draškić belongs to a privileged pioneer group of Serbian mining experts. They built on our scientific and expert thinking from its foundations, and elevated it to the ultimate level during the second half of XX century. Draškić was fully dedicated to mining, particularly the preparation of mineral resources. He used to begin his encounters with new generations of students with the words: „You should love your profession, live for it and treat it fairly”.

Having kept his creative zeal until the end of life, although at his old age, still strong in memory, rich in experience, knowledge and undeniable

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ УЧЕТА

Сумарна - прегледна табела флотациских кин

ТМБ

1. АЗНА ПОСРЕДНИ	ЛОКАЦИЈА/МЕСТО	КАПАЦИТЕТ	ПОСРЕДНИ РУДБ ИЗ КОМПАНИЈА	ПОСРЕДНИ ПОСРЕДНИ АПС/КОМПАНИЈА	ФИНАНСИЈА
1	2	3	4	5	6
2. ФЛОТАЦИЈА	ТУНЕЛ СТАРИ ТРГ	1.000.000/t	РУДБ. СТАРИ ТРГ	СЕД. ФЛОТАЦИЈА РБ/ЗА/С/РЕС	К/Б К/З К/РЕС/К/ЕС
3. ФЛОТАЦИЈА	ЛЕПОСВИЉ	300.000/t	РУДБ. Л. БОЧАН Л. БЕЛО БРДО Л. КОПОВИЋ Л. ЗЕЛЕНА ПОЛИЈА	СЕД. ФЛОТАЦИЈА РБ/ЗА/С/РЕС	К/Б К/З
4. ФЛОТАЦИЈА	БАЗОВАН (КЛИМЕНТ)	1500/t [2]	ЛЕПОСВИЉ РУДБ. КЛИМЕНТ БАЗОВАН	---	К/Б К/З

РЕГРЕСИЈА УКУПНЕ ПРОИЗВОДНЕ (СВИ ДИЈАГРАМА)

- РАС - t/пог + осећај
 - ОЛОВА - - - - -
 - ЗИНА - - - - - КОМЕР. МЕТАЛИ
 - Δg - - - - -
 - Δn - - - - -
 - Δk - - - - -

У текстову (отиску) флота. редом ОБАВЕДНО ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ФАКТ. ОУНАКО + У/М/НАЧИН УПОТРЕБЕ ВОДЈАК. НАЗИМ РЕГУЛИСАНО ИЛИ ФА. ТУНЕЛ/С.

Белешка проф. Драшкића у вези монографије Минерално-сировински комплекс Косова и Метохије, Београд, крај јуна 2021. / Note by Prof. Draškić in connection with the monograph Mineral and Raw Material Complex of Kosovo and Metohija, Belgrade, end of June 2021.

цензент у рађању монографије Минерално-сировински комплекс Косова и Метохије. Нажалост, није дочекао да угледа излазак књиге из штампарije.

Предлаган је за члана Српске академије наука и уметности. Некоректност Српске академије наука према рударској науци испољена је и према професору Драшкићу. У око 135 година од оснивања Српске краљевске академије, професор је један од десетак наших високо угледних рударских стручњака који није удостојен чланства.

За доприносе науци, инжењерству и образовању носилац је признања Савеза инжењера и техничара Југославије, Рударског института Београд, Рударско-геолошког факултета Београд и других институција и рудника. Био је почасни члан Академије инжењерских наука Србије (2004) и први лауреат Повеље „Академик Љубомир Клерић“ за животно дело у науци (2013) Одељења рударских, геолошких и системских наука Академије инжењерских наука Србије.

desire to help, he acted as reviewer in creation of the monograph „Mineral resource complex of Kosovo and Metohija“. Unfortunately, he did not live to see the book being released from print.

He had been nominated to become a member of the Serbian Academy of Science and Arts. Unfair treatment by the Serbian Academy of Science of the science of mining was manifested by ignorance of Professor Draškić, as well. In about 135 years since the Serbian Royal Academy was established, the Professor is one of the ten of our highly reputed mining experts that were not granted membership.

For his contribution to science, engineering and education, he was awarded recognition by the Association of Engineers and Technicians of Yugoslavia, Belgrade Mining Institute, Mining and Geology Faculty of Belgrade, and other institutions and mines. He was an honorary member of the Academy of Engineering Sciences of Serbia (2004) and first laureate of the „Academic Ljubomir Klerić“ Charter of life's work in science (2013) and the Department of Mining, Geology and Systemic Sciences of the Academy of Engineering Sciences of Serbia.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вујић С., Грубић А., Јеленковић Р. и др.: Српско рударство и геологија у другој половини XX века. АИНС, Матица српска и Рударски институт Београд, Београд, 2014, 564 стр.
2. Смиљанић М. (ур): Академија инжењерских наука Србије 1998 –2018. АИНС, Београд, 2018, 311 стр.
3. Вујић С.: Шест деценија Рударског института Београд. Рударски институт Београд, 2020, 400 стр.
4. Вујић С., Јеленковић Р., Рабреновић Д., Радосављевић М., Ћалић Н., Николић Б., Симић С., Максимовић С., Мојић С., Коматина М., Миладиновић Б.: Минерално-сировински комплекс Косова и Метохије. Рударски институт Београда и Геолошки завод Србије, Београд, 2021, 332 стр.

LITERATURE

1. Vujić S., Grubić A., Jelenković R. et al.: Serbian mining and geology in the second half of the XX century. AESS, Matica srpska and Mining Institute Belgrade, Belgrade, 2014, 564 p.
2. Smiljanić M. (ed.): Academy of Engineering Sciences of Serbia 1998-2018. AESS, Belgrade, 2018, 311 p.
3. Vujić S.: Six decades of the Mining Institute Belgrade. Mining Institute Belgrade, 2020, 400 p.
4. Vujić S., Jelenković R., Rabrenović D., Radosavljević M., Čalić N., Nikolić B., Simić S., Maksimović S., Mojić S., Komatina M., Miladinović B.: Mineral and Raw Material Complex of Kosovo and Metohija. Mining Institute Belgrade & Geological Survey of Serbia, Belgrade, 2021, 332 p.

КЊИГЕ / BOOKS

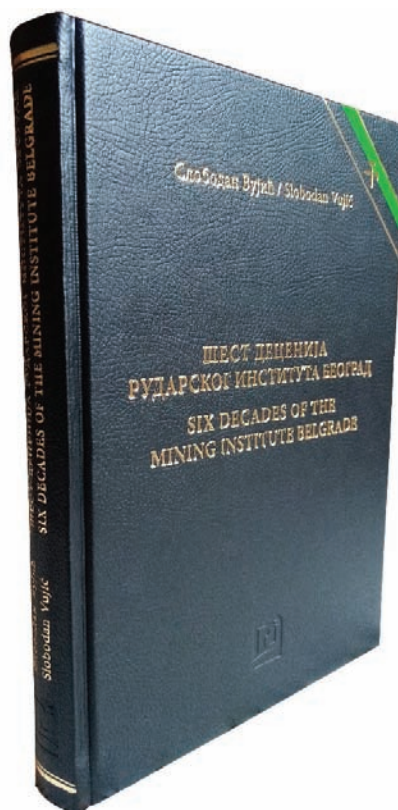
ШЕСТ ДЕЦЕНИЈА РУДАРСКОГ ИНСТИТУТА БЕОГРАД SIX DECADES OF THE MINING INSTITUTE BELGRADE

Слободан Вујић / Slobodan Vujić

РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД / MINING INSTITUTE BELGRADE

ISBN 978-86-82673-17-0, DOI 10.25075/MO.2020.01, 2020, (400)

Шездесети рођендан Рударског института инспирисао је аутора да истражи прошлост која обавезује и чињенице о достигнућима и доприносима Института српском рударству, рударској науци и инжењерству. Резултат је пред нама, а намера неупитна – да се сачува од заборавља шест деценија у много чему јединственог стваралаштва. Приказом вишедеценијског научног и стручног рада и достигнућа генерација рударских и стручњака других области аутор корелише резултате Рударског института са развојем савременог српског рударства, науке и инжењерства. Монографија није конвенционална научна публикација, већ специфично, садржајно особено научно дело, код нас занемарене историографије рударства.



The 60th birthday of the Mining Institute has inspired the author to explore compelling facts regarding the achievements and contributions of the Institute to Serbian mining, mining science and engineering in the past. The result is presented before us, and the intention is unquestionable - to rescue from oblivion six decades of unique creativity. By presenting decades of scientific and professional work and achievements of generations of mining and experts in other fields, the author correlates the results of the Mining Institute with the development of modern Serbian mining, science and engineering. The monograph is not a conventional scientific publication, but rather a specific, comprehensive singular scientific work, a historiography of mining which has been neglected in our country.

Бројни научни, технички и технолошки детаљи, библиографија са близу 7.300 јединица, фото-документација и други фактографски прилози сведоче о остварењима Института од оснивања до данас. Монографија указује на то да су, у суочавању са савременим изазовима и проблемима, важни посвећеност струци, стално преиспитивање, стручно уздизање, веровање у сопствене потенцијале, а да улога Рударског института, као носиоца креативне подршке развоју рударске индустрије, науке и инжењерства, остаје постојана и оправдава смисао његовог постојања. Монографија нам је подсетник да не заборавимо, а будућим генерацијама биће инспирација и путоказ за нова достигнућа.

Настајање ове књиге захтевало је много умећа, ерудиције, стручног и научног ауторитета, огромну посвећеност, енергију, познавање људи и догађаја, те истрајност. Тешко је било доћи до многих података, чињеница, издвојити и спојити важније секвенце, реконструисати активности и догађања из шест деценија Института.

У великом и богатом научном и инжењерском опусу аутора академика Вујића није лако препознати место ове монографије, али за српско рударство и Институт њен значај је несумњив. Иако је трајање дуже од пола столећа, монографија је ипак дошла у право време да сачува од заборава чињенице о институцији која је обележила српско и југословенско рударство новијег доба. На томе велику захвалност дугујемо аутору.

Numerous scientific, technical and technological details, a bibliography with nearly 7,300 items, photo-documentation and other factual contributions testify to the achievements of the Institute from its founding until this day. The monograph indicates that, in the face of modern challenges and problems, a commitment to the profession, constant reviewing, professional development, belief in one's own potentials are important, and that the role of the Mining Institute, as the provider of creative support for the mining industry, science and engineering, remains constant and justifies the meaning of its existence. The monograph is a reminder for us not to forget, and it will be an inspiration and a signpost for new achievements for future generations.

The creation of this book required a lot of skills, erudition, professional and scientific authority, great dedication, energy, knowledge of people and events, and perseverance. It was difficult to obtain much of the data, facts, to single out and connect more important sequences, to reconstruct the activities and events from six decades of the Institute.

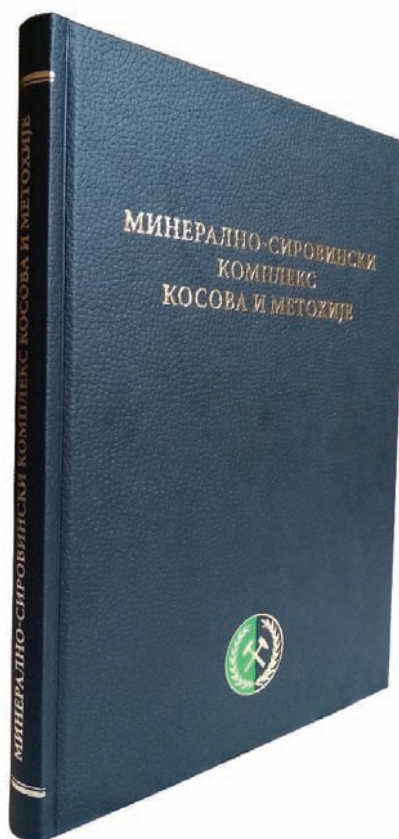
It is not easy to recognize the place of this monograph in the large and rich scientific and engineering opus of the author, the academic Vujić, but for Serbian mining and the Institute, its significance is undeniable. Although the period of duration is more than half a century, the monograph came at the right time to preserve from oblivion the facts about the institution that marked Serbian and Yugoslav mining in recent times. For this reason, we owe a great deal of gratitude to the author.

МИНЕРАЛНО-СИРОВИНСКИ КОМПЛЕКС
КОСОВА И МЕТОХИЈЕ
MINERAL-RAW MATERIAL COMPLEX OF
KOSOVO AND METOHİJA

С. Вујић, Р. Јеленковић, Д. Рабреновић, М. Радосављевић, Н. Ћалић, Б. Николић,
С. Симић, С. Максимовић, С. Мојић, М. Коматина, Б. Миладиновић
S. Vujić, R. Jelenković, D. Rabrenović, M. Radosavljević, N. Čalić, B. Nikolić, S. Simić,
S. Maksimović, S. Mojić, M. Komatina, B. Miladinović

РУДАРСКИ ИНСТИТУТ БЕОГРАД И ГЕОЛОШКИ ЗАВОД СРБИЈЕ
MINING INSTITUTE BELGRADE & GEOLOGICAL SURVEY OF SERBIA
ISBN 978-86-82673-18-7(PI), DOI 10.25075/MO.2021.01, 2021, (332)

Појавни облици новијег времена да историја почиње где, када и како коме одговара, насилно измишљање истине и фалсификовање прошлости, мотивисало је 11 аутора и четири рецензента да у наслеђе оставе аргументовано сведочење о времену и достигнућима српске рударске и геолошке привреде, науке и инжењерства, што се не може порицати ни заборавити. Монографијом пред нама, насталом двогодишњим интензивним радом компетентних познавалаца историјског и савременог контекста минерално-сировинског комплекса Србије, испуњена је научна, стручна и морална обавеза према истини о минерално-сировинском комплексу Србије на Косову и Метохији.



One of the manifestations of recent times that history begins wherever, whenever and however it suits a person, the forced fabrication of truths and falsification of the past has motivated 11 authors and four reviewers to leave a legacy of argumentative testimony regarding the period and achievements of Serbian mining and geological economy, science and engineering which cannot be denied or forgotten. The monograph before us, created in two years of intensive work by competent experts on the historical and modern context of the mineral raw material complex of Serbia, fulfills a scientific, professional and moral obligation to the truth regarding the mineral raw material complex of Serbia in Kosovo and Metohija.

Идентитет српског рударства уткан је у спону два најпросперитетнија периода: средњовековне Србије и Србије друге половине прошлог века. Вертикала са коренима

The identity of Serbian mining is woven into the link between the two most prosperous periods: medieval Serbia and Serbia in the second half of the last century. The vertical dimension

старим близу једног миленијума потврђује конзистентност трајања, историчност правила „јака држава – јако рударство, односно јако рударство – јака држава” и историјско право на Косово и Метохију. Приказ минерално-сировинског комплекса Србије на Косову и Метохији новог времена не би био самосвојан без историјске вертикале. Зато је на самом почетку у уводном делу монографије сажето приказана историја српског рударства од средњег века до нашег времена.

Комплексна материја о минерално-сировинском комплексу Косова и Метохије документовано стручно је обрађена, богато графички илустрована и за шири круг читалаца прегледно систематизована у осам тематских одељака: Историјска вертикала српског рударства; Геолошка грађа подручја Косова и Метохије; Геологија и истраживања лежишта, експлоатација и прерада руда обојених метала; Геологија и истраживања угљених басена Косово, Метохија и Дреница, експлоатација, чишћење и гасификација угља; Геологија лежишта и експлоатација неметаличних минералних сировина; Хидрогеолошки потенцијали, термалне и термоминералне воде; Обнова, развој и урушавање рударства на Косову и Метохији; Реализације са библиографском листом на којој је 1.430 пројеката Рударског института Београд и 37 пројеката Геозавода и Геоинститута из Београда. На крају књиге приложене су кратке радне биографије аутора и рецензената, као и индекс кључних речи.

Рад на припреми и писању монографије захтевао је потпуну упућеност и високо стручно познавање минерално-сировинског комплекса. Недостатак сређене документације и писаних извора сличне елаборације стварао је тешкоће у припреми и писању монографије. На срећу, све препреке су успешно савладане, а резултат пред нама – јединствено научно дело, трајне фактографске и историјске вредности.

with roots nearly a millennium years old confirms the consistency of duration, the historicity of the rule “strong state - strong mining, or strong mining - strong state” and the historical right to Kosovo and Metohija. This presentation of the mineral raw material complex of Serbia in Kosovo and Metohija in recent times would not be self-sufficient without the historical vertical. Therefore, at the very beginning, the introductory part of the monograph summarizes the history of Serbian mining from the Middle Ages to the present.

The complex expert matter regarding the mineral raw material complex of Kosovo and Metohija is documented and processed by professionals, richly graphically illustrated and clearly systematized for a wider circle of readers in eight thematic sections: The historical vertical of Serbian mining; The geological structure of the area of Kosovo and Metohija; The geology and exploration of deposits, exploitation and processing of non-ferrous metal ores; The geology and research of coal basins in Kosovo, Metohija and Drenica, exploitation, cleaning and gasification of coal; The geological deposition and exploitation of non-metallic mineral raw materials; Hydrogeological potentials, thermal and thermo-mineral waters; The reconstruction, development and collapse of mining in Kosovo and Metohija; Project realizations with a bibliographic list of 1,430 projects of the Mining Institute Belgrade and 37 projects of the Geozavod and Geoinstitute from Belgrade. At the end of the book, short biographies of authors and reviewers are added, as well as an index of key words.

The work on the preparation and writing of the monograph required complete understanding and highly professional knowledge of the mineral raw material complex. The lack of organized documentation and written sources of similar elaboration created difficulties in the preparation and writing of the monograph. Fortunately, all obstacles have been successfully overcome, and the presented result - a unique scientific work, with long-lasting factual and historical values.

ЗАПАЖАЊЕ CRITICAL REVIEW

Бранко Инић
Branko Inić

Монографија Српско рударство и геологија у другој половини XX века, у издању Академије инжењерских наука Србије, Матице српске и Рударског института Београд, Београд, 2014, 634 стр., таквог је садржаја, поруке, обима и значаја за српско рударство, геологију и историју, да заслужује широку пажњу.

Мене је заинтересовала старосна структура 75 аутора монографије. Да ли је ово питање вредно пажње? Мислим да јесте зато што открива степен генерацијске (не)спремности да се прихвати и изнесе сложен задатак као што је писање оваквог монографског дела, изузетне научне и стручне захтевности и истраживачке истрајности (прикупљање и обрада фактографије, истраживања, анализа и писање трајали су дуже од пет година). Очекивано је да је спремност за реализацију оваквих задатака на страни виталности и веће стваралачке енергије, односно на страни млађих аутора.

Посматрајући старосну структуру аутора, условно подељену у три групе (прва – рођени између 1926. и 1946; друга – рођени између 1947. и 1956; трећа – рођени после 1957), дошао сам до неочекиваног сазнања: у првој групи је 42,7% аутора, у другој 29%, а у трећој 28,3%.

У складу са овом неочекиваношћу је и просечна старост 15 рецензата од 78,4 године: 66,7% било је у деветој деценији, а 33,3% у седмој деценији живота.

Произилази да су стваралачки терет настајања монографије поднели аутори поодмаклих година и с тим у вези поставља се питање: шта је разлог тако мале (готово симболичке) бројчаности млађих аутора?

Serbian Mining and Geology in the Second Half of the 20th Century monograph, published by the Academy of Engineering Sciences of Serbia, Matica Srpska and the Mining Institute Belgrade, Belgrade, 2014, in 634 pages, has such content, message, scope, and significance for Serbian mining, geology, and history that it deserves wide attention.

I was attracted by the age structure of 75 Monograph authors. Is this question worth considering? I believe it is, because it reveals the level of generational (un)willingness to take up and deliver a complex task of writing such a monograph of extraordinary scientific and professional complexity that requires research perseverance (collection and processing of facts, research, analysis, and writing took more than five years). It's only to be expected that vitality and greater creative energy, that is, younger authors, would be up to the task.

Observing the author age structure, conditionally divided into three groups: first, born between 1926 and 1946; second, born between 1947 and 1956; third, born after 1957, I came to an unexpected knowledge: 42.7% of authors are in the first group, 29% in the second, and 28.3% in the third.

In line with this surprise is the average age of 15 reviewers: 78.4 years - 66.7% were in their ninth decade, and 33.3% in the seventh decade of life.

It turns out that the creative burden of writing the Monograph was borne by the authors at an advanced age. In this regard, the question arises: What is the reason for such a low (almost symbolic) number of younger authors?

У избегавању претпоставки и уопштености разјашњења ове загонетке помогли су разговори са више врхунских познавалаца рударства и геологије, учесника у писању ове монографије. Неподељено мишљење свих је да су разлози стручна неспремност, неупућеност и незаинтересованост. Ове три непријатне речи објашњавају постављено питање, али су дијагностички важније за критичко сагледавање савременог стручног образовања и мотивисаности тако продуктованих кадрова.

Conversations with several top mining and geology experts, participants in writing this Monograph, helped avoid making assumptions and generalizing the explanation of this riddle. Everyone's undivided opinion is that the reasons for this are professional unpreparedness, ignorance, and lack of interest. These three unpleasant phrases explain the question posed but are diagnostically more significant for a critical review of modern vocational education and the motivation of thus produced staff.

У СЕЋАЊУ IN MEMORIAM



Борислав Спасојевић (Прњавор, 25. фебруа 1913 – Београд, 14. септембар 1989), дипл. инж. рударства, универзитетски професор, истакнути српски рударски стручњак. Школовао се у родном граду, а студије рударства завршио 1939. на Рударском одсеку Техничког факултета у Љубљани. Изузетно образован, говорио је руски, енглески, немачки, чешки и словеначки језик.

До II светског рата и током рата радио је у рудницама источне Србије. После рата у Министарству рударства ФНРЈ поверен му је сектор обнове и покретања производње рудника неметаличних минералних сировина. За помоћника министра рударства Србије именован је 1946. Од 1949. до 1951. био је на дужности главног инжењера Генералне дирекције за угаљ Србије. Године 1951. постављен је за генералног директора Колубаре. После једанаест година успешног рада, из Колубаре прелази на место вишег саветника у Секретаријат за индустрију СР Србије и истовремено је на функцији председника Савета за рударство и металургију у Привредној комори Србије. Од 1966. до 1969. радио је као саветник у

Borislav Spasojević (Prnjavor, February 25, 1913 – Belgrade, September 14, 1989) his hometown and graduated in mining in 1939 from the Mining Department of the Technical Faculty in Ljubljana. He was highly educated and spoke Russian, English, German, Czech, and Slovenian.

Before and during World War II, Borislav had worked in the mines of eastern Serbia. After the war, the Ministry of Mining of the Socialist Federal Republic of Yugoslavia entrusted him with the sector of non-metallic mineral raw material mines renewal and restarting. He was appointed Assistant Minister of Mining of Serbia in 1946. From 1949 to 1951, he was the Chief Engineer of the Serbian General Directorate of Coal. In 1951, he was appointed Director-General of Kolubara. After eleven years of successful work, he moved from Kolubara to the position of senior advisor in the Secretariat of Industry of Serbia and at the same time chaired the Council on Mining and Metallurgy in the Serbian Chamber of Commerce. From 1966 to 1969, he worked as an advisor in the Yugoslav Chamber of Commerce representative office in Berlin in East Germany.

представништву Привредне коморе Југославије у Источној Немачкој у Берлину.

На предлог Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду 1969. изабран је за универзитетског професора по позиву, те прелази да ради на Факултет. Држао је наставу на свим нивоима студија из предмета Технологија површинске експлоатације. По доласку на Факултет, са сарадницима доцентом др Вуком Радевићем и асистентима Радомиром Симићем и Слободаном Вујићем, оснива Смер (1971) и Катедру (1973) за површинску експлоатацију чврстих минералних сировина, у то време једини инжењерско-образовни профил тог специјалистичког усмерења на рударским факултетима у Југославији. Покреће са сарадницима последипломске студије научне области Површинска експлоатација лежишта чврстих минералних сировина. Резултати ових напора брзо су експонирани преко специјализација и у размени сарадника, довођењу угледних стручњака, успостављању научне сарадње са бројним институцијама из света, одбрани више магистарских теза, докторских дисертација, организацији и учешћу на научним скуповима у земљи и иностранству итд. Један је од оснивача и први председник Комитета за површинску експлоатацију Савеза инжењера и техничара Југославије.

Од оснивања Рударског института Београд (1960) до одласка у пензију (1978) био је саветник за површинску експлоатацију. Учествовао је у изради бројних студијских

At the proposal of the Faculty of Mining and Geology of the University of Belgrade, he was elected a university professor and started working at the Faculty in 1969. He held Open-Pit Mining Technology courses at all levels of studies. After coming to the Faculty, with assistant professor Dr. Vuk Radević and associate professors Radomir Simić and Slobodan Vujić, he co-founded the Course (1971) and the Department (1973) for open-pit solid mineral exploitation, at that time the only engineering and educational profile of that specialization at mining faculties in Yugoslavia. Borislav initiated postgraduate studies of open-pit solid mineral deposit exploitation with his associates. It was not long before the results of these efforts were seen in specializations and exchange of associates, bringing distinguished experts, scientific cooperations with numerous institutions worldwide, defending several master's theses, doctoral dissertations, organizing and participating in scientific conferences in the country and abroad, etc. He was one of the founders and the first chair of the Committee for open-pit mining of the Union of Engineers and Technicians of Yugoslavia.

Borislav was an open-pit mining advisor from the founding of the Belgrade Mining Institute (1960) to his retirement (1978). He participated in the preparation of numerous expert studies and assessments,

експертиза и оцена, у изради и стручној контроли бројних пројеката, пре свега површинске експлоатације угља.

Носилац је више одликовања и бројних признања за доприносе рударској науци, инжењерству и образовању. Заслужни и почасни је члан Савеза инжењера и техничара Југославије.

Приредили
Слободан Вујић
Томислав Шубарановић

in the preparation and expert control of numerous projects, primarily for open-pit coal mining. He held several decorations and numerous recognitions for his contributions to mining science, engineering, and education. He was an honorary member of the Union of Engineers and Technicians of Yugoslavia.

Prepared by
Slobodan Vujčić
Tomislav Šubaranović



Милан Цветковић (Штип, 20. октобар 1936 – Београд, 7. јануар 2021), дипл. инж. рударства, др техничких наука, истакнути стручњак за геомеханику и механику стена. Школовао се у Јагодини и Цељу. На Геолошки одсек Рударско-геолошког факултета у Београду уписао се 1956, а после друге године студија прешао је на Рударски одсек, где је дипломирао 1963.

Магистарску тезу Чврстоћа на притисак у зависности од геометријских облика и њихових односа на узорцима камене соли рудника Тушањ одбранио је 1972. на Рударском факултету у Тузли, а докторску дисертацију Ефекти лабораторијских испитивања кртих материјала у функцији димензија узорка 1977. на Рударско-металуршкој академији у Кракову, Пољска.

Ради стручног усавршавања и упознавања лабораторијских метода мерења боравио је у институтима и на факултетима: у Русији (Москва, 1963, 1990; Лењинград, 1972),

Milan Cvetković (Štip, October 20, 1936 – Belgrade, January 7, 2021), BSc in Mining, PhD in Technical Sciences, prominent geomechanics and rock mechanics expert. Milan was educated in Jagodina and Celje. He enrolled in the Geological Department of the Faculty of Mining and Geology in Belgrade in 1956. After the second year of studies, he switched to the Mining Department, where he graduated in 1963.

He defended his master's thesis *Compressive Strength Depending on Geometric Shapes and Their Relationships on Rock Salt Samples of the Tušanj Mine* in 1972 at the Faculty of Mining in Tuzla, and his doctoral dissertation *Effects of Laboratory Tests of Brittle Materials for Sample Sizing Purposes* in 1977 at the Academy of Mining and Metallurgy in Krakow, Poland.

Milan visited institutes and universities in Russia (Moscow, 1963, 1990; Leningrad, 1972), Czechoslovakia (Prague, 1968; Ostrava, 1972), Poland (Katowice, 1971, 1976; Krakow, 1971,

Чехословачкој (Праг, 1968; Острава, 1972), Пољској (Катовице, 1971, 1976; Краков, 1971, 1975/76, 1990), САД (Денвер, 1974) и Француској (Фонтенбло – Париз, 1976, 1979).

У Руднику Добрња – Крека радио је до 1966. када прелази на Рударски факултет у Тузли где је изабран за асистента на предмету Механика стена. Каријеру 1969. наставља на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду као асистент на предмету Механика стена. У то време држао је наставу на истоименом предмету на Рударско-металуршком факултету у Бору и истуреном одељењу Рударско-геолошког факултета из Београда у Косовској Митровици. На Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду прошао је сва изборна звања, а за редовног професора изабран је 1991. Пензионисан је 2002.

Најзначајније стручне и научне доприносе дао је у истраживањима физичко-механичких и техничких својстава стенских маса, у проучавању стабилности косина површинских копова и одлагалишта, стабилности подземних објеката итд.

Аутор или коаутор је 49 научних и стручних радова објављених и представљених у земљи и иностранству, три монографије, учествовао је у истраживањима шест научних пројеката и у изради 66 индустријских пројеката и студија. Значајно је допринео опремању и успостављању организације рада Лабораторије за механику стена и геоме-

1975/76, 1990), USA (Denver, 1974) and France (Fontainebleau - Paris, 1976, 1979) for professional training and to learn about laboratory measurement methods.

He had worked at the Dobrnja - Kreka Mine until 1966, when he was elected an assistant professor of Rock Mechanics at the Faculty of Mining in Tuzla. He continued his career at the Faculty of Mining and Geology of University of Belgrade, and was elected an assistant professor in Rock Mechanics in 1969. At that time, he taught the same course at the Faculty of Mining and Metallurgy in Bor and the satellite unit of the Belgrade Faculty of Mining and Geology in Kosovska Mitrovica. After having all electable titles at the Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, he was elected full professor in 1991. Milan retired in 2002.

He made the most significant professional and scientific contributions in researching physical-mechanical and technical properties of rock masses, in the study of the open-pit mine and landfill slope stability, underground structure stability, etc.

He was the author or co-author of 49 scientific and professional papers published and presented in the country and abroad, and three monographs. He participated in researching six scientific projects and preparing 66 industrial projects and studies. He has made a significant contribution to outfitting and organizing the Laboratory for Rock Mechanics and Geomechanics of the Mining Department of the Faculty of Mining

ханику Рударског одсека Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

Био је члан Међународног друштва за механику стена, Друштва инжењера и техничара рударске, геолошке и металуршке струке Југославије, Друштва за механику стена и подземне радове Србије, те председник Савезне комисије за израду стандарда из области Механика стена. За научне и стручне доприносе из механике стена добитник је више признања.

Приредио
Владимир Чебашек

and Geology, University of Belgrade.

Milan was a member of the International Society for Rock Mechanics, the Union of Engineers and Technicians of Mining, Geology and Metallurgy of Yugoslavia, the Society for Rock Mechanics and Underground Works of Serbia, and the Chair of the Federal Commission for Standards in Rock Mechanics. He won several awards for his scientific and professional contributions in the field of rock mechanics.

Prepared by
Vladimir Čebašek



Иван Ахел (Београд, 8. децембар 1932 – 25. децембар 2020), дипл. инж. рударства, др техничких наука. Школовао се у родном граду. Студије рударства завршио је 1959. на Рударско-геолошком факултету у Београду. Докторску дисертацију одбранио је на Рударско-геолошко-нафтном факултету у Загребу.

У Рударско-енергетско-индустријском комбинату Колубара радио је 1958–1962. у јами Јунковац на оперативним инжењерским пословима: као асистент управника, управник и шеф производње. Каријеру наставља у Рударском институту у Београду у Заводу за вентилацију и заштиту, као пројектант, водећи пројектант и управник Одељења за вентилацију и заштиту. Године 1980. прелази у Рудник уранијума Жировски врх у Словенији, где као технички директор ради до 1983. Из Словеније

Ivan Ahel (Belgrade, December 8, 1932 – December 25, 2020), BSc in Mining, PhD in Technical Sciences. He was educated in his hometown and graduated in mining in 1959 from the Faculty of Mining and Geology in Belgrade. He defended his doctoral dissertation at the Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering in Zagreb.

He worked on operational engineering at the Kolubara Mining, Energy, and Industrial Complex from 1958 to 1962 in the Junkovac pit: as assistant manager, manager, and head of production. He continued his career at the Belgrade Mining Institute in the Department of Ventilation and Protection as a designer, chief designer, and manager of the Department of Ventilation and Protection. Then, in 1980, he was hired in the Žirovski vrh uranium mine in Slovenia as a technical director until 1983. From Slovenia, he returned to

се враћа у Рударско-енергетско-индустријски комбинат Колубара, где је у Рачунарском центру у Лазаревцу радио до пензионисања.

Аутор и коаутор је већег броја стручних и научних радова саопштених и публикованих на домаћим и међународним научним скуповима и у часописима, претежно техно-економске тематике и из области вредновања рудника у транзиционом периоду. Учествовао је и руководио израдом бројних пројеката вентилације рудника.

Био је члан београдског круга, редакције листа *Република* и колумниста дневника *Данас* и *Политика*. Бавио се сликарством, био је велики љубитељ цвећа. Носилац је више признања за доприносе рударству.

Извор монографија
Рударски инжењери Србије
у 19. и 20. веку

the Kolubara Mining, Energy, and Industrial Complex to work at the Computer Center in Lazarevac until retirement.

Ivan is the author and co-author of many professional and scientific papers presented and published at domestic and international scientific conferences and in journals, mainly on technical-economic and transition period mine valuation subjects. In addition, he participated in and managed the development of numerous mine ventilation projects.

He was a member of the Belgrade Circle, the editorial board of *Republika* newspaper, and a columnist for *Danas* and *Politika* dailies. He practiced painting and was very fond of flowers. He was the holder of many recognitions for contributions to mining.

Source monograph *Mining Engineers of Serbia in the 19th and 20th centuries*



Живорад Лазаревић (Зajeчар, 19. новембар 1935 – Београд, 30. октобар 2021), дипл. инж. рударства, др техничких наука. Школовао се у родном граду. На Смеру за припрему минералних сировина Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду дипломирао 1962. Докторску дисертацију одбранио је на Рударско-геолошко-нафтном факултету Загребу.

У Заводу за припрему минералних сировина Рударског института у Београду, од дипломирања до одласка у пензију, радио је на пословима: референта, стручног сарадни-

Živorad Lazarević (Zajecar, November 19, 1935 - Belgrade, October 30, 2021), BSc in Mining Engineering, PhD in Technical Sciences. Živorat was schooled in his hometown. He graduated from the Department of Mineral Processing at the Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, in 1962. He defended his doctoral dissertation at the Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering in Zagreb.

He worked from graduation to retirement at the Institute for Mineral Processing of the Mining Institute Belgrade as a clerk, expert associate, senior expert

ка, вишег стручног сарадника и стручног саветника. Једно време био је начелник Тематке области за олово и цинк, директор научног развоја и заменик управника Завода за припрему минералних сировина. Обављао је и дужност директора за научни рад Рударског института и руководио реализацијом уговора о изградњи рудника злата у Бурми.

Аутор или коаутор је бројних стручних и научних радова. Носилац је више признања и награда за доприносе у области припреме минералних сировина.

Извор монографија
Рударски инжењери Србије
у 19. и 20. веку

associate, and expert advisor. He was also the head of the Lead and Zinc Unit, the scientific business development director, and the deputy manager of the Institute for Mineral Processing. He also held the office of scientific director of the Mining Institute and managed the implementation of the Burma gold mine construction contract.

Lazarević is the author and co-author of numerous professional and scientific papers. In addition, he holds several recognitions and awards for contributions in the field of mineral processing.

Source monograph *Mining Engineers of Serbia in the 19th and 20th centuries*



Адам Дангић (Љубовија, 22. октобар 1942 – Београд, 15. мај 2021), дипл. инж. геологије, др техничких наука, универзитетски професор. Средњу Геолошку техничку школу завршио је у Београду. На Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на Смеру економске геологије, дипломирао је 1962. Магистрирао је на матичном факултету 1975. на теми из геохемије хидротермалне алтерације стена, а докторирао на проблему из геохемије алтерације стена око руда и еволуцији хидротермалне активности.

Студијски је боравио у: Русији (Московски државни универзитет Ломоносов и Институт за експерименталну минералологију АН СССР), Немачкој (Универзитет у Гетингену), Француској (Центар за истраживања у петрологији и гео-

Adam Dangić (Ljubovija, October 22, 1942 – Belgrade, May 15, 2021), BSc in Geology, PhD in Technical Sciences, university professor. He finished the Geological and Technical High School in Belgrade and graduated from the Department of Economic Geology of Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, in 1962. He received his master's degree from the home faculty in 1975 on geochemistry of hydrothermal alteration in rocks and PhD on geochemistry of alteration in ore surrounding rocks and evolution of hydrothermal activity.

Adam studied in Russia (Lomonosov Moscow State University and the Institute of Experimental Mineralogy of the USSR Academy of Sciences), Germany (University of Göttingen), France (Research Centre of Petrology and Geochemistry,

хемији, Нанси) и Мађарској (Геохемијска истраживачка лабораторија, Будимпешта).

Радио је у Геолошком заводу у Сарајеву 1968–1970, те на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, до одласка у пензију 2008. Прошао је сва изборна звања од асистента до редовног професора. Био је гостујући професор Универзитета Висконсин (САД, 1990) итд.

На основним студијама држао је наставу из предмета Геохемија, Геохемија минералних лежишта и Методе у геохемији. Иницирао је увођење факултативног предмета Геологија и заштита животне средине. На Универзитету у Приштини, на Рударско-технолошком факултету у Косовској Митровици, 1982–1993. држао је наставу из предмета Геохемија. Од оснивања Катедре за геохемију 1990. до одласка у пензију био је њен шеф, као и шеф Смера за петрологију и геохемију, Смера за геохемију на последипломским студијама, шеф Лабораторије за геохемију (1989–2008) итд.

Аутор или коаутор је око 250 научних и стручних радова. Учествовао је или руководио реализацијом истраживања на више научних пројеката и пет студија за потребе индустрије. Руководио је вишегодишњим мултидисциплинарним научним пројектом Министарства науке Геохемијски, хидрогеолошки, педолошки и геомедицински статус животне средине басена Дунава – проучавања система река – седимент – аквифер – сливно подручје, у чијој је реализацији учествовало 26 истраживача из шест научних

Nancy), and Hungary (Geochemical Research Laboratory, Budapest).

He worked at the Geological Survey Institute in Sarajevo from 1968 to 1970 and at the Faculty of Mining and Geology at the University of Belgrade until retirement in 2008. Adam held all electable titles from assistant professor to full professor. He was a visiting professor at the University of Wisconsin (USA, 1990). He taught undergraduate courses in Geochemistry, Geochemistry of Mineral Deposits, and Geochemistry Methods. He initiated the introduction of the elective course Geology and Environmental Protection. At the University of Priština, Faculty of Mining and Technology in Kosovska Mitrovica, he taught Geochemistry from 1982 to 1993. He headed the Department of Geochemistry from its founding in 1990 to his retirement, as well as the Department of Petrology and Geochemistry, the Department of Geochemistry in postgraduate studies, the Laboratory of Geochemistry (1989-2008), etc.

Adam was the author or co-author of about 250 scientific and professional papers. He participated in or led research in several scientific projects and five studies for industry needs. He also led a multi-year multidisciplinary scientific project of the Ministry of Science, *Geochemical, hydrogeological, pedological, and geomedical status of the Danube basin environment - a study of river systems - sediment - aquifer - catchment area*, participated by 26 researchers from six scientific institutions. In addition, for several years, he was

институција. Више година био је научни саветник Геоинститута у Београду, експерт за геохемију и заштиту животне средине Савезног министарства за науку, развој и животну средину (у СРЈ), руководиоца или сарадника на научним пројектима Савезног министарства за науку, развој и животну средину и републичких министарстава науке, рударства и енергетике итд.

Руководио је израдом или био члан комисија за одбрану бројних дипломских радова, магистарских теза и докторских дисертација на матичном факултету, на Факултету за физичку хемију и Медицинском факултету Универзитета у Београду, као и на Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу.

Био је председник Савета матичног факултета, члан Стручне комисије за хемију, физичку хемију и биохемију Универзитета у Београду, потпредседник Комисије за стандарде квалитета вода Савезног института за стандарде, коуредник часописа *Геолошки гласник*, члан редакционих одбора часописа *Геолошки анали Балканског полуострва* и *Радови Геоинститута*. Био је Председник Друштва геолошких инжењера и техничара Србије (ДГЕИТС) и уредник истоименог билтена.

Носилац је више признања за научне и стручне доприносе. За дописног члана Академије инжењерских наука Србије изабран је 2018.

Извор предлог за
дописног члана Академије
инжењерских наука Србије

a scientific advisor to the Geoinstitute in Belgrade, an expert in geochemistry and environmental protection of the Federal Ministry of Science, Development, and Environment (FRY), manager or associate in scientific projects of the Federal Ministry of Science, Development, and Environment and Republic Ministries of Science, Mining and Energy, etc.

He mentored or was a member of the commissions for the defense of numerous graduation theses, master's theses, and doctoral dissertations at the home faculty, Faculty of Physical Chemistry and Faculty of Medicine of the University of Belgrade, as well as the Faculty of Science and Mathematics at the University of Niš.

Adam was the chair of the home Faculty Council, a member of the Expert Commission for Chemistry, Physical Chemistry, and Biochemistry of the University of Belgrade, vice president of the Water Quality Standard Commission of the Federal Institute of Standards, co-editor of the *Geological Gazette*, member of the editorial boards of the *Geological Annals of the Balkan Peninsula* and *Geoinstitute Works*. He was the chair of the Society of Geological Engineers and Technicians of Serbia and the editor of their bulletin. He was the holder of several recognitions for scientific and professional contributions. He was elected a corresponding member of the Academy of Engineering Sciences of Serbia in 2018.

Source proposal for
correspondent member Academy
of Engineering Sciences of Serbia



Милан Димкић (Београд, 30. мај 1953 – 12. новембар 2020), дипл. грађ. инжењер, др техничких наука, универзитетски професор. Школовао се у родном граду. На Смеру за хидротехнику Грађевинског факултета Универзитета у Београду дипломирао је 1978. Магистрирао је и докторирао такође на матичном факултету.

Његова стручна и научна каријера тесно је повезана са Институтом за водопривреду „Јарослав Черни” у Београду, где је у оквиру Завода за подземне воде основао Групу за заштиту вода и радио на заштити и санацији загађених изворишта подземне воде. На функцији генералног директора Института за водопривреду „Јарослав Черни” био је од 1999. до краја 2017.

На Факултету техничких наука Универзитета у Новом Саду у звање редовног професора изабран је 2013. Држао је наставу на основним студијама из предмета Основни принципи управљања водама и Коришћење, заштита и управљање подземним водама, а на докторским студијама наставу из предмета Управљање подземним водама и транспорт материје подземном водом.

Најзначајније стручне и научне доприносе дао је у истраживањима струјања подземних вода у артеским и субартеским изданима, самопречишћавајућих процеса при филтрацији подземних вода, развоју и примени посебних метода у експлоатацији подземних вода, у заштити и регенерацији изворишта

Milan Dimkić (Belgrade, May 30, 1953 – November 12, 2020), BSc in Civil Engineering, PhD in Technical Sciences, university professor. He was educated in his hometown and graduated from the Department of Hydraulic Engineering at the Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, in 1978. He also received his master's and doctoral degrees from his home faculty.

Milan's professional and scientific career is in close connection with the “Jaroslav Černi” Water Institute in Belgrade, where he founded the Water Protection Group within the Groundwater Institute and worked on the protection and remediation of polluted groundwater sources. From 1999 to the end of 2017, he was the Director-General of the “Jaroslav Černi” Water Institute.

He was elected full professor at the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, in 2013. In undergraduate studies, he taught Basic Water Management Principles and Groundwater Use, Protection and Management, and in doctoral studies, he held courses in Groundwater Management and Groundwater Matter Transport.

Milan made the most significant professional and scientific contributions in researching groundwater flows in artesian and subartesian aquifers, self-purifying processes in groundwater filtration, development and application of special groundwater exploitation, groundwater sources protection and regeneration, and water resources management methods.

He was the author and co-author of more than 220 scien-

подземних вода, те у управљању водним ресурсима.

Аутор и коаутор је више од 220 научних и стручних радова, 13 поглавља у монографијама, монографије међународног значаја и аутор монографије националног значаја. Руководио је истраживањима три стратешка пројекта Министарства науке. Учествовао или руководио израдом преко 50 студија, десетак инвестиционо-техничких пројеката, више планских докумената и експертиза. Руководио је стручним надзором и изградњом десетак објеката.

Значајан допринос дао је пријему и школовању младих стручњака. Руководио је израдом шест докторских дисертација и десетак магистарских теза.

Био је председник Српског друштва за заштиту вода, заменик шефа делегације Србије у Међународној комисији за заштиту Дунава, потпредседник Групе за управљање подземним водама и члан делегације Србије у Међународном удружењу за воде (IWA) итд.

За научне и стручне доприносе носилац је више признања, Ордена Белог анђела II степена, Повеље „Професор др Војислав К. Стојановић” Удружења универзитетских професора и научника Србије итд. На предлог Одељења рударских, геолошких и системских наука за дописног члана Академије инжењерских наука Србије изабран је 2015.

tific and professional papers, 13 chapters in monographs, monographs of international importance, and a monograph of national importance. He led the research of three strategic projects of the Ministry of Science. He participated in or managed the preparation of over 50 studies, a dozen investment and technical projects, several planning and expert documents. In addition, he managed the expert supervision and construction of a dozen buildings.

Milan has made a significant contribution to the admission and education of young experts. He mentored six doctoral dissertations and a dozen master's theses.

He was the president of the Serbian Association for Water Protection, the deputy head of the Serbian delegation to the International Commission for the Protection of the Danube River, the vice president of the Groundwater Management Group, and a member of the Serbian delegation to the International Water Association (IWA).

He was the holder of several recognitions for scientific and professional contributions, the Order of the White Angel of the second degree, the “Professor Dr. Vojislav K. Stojanović” Charter of the Association of University Professors and Scientists of Serbia, etc. At the proposal of the Department of Mining, Geological and Systems Sciences, he was elected a corresponding member of the Academy of Engineering Sciences of Serbia in 2015.

Извор предлог за
дописног члана Академије
инжењерских наука Србије

Source proposal for
correspondent member Academy
of Engineering Sciences of Serbia



Слободан Кнежевић (Ариље, 29. март 1951 – Београд, 20. 11. 2021), дипл. инж. геологије, др техничких наука, универзитетски професор. Школовао се у Земуну. На Смеру за регионалну геологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду дипломирао је 1979. На матичном факултету магистрирао је 1983, а докторирао 1991. Од завршених основних студија до одласка у пензију 2016. радио је на матичном факултету. Прошао је сва изборна звања, за редовног професора биран је 2003.

На свим нивоима студија Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду држао је наставу из предмета: Историјска геологија, Стратиграфија Србије и Формациона геологија. Руководио је израдом више дипломских радова, магистарских теза, четири докторске дисертације.

Аутор или коаутор је око 120 научних и стручних радова, три монографије и два уџбеника. Најзначајније научне и стручне доприносе дао је истраживањима у области регионалне геологије и геодинамике терцијара и квартара, те заштите геонаслеђа Србије. Значајну стручну подршку пружао је као сарадник у хидрогеолошким, геотехничким, геофизичким и археолошким истраживањима, као и у истраживањима лежишта минералних сировина. Учествовао је у реализацијама више научних пројеката министарстава науке, заштите животне средине и рударства и енергетике, као и међународног пројекта IGCP за корелацију неогена у Европи.

Slobodan Knežević (Arilje, March 29, 1951 – Belgrade, November 20, 2021), BSc in Geology, PhD in Technical Sciences, university professor. He was educated in Zemun and graduated from the Department of Regional Geology at the Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, in 1979. He received his master's degree in 1983 and his PhD in 1991. After graduating and up to his retirement in 2016, he worked at his home faculty. After having all electable titles, he was elected full professor in 2003.

He taught Historical Geology, Stratigraphy of Serbia, and Geological Formation at all levels of studies at the Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade. In addition, he mentored many graduation theses, master's theses, and four doctoral dissertations.

He is the author or co-author of about 120 scientific and professional papers, three monographs, and two textbooks. He has made the most significant scientific and professional contributions to research in regional geology and Tertiary and Quaternary geodynamics, and the protection of Serbian geoheritage. He gave significant professional support as an associate in hydrogeological, geotechnical, geophysical, and archaeological studies and mineral deposit research. He participated in the implementation of several scientific projects of the Ministries of Science, Environmental Protection and Mining and Energy, and the international IGCP project for the Stratigraphic Correlation of Neogene in Europe.

Радио је на пројектима основних геолошких карата Србије различитих размера, Геолошке карте Либије и Комплексне геолошке карте околине Београда (1:10.000). Учествовао је у израдама геолошких подлога за урбанистичко планирање Београда и Смедерева, за Брзе пруге Србије, подземне железничке станице Вуков споменик, Београд на води, Остружнички мост, Мост преко Аде, за санацију клизишта Моста слободе код Новог Сада, Тунел Стражевица, Тунел Шароње код Савица итд. Запажене инжењерске доприносе дао је у истраживањима лежишта минералних сировина, посебно за цементну индустрију, и у хидрогеолошким истраживањима Београдског изворишта, водоснабдевања Гроцке итд.

У два мандата (2011–2015) руководио је Катедром за историјску геологију и Департаманом за регионалну геологију матичног факултета. Био је председник Надзорног одбора Природњачког музеја Србије (2007–2016).

Носилац је више признања за стручне и научне доприносе и Жујовићеве награде (1999) за развој геологије. На предлог Одељења рударских, геолошких и системских наука, за дописног члана Академије инжењерских наука Србије изабран је 2013.

Извор предлог за
дописног члана Академије
инжењерских наука Србије

Slobodan worked on projects of developing basic geological maps of Serbia of various scales, geological maps of Libya, and complex geological maps of Belgrade surroundings (1: 10,000). He participated in the preparation of geological surveys for urban planning of Belgrade and Smederevo, for high-speed railways of Serbia, Vukov spomenik underground railway station, Belgrade Waterfront, Ostružnica Bridge, Ada Bridge, for repairing the landslide of the Liberty Bridge near Novi Sad, Straževica Tunnel, Šaronje Tunnel near Savica, etc. He made notable engineering contributions in mineral deposits research, especially for the cement industry, and in the hydrogeological research of the Belgrade spring, Grocka water supply, etc.

He headed the Department of Historical Geology and the Department of Regional Geology of his home faculty in two terms (2011-2015). In addition, he was the Chair of the Supervisory Board of the Natural History Museum of Serbia (2007-2016).

Slobodan was the holder of many recognitions for professional and scientific contributions and the Žujović Award (1999) for geology development. At the proposal of the Department of Mining, Geological, and Systems Sciences, he was elected a corresponding member of the Academy of Engineering Sciences of Serbia in 2013

Source proposal for
correspondent member Academy
of Engineering Sciences of Serbia



YU ISSN 0035-9637