

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

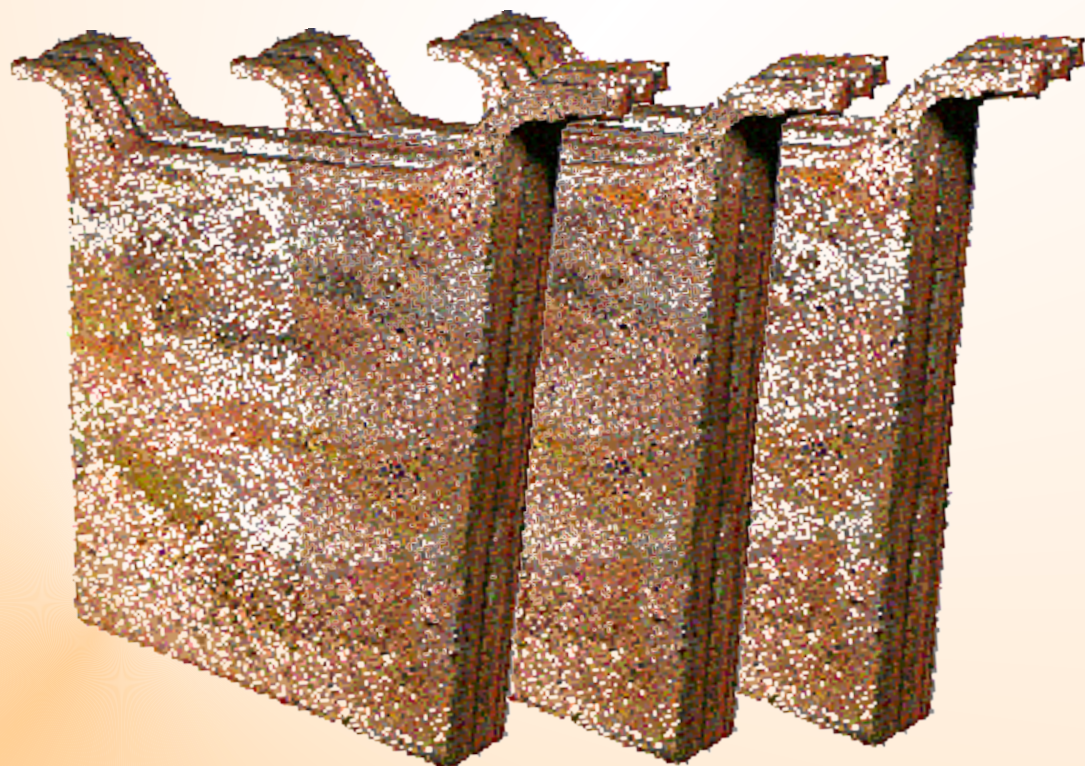


Cu

UDC 669.3  
ISSN 0351-0212

Broj 2 Volumen 49 2024

# BAKAR COPPER



---

**BAKAR** je časopis baziran na bogatoj tradiciji stručnog i naučnog rada ne samo iz oblasti dobijanja i prerade bakra, već i iz oblasti obojene i crne metalurgije, tehnologije, nanotehnologije, hemije, pripreme mineralnih sirovina, zaštite životne sredine, energetske efikasnosti, i primenjene informatike i povezanih srodnih oblasti.

Izlazi dva puta godišnje još od 1968. godine.

#### **Glavni urednik**

Kostov Ana, *naučni savetnik*  
Orcid: 0000-0001-6436-9091  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
E-mail: [ana.kostov@irmbor.co.rs](mailto:ana.kostov@irmbor.co.rs)  
Tel. 030/454-108

#### **Zamenik glavnog urednika**

Milosavljević Aleksandra, *viši naučni saradnik*  
Orcid: 0000-0003-3841-7357  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
E-mail: [aleksandra.milosavljevic@irmbor.co.rs](mailto:aleksandra.milosavljevic@irmbor.co.rs)  
Tel. 030/454-252

#### **Urednik**

Dr Vesna Marjanović, *dipl.inž.*

#### **Prevodilac**

Nevenka Vukašinović, *prof.*

#### **Tehnički urednik**

Suzana Cvetković, *teh.*

#### **Priprema za štampu**

Vesna Simić, *teh.*

#### **Štampa**

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**Tiraž:** 30 primeraka

#### **Internet adresa**

[www.irmbor.co.rs](http://www.irmbor.co.rs)

#### **Izdavanje časopisa finansijski podržavaju**

Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije  
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

#### **ISSN 0351-0212**

*Indeksiranje časopisa u SCIndeksu i u ISI.*

#### **Izdavač**

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
19210 Bor, Alberta Ajnštajna 1  
E-mail: [institut@irmbor.co.rs](mailto:institut@irmbor.co.rs)  
Tel. 030/454-101

#### **Sva prava zadržana.**

#### **Članovi uredništva**

Krasikov Sergey, redovni profesor  
*Institut za metalurgiju Uralskog odeljenja Ruske akademije nauka, Rusija*

Mančić Lidija, naučni savetnik  
*Institut tehničkih nauka SANU, Srbija*  
Orcid: 0000-0002-6620-9582

Marković Radmila, viši naučni saradnik  
*Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Srbija*  
Orcid: 0000-0001-9754-1150

Muntean Cornelia, redovni profesor  
*Politehnički univerzitet u Temišvaru, Rumunija*

Sokić Miroslav, naučni savetnik  
*Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina Beograd, Srbija*  
Orcid: 0000-0002-4468-9503

Stijepović Mirko, vanredni profesor  
*Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet Beograd, Srbija*  
Orcid: 0000-0003-3318-6836

Sharipov Rustam, profesor  
*Kazahstanski britanski tehnički univerzitet Almati, Republika Kazahstan*

---

---

**COPPER** is a journal based on the rich tradition of expert and scientific work not only in the field of copper production and treatment, but also in the field of non-ferrous and ferrous metallurgy, technology, nanotechnology, chemistry, mineral processing, ecology, energy efficiency, applied informaticc, as well as related fields of science. Since 1968, published twice a year.

**Editor-in-Chief**

Kostov Ana, *Principal Research Fellow*  
Orcid: 0000-0001-6436-9091  
Mining and Metallurgy Institute Bor  
E-mail: [ana.kostov@irmbor.co.rs](mailto:ana.kostov@irmbor.co.rs)  
Phone: +38130/454-108

**Co-Editor**

Milosavljević Aleksandra, Senior Research Associate  
Orcid: 0000-0003-3841-7357  
Mining and Metallurgy Institute Bor  
E-mail: [aleksandra.milosavljevic@irmbor.co.rs](mailto:aleksandra.milosavljevic@irmbor.co.rs)  
Phone: +38130/454-252

**Editor**

Ph.D. Vesna Marjanović, *B.Eng.*

**English Translation**

Nevenka Vukašinić

**Technical Editor**

Suzana Cvetković

**Preprinting**

Vesna Simić

**Printed in**

Mining and Metallurgy Institute Bor

**Circulation:** 30 copies

**Web site**

[www.irmbor.co.rs](http://www.irmbor.co.rs)

**COPPER is financially supported by**

The Ministry of Science, Technological  
Development and Innovation of the Republic Serbia  
Mining and Metallurgy Institute Bor

**ISSN 0351-0212**

*Journal indexing in SCIndex and ISI.*

**Published by**

Mining and Metallurgy Institute Bor  
19210 Bor, Alberta Ajnštajna br. 1  
E-mail: [institut@irmbor.co.rs](mailto:institut@irmbor.co.rs)  
Phone: +38130/454-101

**All rights reserved.**

**Members of the Editorial Board**

Krasikov Sergey, full professor  
*Institute of Metallurgy of Ural Branch of the  
Russian Academy of Sciences, Russia*

Mančić Lidija, principal research fellow  
*Institute of Technical Science of SASA, Serbia*  
Orcid: 0000-0002-6620-9582

Marković Radmila, senior research associate  
*Mining and Metallurgy Institute Bor, Serbia*  
Orcid: 0000-0001-9754-1150

Muntean Cornelia, full professor  
*Polytechnic University of Timisoara, Romania*

Sokić Miroslav, principal research fellow  
*Institute for Technology of Nuclear and Other  
Raw Materials Belgrade, Serbia*  
Orcid: 0000-0002-4468-9503

Stijepović Mirko, associate professor  
*University of Belgrade, Faculty of Technology  
and Metallurgy Belgrade, Serbia*  
Orcid: 0000-0003-3318-6836

Sharipov Rustam, professor  
*Kazakh British Technical University Almaty,  
Republic of Kazakhstan*

UDK: 628.4.043:622.271(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402001K

NAUČNI RAD

Oblast: Rudarsko inženjerstvo

Primljen: 11.10.2024.

Prerađen: 08.11.2024.

Prihvaćen: 13.11.2024.

**NOV TEHNOLOŠKI PRISTUP ODLAGANJU RUDARSKOG OTPADA  
U PROCESU EKSPLOATACIJE METALIČNIH MINERALNIH  
SIROVINA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA**

**A NEW TECHNOLOGICAL APPROACH TO THE DISPOSAL OF  
MINING WASTE IN THE PROCESS OF EXPLOITATION OF  
METALLIC MINERAL RAW MATERIALS IN SURFACE MINES**

Daniel Kržanović<sup>1a</sup>, Miljan Gomilanović<sup>1b</sup>, Milenko Jovanović<sup>1c</sup>,  
Radmilo Rajković<sup>1d</sup>, Sandra Milutinović<sup>1e</sup>

<sup>1</sup>Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Ajnštajna 1, 19210 Bor

<sup>1a</sup>E-mail: daniel.krzanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3841-8667>

<sup>1b</sup>E-mail: miljan.gomilanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1209-7423>

<sup>1c</sup>E-mail: milenko.jovanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6757-4143>

<sup>1d</sup>E-mail: radmilo.rajkovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5905-6613>

<sup>1e</sup>E-mail: sandra.milutinovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0146-8636>

**Izvod**

*Rudarska aktivnost je takvog karaktera da odlaganje rudarskog otpada predstavlja neizostavnu tehnološku operaciju prilikom eksploatacije mineralnih sirovina.*

*Nov tehnološki pristup odlaganju rudarskog otpada, koji je prezentovan u ovom radu, predviđa da se sav rudarski otpad koji nastaje tokom otkopavanja i prerade rude na površinskim kopovima i u flotaciji odlaže na integrisanim odlagalištima jalovine. Na taj način eliminiše se u potpunosti izgradnja flotacijskog jalovišta, odnosno eliminiše se stalni rizik koji po životnu okolinu, objekte i stanovništvo, koji se nalaze nizvodno od prvobitno planirane lokacije flotacijskog jalovišta, može da nastane usled akcidentne situacije.*

**Ključne reči:** rudarski otpad, integrisano odlaganje, površinska eksploatacija

**Abstract**

*The disposal of mining waste is an indispensable technological operation during the exploitation of mineral raw materials and mining activity.*

*A new technological approach to the disposal of mining waste, which is presented in this paper, predicts that all mining waste generated during the excavation and processing of ore in open pit mines and in flotation is disposed of in integrated tailings dumps. In this way, the construction of a flotation tailings pond is eliminated, i.e., the permanent risk that may arise due to an accident situation for the environment, facilities and population located downstream of the originally planned location of the flotation tailings pond is eliminated.*

**Keywords:** mining waste, integrated disposal, surface mining

## 1. UVOD

Kopovska jalovina i flotacijska jalovina predstavljaju materijal koji se dobija u toku eksploatacije rudnih ležišta i koji se označavaju kao rudarski otpad. Kopovska jalovina nastaje u procesu otkopavanja rude i neophodno je izvršiti njeno izmeštanje kako bi proces mogao nesmetano da se odvija, dok flotacijska jalovina nastaje u procesu flotacije mineralne sirovine. Rudarski otpad predstavlja trošak koji nastaje u integrisanom rudarskom procesu otkopavanje-prerada rude, kako u investicionom periodu, tako i u toku same proizvodnje.

Kako se radi o velikim količinama materijala koje treba odložiti na prostoru rudnika, to veoma često predstavlja pravi izazov za rudarske kompanije, s obzirom da se eksploatacija rudnika odvija u uslovima više ograničavajućih faktora.

Integrisanim odlaganjem rudarskog otpada rešava se problematika upravljanja rudarskim otpadom kod dugoročnog planiranja površinskih kopova u uslovima prostornog ograničenja i zahteva za minimiziranjem uticaja rudarskih radova na životnu sredinu i civilne infrastrukturne objekte, a posebno na bezbednost i zdravlje stanovništva.

U svetu postoji više primera tehničkih rešenja vezanih za integrisano odlaganje rudarskog otpada. U rudniku zlata Ada Tepe u Kumovgradu (Bugarska), slika 1, uspešno je primenjeno rešenje integrisanog odlaganja jalovine koja nastaje u procesu otkopavanja na površinskom kopu i flotacijske jalovine koja nastaje u procesu prerade rude [1]. Drugi, sličan koncept skladištenja flotacijske jalovine u ogromnim kasetama koje su napravljene od rudničke jalovine primenjen je kao pionir projekat eksploatacije bakra i zlata u Papui Novoj Gvineji, slika 2, gde neravni tropski tereni, teški klimatski i geološki uslovi čine izgradnju konvencionalnog skladišta rudničkog otpada jednim od najvećih izazova u zemlji [2].

Mogućnost primene integrisanog odlaganja rudarskog otpada prikazan je na primeru odlaganja kopovske i flotacijske jalovine u rudnom polju Brskovo, u opštini Mojkovac, Republika Crna Gora.



**Sl. 1.** *Izgled integriranog odlagališta u rudniku Ada Tepe u Bugarskoj  
(preuzeto sa Google Eartha, 20.09.2024.)*



**Sl. 2.** *Veštačko odlagalište-jezero u Papui Novoj Gvineji  
(preuzeto sa youtube-a, 20.09.2024.)*

Eksplatacija rude olova i cinka na lokalitetu Brskovo odvija se na površinskim kopovima Žuta Prla i Brskovo, koji su deo integriranog rudarskog sistema otkopavanje - priprema rude. Tokom otkopavanja i eksploatacije rude

sa površinskih kopova Žuta Prla i Brskovo, kao i tokom predkoncentracije i flotacijske prerade rude u rudniku Brskovo generiše se sledeći rudarski otpad:

- kopovska jalovina,
- jalovina iz predkoncentracije,
- flotacijska jalovina.

## **2. INTEGRISANO ODLAGANJE RUDARSKOG OTPADA U RUDNOM POLJU BRSKOVO**

Integrisano odlaganje rudarskog otpada zasniva se na izgradnji konvencionalnog odlagališta kopovske jalovine u okviru koga će se formirati izolovane kasete (ćelije) u kojima se odlaže zgusnuta flotacijska jalovina. Flotacijska jalovina sadrži približno 58% čvrstih materija, čime je olakšano rukovanje materijalima i prirodno odvodnjavanje i konsolidacija nakon taloženja. Kada dođe do zastoja u radu zgušnjivača, usled kvara ili radi održavanja, moguće je u kraćem periodu odlagati flotacijsku jalovinu i bez zgušnjavanja, te je zato je potrebno imati uvek pripremljene više kasete za prihvat materijala u akcidentnim situacijama.

Kasete u koje se odlaže flotacijska jalovina formiraju se na etažama kopovskog odlagališta i obezbeđene su sa dva sloja zaštite, jedan izgrađen od kopovske jalovine i drugi od jalovine iz predkoncentracije. Na taj način obezbeđuje se kompatibilnost filtera sa flotacijskom jalovinom i sprečava migraciju flotacijske jalovine u kopovsku jalovinu. Ovo je bitno iz razloga očuvanja geomehaničkih karakteristika kopovske jalovine.

Kombinacija geotekstila i jalovine iz predkoncentracije služi kao filter koji omogućava da višak vode migrira iz flotacijske jalovine, što će uticati na bolju konsolidaciju flotacijske jalovine i poboljšanju njenog geomehaničkog ponašanja [3].

Da bi se obezbedilo da na mehaničko ponašanje kopovske jalovine i jalovine iz predkoncentracije ne utiče ponašanje finih čestica flotacijske jalovine neophodno je da se obezbedi da flotacijska jalovina, jalovine iz predkoncentracije i kopovska jalovina budu odvojeni. Da bi se ovo postiglo, filter, a najekonomičniji i najpraktičniji je sa geotekstilom, moraće da se postavi na kasete pre nego što se flotacijska jalovina odloži. Ne postoje problemi kompatibilnosti filtera između kopovske jalovine i jalovine iz predkoncentracije, ali će geotekstil (ili alternativni filter) morati da se instalira između sloja jalovine iz predkoncentracije i flotacijske jalovine kako bi se

sprečila migracija finih čestica u šupljine jalovine iz predkoncentracije, a zatim dalje u kopovsku jalovinu, čime se umanjuju prednosti odvajanja materijala. Geotekstil će, međutim, omogućiti drenažu, poboljšavajući konsolidaciju i čvrstinu odložene flotacijske jalovine.

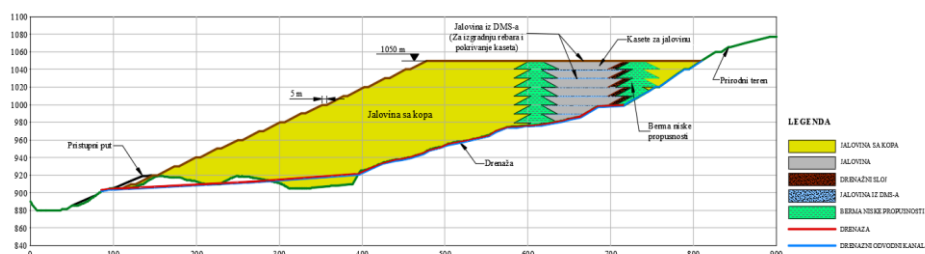
Integriranim odlaganjem rudarskog otpada postižu se nekoliko prednosti u odnosu na tradicionalni pristup odlaganju flotacijske jalovine. Na ovaj način se eliminiše izrada konvencionalnih flotacijskih jalovišta u kojima se flotacijska jalovina uglavnom odlaže u rudnicima širom sveta, jer flotacijska jalovišta konstantno predstavljaju opasnost po životnu okolinu, obzirom da su ispunjeni velikim količinama jalovine, mulja i vode, koje usled jačih potresa usled zemljotresa ili usled nekog drugog faktora mogu da dovedu do katastrofalnih posledica. Integriranim odlagalištem obezbeđuje se brza konsolidacija i odvodnjavanje flotacijske jalovine, koja se odlaže u prethodno pripremljene kasete obložene jalovinom iz predkoncentracije, a koja poseduje odlične drenažne karakteristike. Druga značajna prednost jeste ta što integrirana odlagališta zahtevaju niži početni kapital pošto je u početku potrebno manje materijala za izgradnju zaštitnih struktura, pošto se flotacijska jalovina i drugi rudarski otpad zajedno deponuju, tako da se iskopavanje prirodnog tla i/ili dovoz materijala sa okolnih lokacija može svesti na minimum.

Kao nedostaci integrisanog odlaganja prepoznaje se složena izgradnja i kasnije upravljanje procesom odlaganja (dinamika odlaganja kopovske jalovine, jalovine iz predkoncentracije i flotacijske jalovine, jer mora da se obezbedi nesmetano odvijanje tehnoloških operacija otkopavanja i prerade rude) i potencijalno povećani operativni troškovi u poređenju sa konvencionalnim sistemom odlaganja jalovine.

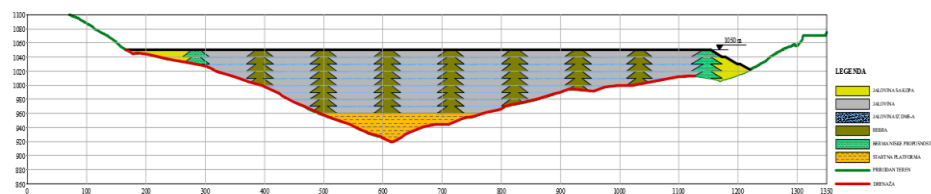
U izgradnji integrisanog odlagališta biće korišćena tri osnovna materijala - flotacijska jalovina niske permeabilnosti, visoko permeabilna jalovina iz predkoncentracije i kopovska jalovina srednje permeabilnosti. Jalovina iz predkoncentracije koristiće se u dva slučaja. U jednom za obezbeđivanje drenažnog/filterskog sloja u kasetama za odlaganje flotacijske jalovine u kombinaciji sa geotekstilom i u drugom za mešanje bilo kakvog viška materijala sa kopovskom jalovinom da bi se poboljšale drenažne karakteristike kopovske jalovine. Stoga je predviđena izgradnja kasete za odlaganje flotacijske jalovine koje se nalaze na etažama kopovskog odlagališta. Čeonu stranu integrisanog odlagališta čini kopovska jalovina koja smanjuje permeabilnost čeonu strane, a jalovina iz predkoncentracije koja oblaže kasete obezbeđuje pasivnu drenažu.

Na slici 3 prikazan je uzdužni profil, a na slici 4 poprečni profil konačne konture integrisanog odlagališta jalovine Žuta Prla.



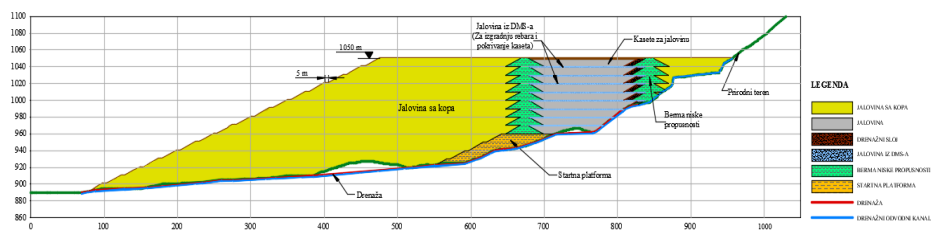


SI. 3. Šematski prikaz uzdužnog profila integrisanog odlagališta jalovine Žuta Prla

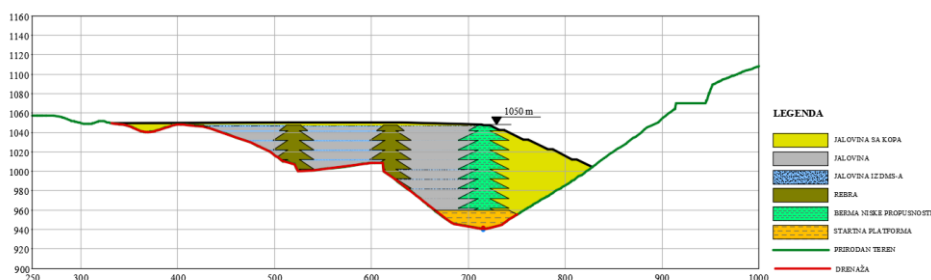


SI. 4. Šematski prikaz poprečnog profila integrisanog odlagališta jalovine Žuta Prla

Na slikama 5 i 6 prikazani su uzdužni i poprečni presek konačne konture integrisanog odlagališta jalovine Brskovo, respektivno.



SI. 5. Šematski prikaz uzdužnog profila konačne konture integrisanog odlagališta jalovine Brskovo



Sl. 6. Šematski prikaz poprečnog profila konačne konture integrisanog odlagališta jalovine Brskovo

### 3. ZAKLJUČAK

Nov tehnološki pristup odlaganju rudarskog otpada bazira se na principu integrisanog odlaganja koje podrazumeva da se vrši zajedničko odlaganje flotacijske jalovine koja se prethodno zgušnjava do oko 58% sadržaja čvrstog u cilju smanjenja sadržaja vlage, sa kopovskom jalovinom koja se otkopava na površinskim kopovima Žuta Prla i Brskovo. Na ovaj način se eliminiše izrada konvencionalnog flotacijskog jalovišta u kojem se flotacijska jalovina uglavnom odlaže u rudnicima širom sveta.

Značaj ovakvog pristupa rešavanju problema odlaganja rudarskog otpada ogleda se u postizanju bezbednog radnog i životnog okruženja u uslovima kako aktivnog rudnika, tako i u periodu nakon prestanka njegovog rada, jer flotacijska jalovišta konstantno predstavljaju opasnost po životnu okolinu, obzirom da su ispunjeni velikim količinama jalovine, mulja i vode, koje usled jačih potresa usled zemljotresa mogu da dovedu do katastrofalnih posledica.

### ZAHVALNICA

*Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2024. godini za Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, br. 451-03-66/2024-03/200052.*

### LITERATURA

- [1] T. Eldridge, B. Wickland, A. Goldstone, M. Kissiova, Integrated mine waste storage concept, Krumovgrad Gold Project, Bulgaria, Tailings and Mine Waste Conference, Vancouver, B.C., 2011.

- [2] D. Saiang, M. Torovi, R.D.Y. Warigen, E. Wiruk, Integrated Storage Facility-A New Concept for Mine Waste Storage, (2020), pp. 477–489.  
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-87805>
- [3] R. Rajković, D. Kržanović, M. Mikić, M. Jovanović, S. Milutinović, Mining and Metallurgy Engineering Bor, 2 (2023) 9-16.

UDK: 614.84:628.472.3(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402009N

NAUČNI RAD

Oblast: Inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu

Primljen: 16.09.2024.

Prerađen: 14.10.2024.

Prihvaćen: 25.10.2024.

DIJAGNOSTIKA, SANACIJA I GAŠENJE POŽARA  
NESANITARNIH DEPONIJA

DIAGNOSTICS, MITIGATION, AND EXTINGUISHMENT OF  
FIRES AT NON-SANITARY LANDFILLS

Emil Novak<sup>1</sup>, Dimitrije Stevanović<sup>2</sup>, Milorad Mandić<sup>2</sup>, Strahinja Sarajlić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nik Com doo Nikšić, Crna Gora

<sup>2</sup>Tekon-tehnokonsalting doo Beograd, Srbija

<sup>1</sup>E-mail: emil.novak.ciko@gmail.com

Izvod

Svest o očuvanju životne sredine postala je imperativ današnjeg društva, što je pitanje upravljanja otpadom i zagađenja učinilo ključnim za svaku lokalnu samoupravu. Požari na deponijama i otvorenom prostoru uzrokuju ozbiljnu kontaminaciju vazduha, a u zavisnosti od pravca vetra i veličine požara, mogu značajno uticati na kvalitet vazduha čak i na udaljenosti od nekoliko desetina kilometara od izvora.

Poseban problem predstavljaju požari na nesanitarnim deponijama, često smeštenim blizu naselja, gde se nalaze velike količine nepropisno odloženog otpada, bez sistema zaštite i kontrole. Ovi požari često nastaju zbog nepotpunog sagorevanja otpada, koje je rezultat nedostatka kompaktiranja i nedovoljne dnevne prekrivke, što omogućava oksigenaciju površinskih slojeva i stvaranje uslova za anaerobnu metanogenezu u dubljim slojevima.

Metan, kao zapaljiv i eksplozivan gas sa efektom staklene bašte, doprinosi oštećenju ozonskog omotača 21 put više od ugljen-dioksida. Postavljanje gasnih bunara (biotrnova) na nesanitarnim deponijama ključno je za sprečavanje požara, smanjenje rizika od formiranja metanskih džepova i omogućavanje praćenja stanja deponije.

Ovaj rad iznosi zaključke projekta sanacije i gašenja požara na nesanitarnoj deponiji Mislov do, Nikšić, zapremine 450.000 m<sup>3</sup>, gde se sprovode mere usmerene ka postizanju merljivih i održivih rezultata, s ciljem poboljšanja postojećeg stanja i unapređenja zaštite životne sredine.

**Ključne reči:** upravljanje otpadom, požari na deponijama, nesanitarnе deponije, metan, sanacija deponija, emisije gasova

Abstract

Awareness of environmental conservation has become a critical imperative in today's society, making waste management and pollution control central concerns for every local government. Fires on landfills and open spaces cause severe air contamination, and depending on wind direction and fire size, they can significantly affect air quality even at distances of several tens of kilometers from the source.

A particular issue arises from fires on unsanitary landfills, often located near residential areas, where large amounts of improperly disposed waste accumulate without protective and control systems. These fires frequently result from incomplete combustion of waste, due to a lack of compaction and

---

*inadequate daily cover, which allows for surface oxygenation and conditions for anaerobic methanogenesis in deeper layers.*

*Methane, a flammable and explosive greenhouse gas, contributes to ozone layer damage 21 times more than carbon dioxide. Installing gas wells (biotubes) on unsanitary landfills is crucial for preventing fires, reducing the risk of methane pocket formation, and enabling landfill monitoring.*

*This paper presents conclusions from the remediation and fire extinguishing project at the unsanitary landfill Mislov do in Nikšić, with a capacity of 450,000 m<sup>3</sup>, where measures are being implemented to achieve measurable and sustainable results aimed at improving the existing conditions and enhancing environmental protection.*

**Keywords:** *waste management, landfill fires, unsanitary landfills, methane, landfill remediation, gas emissions*

## 1. UVOD

Nepravilno odlaganje otpada na nesanitarnim deponijama predstavlja značajan ekološki problem sa dugoročnim negativnim posledicama po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Nesanitarnim deponijama često nedostaju odgovarajuće mere kontrole i upravljanja otpadom, što može dovesti do emisije toksičnih gasova, kontaminacije podzemnih voda, širenja zaraznih bolesti i povećanog rizika od požara. U većini opština Zapadnog Balkana, ovo pitanje još uvek nije adekvatno rešeno zbog velikog broja nesanitarnih deponija. Projekti sanacije deponija i gašenja požara na takvim mestima su ključni za smanjenje njihovog negativnog uticaja. Ovaj rad se fokusira na ciljeve, metode, rezultate i zaključke jednog takvog projekta, kao i na analizu koristi za životnu sredinu i druge aspekte.

Deponija Mislov do, udaljena oko šest kilometara od Nikšića, predstavlja klasičan primer nesantarne deponije. Odlaganje komunalnog i drugog otpada (uključujući životinjski, industrijski opasan i neopasan otpad) na ovoj deponiji počelo je 2003. godine na površini od oko 2 hektara. Iako je deponija bila uspostavljena kao privremena, sa planiranim zatvaranjem nakon pet godina, ona je nastavila da raste, formirajući veštačko brdo otpada. Procenjuje se da se godišnje na deponiju odlagalo između 20.000 i 28.000 tona različitih vrsta otpada koji nije razvrstavan ni po jednom kriterijumu.

Deponija se suočavala sa brojnim problemima, uključujući česte požare, emisiju štetnih gasova, kontaminaciju zemljišta i podzemnih voda. Prethodna praksa praćenja štetnog uticaja ukazuje na najmanje 14 štetnih supstanci koje mogu imati negativan uticaj na zdravlje ljudi i životnu sredinu, uključujući arsen, olovo, kadmijum, hrom, bakar, nikl, živu, cink, polihlorovane bifenile, benzen, trihloretilen i druge [1].

## 2. PROBLEM NESANITARNIH DEPONIJAMA I UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

Nesantarne deponije predstavljaju ozbiljan problem zbog nekontrolisanog odlaganja otpada, često bez poštovanja osnovnih ekoloških i zdravstvenih standarda. Ove deponije sadrže velike količine otpada nepoznatog porekla i

sastava, što otežava njihov nadzor i sanaciju. Odsustvo propisnih procedura za upravljanje otpadom, poput kompaktiranja i dnevnog prekrivanja, omogućava pristup kiseoniku u površinskim slojevima otpada, dok dublji slojevi, bogati organskim materijalom, prolaze kroz anaerobne procese koji stvaraju metan. Ovaj gas predstavlja značajan rizik, jer je veoma zapaljiv, a njegovo prisustvo u kombinaciji sa visokim temperaturama, naročito tokom leta i zime, stvara uslove za izbijanje požara [1,2].

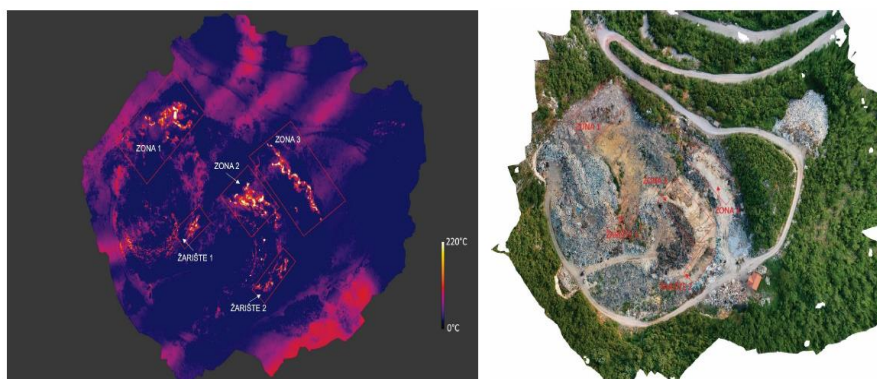
Uticao požara na deponijama je višestruk. Pored neposredne opasnosti od vatre, požari oslobađaju veliku količinu toksičnih gasova i čestica, poput ugljenmonoksida, dioksina, furana i prašine, koji mogu biti nošeni vetrom na velike udaljenosti, kontaminirajući velike oblasti. Zagađenje vazduha može imati trenutni i dalekosežan efekat na zdravlje ljudi, izazivajući respiratorne probleme, alergije i ozbiljne bolesti. Požari, kao što su oni na deponiji Mislod, ukazuju na potrebu za boljim planiranjem i upravljanjem deponijama, kako bi se smanjio rizik od izbijanja i širenja požara.

Nesantitarne deponije takođe predstavljaju značajan rizik za lokalnu životnu sredinu. Zbog neadekvatnog odlaganja otpada, deponije postaju legla za životinje i insekte koji mogu preneti zarazne bolesti na ljude i domaće životinje. Procedne vode s deponija često sadrže visoke koncentracije zagađivača, uključujući teške metale i pesticide, koji zagađuju površinske i podzemne vode, negativno utičući na lokalne ekosisteme i poljoprivredu.

### **3. PROCES DIJAGNOSTIKE POŽARA NA NESANITARNIM DEPONIJAMA**

Dijagnostika požara na nesantitarnim deponijama predstavlja složen proces koji uključuje nekoliko ključnih elemenata. Prvo, koristi se termalno snimanje uz pomoć termalnih kamera koje otkrivaju područja s povišenom temperaturom unutar deponije, što može ukazivati na potencijalne zone požara ili samozapaljenja. Sledeći korak podrazumeva gasnu analizu, pri čemu se mere koncentracije gasova kao što su metan i ugljen-dioksid, kako bi se identifikovale kritične tačke gde bi moglo doći do nakupljanja zapaljivih gasova [3,4].

Monitoring vlažnosti i temperature je takođe važan, jer prati ove parametre na površini i unutar deponije, čime se procenjuje rizik od spontanog požara. Osim toga, redovni vizuelni pregledi omogućavaju prepoznavanje vidljivih znakova dima, sagorevanja ili oštećenja infrastrukture. Sve ove aktivnosti su usmerene na pravovremeno otkrivanje i sprečavanje požara, čime se smanjuje potencijal za štetu i u oblasti zaštite životne sredine i za zdravlje ljudi.



SI. 1. Termalni i ortofoto snimak deponije Mislov do

Na slici 1, uporedo su prikazan termalni snimak i ortofoto snimak deponije Mislov do okvirne površine od oko 2,5 ha. Slike prikazuju stanje iste deponije u infracrvenom spektru i vizuelnom spektru. Na termalnom snimku, koji je nacinjen etaloniranom i kalibrisanom termalnom kamerom izazduha sa visine od 40m, uočava se stanje toplijih i hladniji zona deponije. Toplije zone predstavljaju delove deponije koji su pod direktnim udarom podzemnih pozara, koji se manifestuju povišenom temperaturom na površini tela deponije. Kamera je preciznosti  $0,1^{\circ}\text{C}$ , te uočava i neznatne razlike u temperaturi u okviru iste zone. Na snimku se vidi jasna razlika od vise od preko  $200^{\circ}\text{C}$  u odnosu na ostatak tela deponije koji je u redovnom stanju (tamnija zona). Skala temperature data je na dijagramu, gde je najtamnija tačka deponije data, predstavljena kao najhladnija tačka na telu deponije, a najsvetlija tačka termalnog snimka predstavlja mesto najviše temperature na telu deponije.

#### 4. METODE SANACIJE

Sanacija nesanitarnih deponija predstavlja složen proces koji obuhvata niz tehničkih i ekoloških mera. To uključuje postavljanje gasnih bunara i biotnova kako bi se omogućilo praćenje deponijskog gasa i uspostavljanje termodinamičke ravnoteže unutar deponije [1,2]. Kontrola metana je ključna, jer je ovaj gas jedan od najopasnijih zagađivača sa visokim potencijalom za stvaranje efekta staklene bašte, čak 21 put većim od ugljen-dioksida. Prikupljanje i prerada metana u energiju može smanjiti njegov uticaj na atmosferu i doneti ekonomske koristi.

Osim tehničkih intervencija, sanacioni projekti uključuju i mere za stabilizaciju deponija, poput zbijanja otpada i prekrivanja inertnim materijalima. Ove mere smanjuju rizik od klizišta i urušavanja, kao i daljeg širenja kontaminacije. Rekultivacija zemljišta, koja obuhvata ozelenjavanje i obnavljanje lokalne flore i faune, doprinosi poboljšanju ekosistema i vraćanju estetske vrednosti područja.

Glavni ciljevi projekta sanacije nesani tarne deponije i gašenja požara su smanjenje rizika od požara i emisije štetnih gasova. To podrazumeva gašenje postojećih požara i smanjenje rizika od budućih požara kroz kontrolu zapaljivih materijala. Kontrola emisija zagađujućih materija ima za cilj sprečavanje ispuštanja gasova poput metana i ugljen-dioksida, koji doprinose efektu staklene bašte. Očuvanje i obnova životne sredine odnose se na smanjenje uticaja na lokalne ekosisteme kroz smanjenje kontaminacije zemljišta, vode i vazduha. Istovremeno, zaštita zdravlja ljudi postignuta je smanjenjem rizika od bolesti izazvanih zagađenim otpadom i otrovnim gasovima. Unapređenje metoda upravljanja otpadom, implementacijom održivih praksi sanacije i reciklaže, predstavlja dugoročan cilj ovog projekta.

Upotreba termovizijskih kamera omogućila je preciznu identifikaciju područja sa visokim temperaturama, što pomaže u prevenciji spontan ih požara. Za kontrolu metana, implementirani su sistemi za ventilaciju koji sprečavaju nakupljanje ovog gasa u eksplozivnim koncentracijama.

Biotrnovi su korišćeni za otplinjavanje i kontrolu deponijskog gasa, sa prečnicima bušotina koji variraju od 60 cm do 90 cm. Veći prečnici omogućavaju bolji dotok gasa i smanjuju mogućnost zagušenja. Bušenje bušotina vršeno je uz poseban oprez zbog prisustva metana, koristeći opremu u Ex-izvedbi kako bi se obezbedila bezbednost. Biotrnovi su služili za različite namene, uključujući sigurnosno otplinjavanje, ekstrakciju gasa i energetska proizvodnja. U praksi, ranije korišćene PVC cevi pokazale su se kao neprikladne zbog njihove osetljivosti na oštećenja, iako su doprinele smanjenju problema na određenim deponijama.

Sanacija deponije pruža mogućnost uspostavljanja sistema za kontinuirani monitoring i upravljanje rizicima kako bi se sprečili budući ekološki incidenti. Očuvanje javnog zdravlja i unapređenje životnih uslova lokalnog stanovništva takođe je ključni cilj sanacije, smanjenjem emisija štetnih gasova, zagađenja vode i tla, i uklanjanjem opasnosti od požara.

## **5. GAŠENJE POŽARA NA NESANITARNIM DEPONIJAMA**

Gašenje požara na nesani tarnim deponijama predstavlja kompleksan i višestruko složen proces, koji ima ključnu ulogu u zaštiti životne sredine i poboljšanju kvaliteta života u pogođenim područjima. U okviru ovog procesa, primena savremenih tehnika i metoda za gašenje požara i sanaciju deponija omogućava značajno smanjenje učestalosti i intenziteta požara. Efikasno upravljanje požarima je od suštinskog značaja za sprečavanje novih izbijanja i kontrolisanje postojećih, što direktno doprinosi smanjenju negativnih uticaja požara na okolinu.

Gašenje požara na deponijama može se sprovesti različitim metodama, uključujući gušenje požara, hlađenje, otkopavanje i kontrolisano zaustavljanje širenja vatre. Gušenje se postiže prekrivanjem požara inertnim materijalima,



čime se smanjuje prisustvo kiseonika, dok se vlaženje materijala koristi za snižavanje temperature. Hlađenje uključuje primenu vode ili inertnih gasova poput ugljen-dioksida ili azota radi smanjenja temperature u zoni požara. Otkopavanje podrazumeva uklanjanje slojeva otpada kako bi se požar mogao direktno gasiti, ali nosi rizik od razbuktavanja vatre. Kontrolisano zaustavljanje širenja požara omogućava da jedan deo deponije izgori, dok se preduzimaju mere da se vatra ne proširi dalje.

Prema Zakonu o zaštiti i spašavanju, zaštita od požara obuhvata izbor odgovarajućih lokacija i građevinskih materijala, izgradnju prilaznih puteva, obezbeđenje dovoljne količine vode i sredstava za gašenje, zabranu upotrebe otvorene vatre, postavljanje automatskih sistema za otkrivanje i gašenje požara, kao i organizaciju službi za nadzor i obezbeđenje opreme za gašenje požara u šumama. Sve ove mere su ključne za smanjenje rizika od izbijanja i širenja požara, čime se štite ljudski životi i očuvanje životne sredine.

Na deponiji Mislov do se za gašenje požara koristi specijalizovani kontejner koji je opremljen za pripremu mineralne suspenzije, što omogućava efikasno gašenje požara. Takođe, koriste se i indirektno metode gašenja, kao što su iskopavanje i prekrivanje otpada inertnim materijalima. Ova deponija se karakteriše složenim terenom i velikom količinom inertnog materijala, koji je nanesen preko starih slojeva otpada. Tokom poslednje dve godine, dodato je između 30.000 i 40.000 m<sup>3</sup> otpada u različitim debljinama.

Kako bi se prikupili podaci o temperaturi i sastavu deponijskog gasa u dubini deponije, postavljene su sonde koje produbljuju istraživanje ispod inertnog materijala. Ove sonde su ključne za identifikaciju potencijalnih izvora požara koji mogu tinjati ili goreti ispod slojeva inertnog materijala, iako površina deluje potpuno mirno, bez znakova požara.

Proces sanacije i gašenja obuhvata istraživačke radove koji uključuju pripremu terena, obuku zaposlenih, pripremu zona, prevoz opreme i izvođenje merenja temperature i sastava gasa putem sonde. Sonde se postavljaju pomoću različitih metoda, uključujući bušenje, pneumatsko utiskivanje i ručno utiskivanje. Izrada mapa temperature i koncentracije gasova predstavlja ključni deo procesa, a sve aktivnosti se izvode u skladu sa strogo definisanim bezbednosnim standardima. Ovaj holistički pristup omogućava pravovremeno i efikasno upravljanje požarima na nesanitarnim deponijama, smanjujući njihove negativne posledice na životnu sredinu.

## **6. OČEKIVANI REZULTATI**

Sprovedenjem ovog projekta očekuju se ostvarivi i merljivi rezultati koji će popraviti početno stanje na deponiji Mislov do. Prvenstveno, sanacija dovodi do smanjenja rizika od požara i zagađenja, stabilizacije deponije, očuvanja javnog zdravlja i poboljšanja životnih uslova za lokalno stanovništvo. Uz to, projekat

doprinosi očuvanju životne sredine kroz smanjenje emisija gasova, zaštitu podzemnih voda i revitalizaciju oštećenog zemljišta, čime će se stvoriti uslovi za buduću upotrebu prostora na održiv način.

Sanacija deponije Mislov do dovela je do značajnog smanjenja učestalosti požara i emisije štetnih gasova. Rezultati projekta pokazuju da je moguće postići značajna poboljšanja kroz jasnu strategiju, adekvatne investicije i primenu savremenih tehnologija. Iako je problem nesanitarnih deponija i dalje prisutan, studija slučaja Mislov do predstavlja primer dobre prakse koja može poslužiti kao model za druge opštine u regionu.

Poboljšanje kvaliteta vazduha predstavlja jedan od ključnih očekivanih rezultata. Efikasno gašenje požara smanjiće emisije toksičnih gasova i praškastih materija koje negativno utiču na kvalitet vazduha. Očekuje se da će smanjenje ovih emisija rezultirati boljem kvalitetu vazduha u okolnim područjima, što će doprineti smanjenju rizika po zdravlje stanovništva.

Dalje, smanjenje ekoloških uticaja je još jedan važan cilj. Gašenje požara i sanacija deponija smanjiće kontaminaciju zemljišta i vodnih tokova, što će dovesti do smanjenja prisustva teških metala, pesticida i drugih opasnih spojeva u ovim ekosistemima. Ova poboljšanja će imati pozitivan uticaj na lokalnu ekologiju, očuvanje biodiverziteta i kvalitet zemljišta i voda.

Na kraju, očekuje se da će implementacija ovih mera doprineti stvaranju održivijih i bezbednijih uslova u lokalnim zajednicama, smanjujući rizike povezane sa nesanitarnim deponijama i unapređujući životne uslove za stanovništvo.

## **7. REZULTATI PROJEKTA**

Projekat sanacije nesanitarnih deponija i gašenja požara na lokaciji Mislov do u Nikšiću ostvario je nekoliko ključnih rezultata koji doprinose poboljšanju ekoloških i zdravstvenih uslova u okolini. Prvo, uspešno je smanjena emisija metana i drugih toksičnih gasova, što je doprinelo smanjenju zagađenja vazduha i rizika od globalnog zagrevanja. Postavljanjem zaštitnih barijera, projekat je značajno umanjio rizik od kontaminacije podzemnih izvora pitke vode, čime se štite resursi ključni za zdravlje i dobrobit lokalnog stanovništva.

Efikasne mere gašenja požara rezultirale su eliminacijom postojećih požara na deponiji, kao i smanjenjem rizika od budućih incidenata, čime je dodatno zaštićena lokalna zajednica. Projekat sanacije je učestvovao u obnovi narušenog ekosistema i poboljšanju biodiverziteta u oblasti. Na kraju, smanjen je rizik od respiratornih bolesti i drugih zdravstvenih problema povezanih sa izloženošću toksičnim materijama, čime je unapređen kvalitet života stanovništva u blizini deponije.

Na osnovu rezultata merenja vršenih na biotru 6 od 07.08.2024. (neposredno nakon izbijanja površinskog požara koji je zahvatio treći plato

nesanitarne deponije Mislov do, ali i deo srednjeg platoa) i merenja vršenih na biotrnju 6 od 02.09.2024. (pred završetak prve faze sanacije i gašenja podzemnih požara na nesanitarnoj deponiji Mislov do), može se uočiti značajno smanjenje koncentracije otrovnih i zapaljivih gasova kao što su CO, H<sub>2</sub>S i H<sub>2</sub>.

Rezultati su prikazani u tabelama 1 i 2, respektivno.

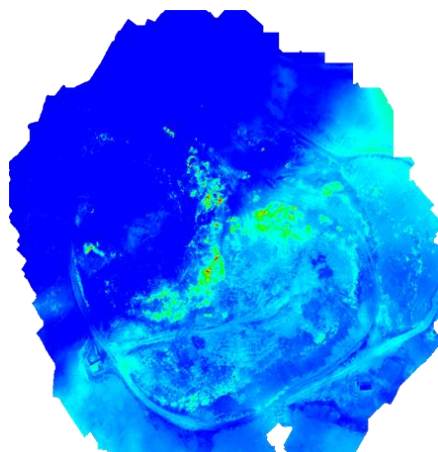
**Tabela 1.** Rezultati merenja vršenih 07.08.2024. na Biotrnu 6 nesanitarne deponije Mislov do

Vrsta gasova	Jedinica	Merenje	Opseg merenja
N		42°43'53"	
E		18°56'02"	
CH <sub>4</sub>	(%)	53	0-100%
O <sub>2</sub>	(%)	1.8	0-25%
CO <sub>2</sub>	(%)	Iznad opsega merenja	0-5 %
CO	(ppm)	61	0-2000 ppm
H <sub>2</sub> S	(ppm)	Iznad opsega merenja	0-100 ppm
H <sub>2</sub>	(ppm)	165	0-2000 ppm

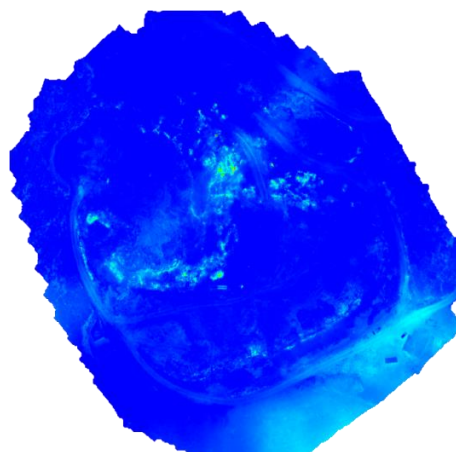
**Tabela 1.** Rezultati merenja vršenih 02.09.2024. na Biotrnu 6 nesanitarne deponije Mislov do

Vrsta gasova	Jedinica	Merenje	Opseg merenja
N		42°43'53"	
E		18°56'02"	
CH <sub>4</sub>	(%)	54	0-100%
O <sub>2</sub>	(%)	1.2	0-25%
CO <sub>2</sub>	(%)	Iznad opsega merenja	0-5 %
CO	(ppm)	29	0-2000 ppm
H <sub>2</sub> S	(ppm)	87	0-100 ppm
H <sub>2</sub>	(ppm)	90	0-2000 ppm

Upoređivanjem merenja na istom biotrnju došlo je do poboljšanja kvaliteta deponijskog gasa povećanjem udela metana i snižavanjem koncentracija svih ostalih parametara deponijskog gasa uz smanjenje temperature. Sve isto je pratilo smanjenje temperature deponijskog gasa. Na slikama 2 i 3 može se videti kako je podzemni požar potpuno potisnut i ostao u tragovima. Termalni snimak sa slike 2, nastao je 23.08.2024., a termalni snimak sa slike 3, nastao je 03.09.2024. Isto se vidi analizom i ranijih snimaka sa početka radova do 23.08.2024. godine. Intenzitet i aktivnost požara se smanjuju sa svakim termalnim snimkom, a kvalitet deponijskog gasa se popravlja do očekivanih parametara za redovan rad deponije.



**Sl. 2.** Termalni snimak nesanitarnе deponije Mislov do od 23.08.2024.



**Sl. 3.** Termalni snimak nesanitarnе deponije Mislov do od 03.09.2024.

## 8. ZAKLJUČAK

Rešavanje problema nesanitarnih deponija i požara na njima predstavlja ključni izazov u oblasti zaštite životne sredine na ovom području. Dok projekti sanacije poput onog na deponiji Mislov do nude konkretna rešenja, za postizanje održivog napretka potrebno je kontinuirano ulaganje i unapređenje regulatornog okvira.

Sanacija nesanitarnog odlagališta otpada i gašenje požara na deponijama igraju ključnu ulogu u poboljšanju životne sredine i očuvanju ljudskog zdravlja. Efikasno sprovedeni sanacioni projekti donose značajne ekološke, zdravstvene i ekonomske koristi. Kroz implementaciju sveobuhvatnih mera sanacije moguće je smanjiti negativne uticaje nesanitarnog odlagališta, što doprinosi boljoj zaštiti prirode i unapređenju kvaliteta života zajednice.

Dalji napor u ovoj oblasti treba da se fokusiraju na primenu inovativnih tehnologija za reciklažu i smanjenje otpada, jačanje regulativa i podizanje svesti o važnosti održivog upravljanja otpadom. Na osnovu ovog istraživanja, preporučuje se povećanje ulaganja u infrastrukturu za izgradnju i održavanje biotrnova i gasnih bunara, razvijanje lokalnih kapaciteta za upravljanje deponijama, unapređenje regulative kako bi se smanjila učestalost nesanitarnog odlaganja otpada i podizanje svesti javnosti kroz obrazovne kampanje.

Ove mere će doprineti smanjenju pritiska na postojeće deponije i obezbediti dugoročno održivo rešenje za upravljanje otpadom.

---

**LITERATURA**

- [1] D.R. Blake, F.S. Rowland, *Science*, 239(4844) (1988) 1129-1131.  
doi:10.1126/science.239.4844.1129
- [2] H. Zhang, P. He, L. Shao, *Atmospheric Environment*, 42 (22) (2008) 5579-5588. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.03.010>
- [3] N. Sanphoti, S. Towprayoon, P. Chaiprasert, A. Nopharatana, *Journal of Environmental Management*, 81(1) (2006) 27-35.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.10.015>
- [4] <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Fullreport.pdf>

UDK: 504.06:622.272.(045)=163.41

Primljen: 18.11.2024.

DOI: 10.5937/bakar2402019J

Prerađen: 28.11.2024.

NAUČNI RAD

Prihvaćen: 29.11.2024.

Oblast: Inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu

## KONTROLE SPROVOĐENJA MERA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE PRI PODZEMNOJ EKSPOLATACIJI RUDE

### CONTROLS OF THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES DURING UNDERGROUND ORE EXPLOITATION

Ivan Jovanović<sup>1</sup>, Novica Staletović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Anštajna 1, 19210 Bor, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet Union „Nikola Tesla“, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Cara Dušana 62-64, 11000 Beograd, Srbija

<sup>1</sup> E-mail: ivan.jovanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5174-3734>

<sup>2</sup> E-mail: nstaletovic@unionnikolatesla.edu.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8450-5564>

#### Izvod

*Usled eksploatacije rudnog ležišta dolazi i do uticaja tehnoloških parametara na životnu sredinu. Stoga je potrebno analizirati i proceniti rizike po životnu sredinu na odobrenom eksploatacionom prostoru i preduzeti mere i uslovi za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Cilj rada je naglasiti da je značajno upravljati životnom sredinom, da se treba da utvrde i preduzmu mere za otklanjanje, sprečavanje i smanjenje uticaja na životnu sredinu kako bi se ispunili uslovi za dalji nesmetani rad u rudniku bez kršenja zakonskih odredbi u pogledu zaštite životne sredine.*

**Ključne reči:** *upravljanje zaštitom životne sredine, mere zaštite životne sredine, podzemna eksploatacija rude*

#### Abstract

*Technological parameters also have an impact on the environment due to the exploitation of the ore deposit. Therefore, it is necessary to analyze and assess environmental risks in the approved exploitation area and take measures and conditions to prevent, reduce and eliminate harmful impacts on the environment and human health. The aim of the paper is to emphasize that it is important to manage the environment, that measures should be determined and taken to eliminate, prevent and reduce environmental impacts in order to meet the conditions for further uninterrupted operation of the mine without violating legal provisions regarding environmental protection.*

**Keywords:** *environmental management, environmental protection measures, underground mining*

## 1. UVOD

Osnovni metodološki pristup i sadržaj identifikacije aspekata i vrednovanja uticaja na životnu sredinu povezan je zahtevima tačke 4.3.1., standarda SRPS ISO 14001: 2005, kao i zakonskih zahteva pre svega Zakona o zaštiti životne

sredine, Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima, kao i podzakonskih akata koji se tiču ove oblasti. [1,2]

U rudarstvu, kao i u drugim industrijskim granama, potreban je izraditi plan upravljanja zaštitom životne sredine. Ovakav dokument predstavlja upravljački instrument kojim se obezbeđuje preduzimanje preventivnih mera usmerenih na očuvanje životne sredine. [3] On, takođe, predstavlja jedan od osnovnih uslova za uspostavljanje sistema upravljanja zaštitom životne sredine. [4]

U okviru ovakvog dokumenta, prvo se sagledavaju uslovi na odobrenom eksploatacionom prostoru i bližoj okolini na kojoj je rudnik. [5] Zatim se vrši analiza stanja procesa rada, vrši se identifikacija i analiza aspekata životne sredine i utvrđuje značaj njihovog uticaja na životnu sredinu. [6]

Kada se sagledaju i procene rizici mogućih udesa i vanrednih situacija, definišu se mere u cilju sprečavanja, smanjenja ili otklanjanja svih značajnih uticaja na životnu sredinu. [7] Takođe, definiše se i program za praćenje i merenje (monitoring) kvaliteta životne sredine u toku rada, odnosno odvijanja tehnoloških operacija u rudniku. [8]

U ovom radu prikazaće se rezultati sprovođenja mera zaštite životne sredine pri podzemnoj eksploataciji rude.

## 2. TEORIJSKE OSNOVE

Kao primer rudnika sa podzemnom eksploatacijom rude, uzeto je ležište „Brdo“ u široj okolini Rudnika kod Gornjeg Milanovca.

Složena geološka građa terena stvarana je tokom duge geološke istorije. Postojanje stena sa različitom strukturnom poroznosti, intenzivna tektonska poremećenost stenskog masiva i dr., usloveli su složenost hidrogeoloških odnosa u terenima šire okoline Rudnika. Na osnovu podataka dobijenih dubinskim istražnim bušenjem ležište rude gvožđa „Brdo“ genetski i prostorno se povezuje sa skarnovskim (kontaktno metasomatskim) kompleksom stena intermedijarne magme. Utvrđene su granice između samog ležišta i okolnih pratećih stena, i to da se u krovinskom delu ležišta nalazi kaolinisani andezit, dok u podinskom dolomit.

Samo ležište je na prelazu između slabo raspucanih do monolitnih stena, sa nepravilnim rasporedom pukotina. Dubinskim istražnim bušotinama sa jezgrovanjem je ustanovljeno da se u okolini u kojoj se pozicioniralo ležište nalazi veliki broj raseda. Ovi rasedi su nastali kao rezultat postrudnih deformacija, koje su imale glavnu ulogu u oblikovanju i definisanju rudnog tela. Zahvatanje ležišta rasedima dovelo je do pojave više sistema pukotina u okviru rudnog masiva, a što se odrazilo na degradaciju osnovne stenske mase. Pukotinski sistemi su pretežno koncentrisani u samom ležištu, dok krovina i podina ležišta spadaju u kategoriju slabo raspucanih stena sa nepravilnim rasporedom pukotina.

Na osnovu podataka koji su dobijeni dubinskim istražnim bušotinama sa jezgrovanjem, o sastavu kako samog ležišta tako i krovinskim i podinskim stena, o osnovnim geometrijskim i tektonskim karakteristikama samog ležišta za otkopavanje se primenjuje metoda podetažnog otkopavanja sa otvorenim otkopima.

Zbog uticaja konfiguracije terena i velike dubine zaleganja, kao kapitalne prostorije otvaranja usvajaju se vertikalna okna. Postoji još nekoliko načina otvaranja koji su uzeti u obzir, ali je ovakav način usvojen na osnovu uslova koji pruža teren i takođe na osnovu ekonomske isplativosti kao jedan od najznačajnijih faktora na početku radnog veka rudnika.

Vertikalna okna su sa centralnim razmeštajem, što podrazumeva pozicioniranje okana u pravcu sredine ležišta. Okna se nalaze u istom jamskom krugu rudnika, a takav položaj je pogodan za organizaciju održavanja i opsluživanja okana.

Jedno okno služi za izvoz iskopina, prevoz ljudi, ulazak sveže vazdušne struje, odvodnjavanje, dopremu neophodnih materijala za funkcionisanje jame, postavljanje električnih, vodovodnih i drugih instalacija, dok je funkcija drugog okna za izlazak istrošene vazdušne struje iz jame. U ventilacionom oknu, radi mera predostrožnosti, postavljen je i jedan koš za prevoz ljudi, ukoliko se desi neka nesreća tako da ne može da se izađe regularnim putem.

Izvozno okno i ventilaciono okno, smešteni su u podinskom boku ležišta van granice zone zarušavanja. Okna su izrađena na međusobnom rastojanju od 50 m. Prostorije otvaranja nalaze se na platformi. Za otvaranje ležišta bira se metoda centralnog otvaranja.

### **3. SIGURNOSNE MERE**

Prilikom eksploatacije ležišta veoma je bitno da nadležni organi rudnika izrade uputstva za rad, koja će radnici koristiti prilikom rukovanja mašinom i radu na otkopavanju. Uputstvo treba da sadrži objašnjenje rada mašine, prikazuje i objašnjava postupke kojih radnik treba da se pridržava pri radu na otkopavanju.

Prilikom otkopavanja ležišta potrebno je izraditi sledeća uputstva:

- Uputstvo za rad na bušenju minskih bušotina;
- Uputstvo za rad na miniranju;
- Uputstvo pri radu utovarno-transportne mehanizacije; i
- Uputstvo za rad na izvozu.

Sve tehnološke faze eksploatacije rude i svi objekti moraju da budu u skladu s propisima o zaštitnim merama pri radu. Pored niza dužnosti na sprovođenju sigurnosnih mera i zaštite na radu koje su regulisane zakonskim normativima, rudnik je dužan da odrediti i posebne mere zaštite na radu s



obzirom na specifične prilike i opasnosti u dotičnom rudarskom objektu, a takođe i odgovarajuću zaštitnu opremu.

### **3.1. Mere sigurnosti prilikom rukovanja eksplozivnim sredstvima**

Opasnost i teške posledice koje mogu nastati usled nestručnih i nepravilnih postupaka pri transportu, skladištenju i upotrebi eksplozivnih sredstava, zahtevaju da se svi ljudi koji rukuju ili manipulišu eksplozivnim sredstvima dobro upoznaju sa svojstvima eksplozivnih sredstava i upute kako se s njima pravilno i bez opasnosti rukuje.

U projektovanom rudniku podzemne eksploatacije - jami, na osnovu minersko-tehničkih svojstava, predviđa se upotreba privrednog praškastog eksploziva „Amonex1“.

Za postizanje što sigurnijeg rada prilikom paljenja većeg broja mina u svim prostorijama otvaranja, razrade, otkopavanja i pripreme, predviđa se električno paljenje mina. Na temelju važećeg „Pravilnika o merama zaštite pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranj u rudarstvu“, moraju se na pogonu razraditi detaljnija tehnička uputstva koja će služiti kao dopuna prilagođena za postojeću tehniku miniranja, projektovanja radilišta, rasporeda mina na radilištima, te detaljnije regulisane dužnosti rukovodećeg i tehničkog osoblja, palilaca mina i drugih osoba ovlašćenih za rukovanje eksplozivnim sredstvima.

Posebnu pažnju treba posvetiti ispitivanju ispravnosti eksplozivnih sredstava, kako prilikom prijema novih pošiljki, tako i nakon propisanih rokova za proveru.

Eksplozivna sredstva za projektovanu jamu čuvaće se u magacinu eksploziva, koji će se izgraditi u jami, a dovoziće se iz glavnog skladišta eksplozivnih sredstava, koje je na površini. Magacin eksplozivnih sredstava u jami, mora biti izrađen u izlaznoj vazdušnoj struji zbog mogućih neželjenih havarija. Takođe, eksplozivi i upaljači se moraju skladištiti u posebnim prostorijama.

### **3.2. Mere zaštite na radu u jami**

Sa aspekta sigurnosti, projektovana jama je dosta sigurna, te nema posebnih izvora opasnosti. Karakteristike ležišta rude su takve da nema mogućnosti nastajanja eksplozije, požara, prodora vode, kao ni opasne prašine.

### **3.3. Posebne mere zaštite pri otkopavanju**

U toku izvođenja radova na otkopavanju potrebno je pored redovnih preduzimanja mera zaštite, obratiti pažnju i na sledeće:

1. Održavati čist i slobodan prostor u pristupnom hodniku otkopnog radilišta u svim fazama rada na otkopu.

2. Kod rada sa bušačim čekićem, utovarno-transportnom mašinom i drugim mašinama i uređajima na otkopu, strogo se treba pridržavati uputstava pri radu.
3. Sva bušenja u jami moraju se obavljati s vodenim ispiranjem u cilju suzbijanja nastajanja prašine.
4. Rukovanje elektro-hidrauličnim bušačim mašinama, utovarno-transportnim mašinama i ostalom mehanizacijom dozvoljeno je samo kvalifikovanim rudarskim radnicima, koji su obučeni i poseduju rešenja za rad sa dotičnim mašinama.
5. Na čelu otkopnog radilišta mora se osigurati stalno jako svetlo.
6. U otkopane prazne prostore koje se zasipavaju strogo je zabranjen svaki ulaz.

### **3.4. Posebne mere zaštite pri radu sa dizel utovarno-transportnim mašinama**

Pri radu s utovarno-transportnom mašinom na dizel pogon potrebno je naročito se pridržavati sledećih mera zaštite:

1. Pridržavati se svih uputstava od strane proizvođača mašine.
2. Za vreme rada na utovaru rude i/ili jalovine na čelu radilišta se ne sme niko nalaziti.
3. Ostali materijal se može prevoziti samo uz odobrenje i uputstvo tehničkog rukovodioca pogona.
4. Pre početka rada sa utovarno-transportnom mašinom, rukovalac mašine je dužan pregledati opštu ispravnost mašine.

U toku rada utovarno-transportne mašine, rukovalac je dužan da:

1. stalno promatra stanje stropa otkopa na području utovara i transporta,
2. brine se da čitav transportni put bude čist,
3. sa neispravnom mašinom ne sme raditi, nego je o neispravnosti mašine dužan da obavesti smenskog nadzornika koji će organizovati popravku, i
4. na kraju rada rukovalac je dužan da dobro očistiti mašinu.

### **3.5. Lična zaštitna sredstva**

Radnici zaposleni u jami moraju imati sledeća zaštitna sredstva:

1. Šlem
2. Čizme
3. Radno odelo
4. Lampu
5. Zaštitni opasač
6. Rukavice

---

Takođe, u svim službenim prostorijama u jami se mora nalaziti sandučić prve pomoći i aparat za gašenje požara na vidnom i pristupačnom mestu.

### **3.6. Zaštita od opasnih gasova**

U ležištu rude sa podzemnom eksploatacijom, od opasnih gasova, moguća je pojava nitroznih gasova kao posledica miniranja i eventualno u manjim količinama CO<sub>2</sub>, kao posledica truljenja jamske građe. Predviđeno je redovno kontrolisanje i ispitivanje prisutnosti gasova pomoću instrumenata namenjenih za te svrhe.

### **3.7. Zaštita od mineralne prašine**

Tehnološke faze u kojima dolazi do stvaranja velikih količina prašine su bušenje i miniranje. Postupkom mokrog bušenja će se u većoj meri „oboriti“ prašina. Takođe, i odgovarajućim provetravanjem radilišta, koncentracija prašine neće preći maksimalno dozvoljene koncentracije.

### **3.8. Zaštita od požara**

Izgradnja rudarskih prostorija izvodi se u stabilnoj stenskoj sredini uz samo delimično podgrađivanje sidrenjem i torketiranjem, tako da ne postoji opasnost od zapaljivih podgradnih elemenata. Drvena građa se primenjuje, po potrebi, u otkopnom bloku za osiguranje krovine i u transportnim hodnicima u vidu drvenih impregniranih pragova. U jami ne postoji drugi izvor opasnosti od nastajanja požara.

### **3.9. Zaštitne mere na površini**

Zaštitne mere na površini se odnose na:

1. Zaštitu objekata
2. Zaštitu zone zarušavanja

### **3.10. Zaštita objekata**

U smislu važećih Pravilnika o zaštiti na radu, svi površinski objekti i postrojenja moraju biti snabdeveni protivpožarnim, higijenskim i sanitarnim uređajima. Izvozni toranj će biti povezan sa upravnom zgradom i ostalim pogonima u čijem okviru će se izgraditi priručna ambulanta za pružanje prve pomoći, a planiraju se i dežurna sanitetska kola u slučaju hitne intervencije. Na području jame su planirane i prostorije za četvu za spasavanje, vatrogasnu stanicu, kupatila, menze i ostale magacinske prostore. Jama će biti povezana sa objektima na površini telefonskom vezom.

### 3.11. Zaštita zone zarušavanja

Sama primena ove metode dovodi do izvesnog sleganja tla na površini, tako da je neophodno da se površina terena adekvatno zaštiti. Lokacija ležišta je veoma povoljna, s obzirom da se na površini ne nalaze objekti od većeg značaja. Kada dođe do sleganja terena, takvi prostori će se sanirati nasipavanjem jalovine koja će se ionako nalaziti u okruženju, s tim da će se nasipavanje izvoditi tek po okončanju eksploatacije na dotičnom ležištu.

### 3.12. Potrebna dokumentacija

U rudniku sa podzemnom eksploatacijom, gde se izvode radovi, izvođač radova obavezan je da poseduje sledeću dokumentaciju, i to:

- Rešenje o registraciji preduzeća, PIB i šifru delatnosti;
- Radni nalog ili ugovor po kome se izvode radovi;
- Rešenje za rukovodioca radova;
- Plan upravljanja zaštitom životne sredine;
- Izjave zaposlenih da su upoznati sa Planom upravljanja zaštitom životne sredine;
- Spisak zaposlenih koji su upoznati sa Planom upravljanja zaštitom životne sredine;
- Potvrdu, u pisanom obliku, o upoznavanju zaposlenih sa značajnim aspektima životne sredine i zahtevima u vezi zaštite životne sredine, u smislu identifikacije, transporta, manipulacije, skladištenja opasnih materijala i odlaganja opasnog otpada, i zahtevima industrijske higijene i redu na radu u jami;
- Evidenciju povećanih rizika po životnu sredinu i zdravlje ljudi za sve značajne aspekte životne sredine i opremi i sredstvima koja su u funkciji zaštite životne sredine;
- Odluku o određivanju lica za zaštitu životne sredine;
- Procedure i uputstva iz okvira sistema za upravljanje zaštitom životne sredine.

Odgovorna lica za zaštitu životne sredine dužna su da poseduju i:

- dokumentaciju u vezi sa zaštitom životne sredine da rudnik ispunjava propisane uslove za ove poslove i da je kao takav spreman za izvršenje pomenutog posla eksploatacije ležišta rude,
- ovlašćenja,
- licence,
- razna uputstva,

- 
- osiguravajuću polisu osiguranja od nastanka štete prema životnoj sredini, ateste, sertifikate, stručne nalaze, MSDS liste itd.,
  - potvrdu da su zaposleni prošli obuku i praktičnu proveru znanja iz oblasti zaštite od požara i poznavanju i upravljanju značajnim aspektima životne sredine,
  - obaveste da uredno vode dokumentaciju u pregledu količina neopasnog/opasnog otpada i da poseduju Proceduru upravljanja otpadom,
  - obaveste o poštovanju radne, tehnološke discipline,
  - obaveste ukoliko se zaposleni ne pridržavaju procedura i uputstava za zaštitu životne sredine,
  - obaveste o najavljenoj poseti inspekcijskih organa kada za to ima saznanja,
  - obaveste o ispunjavanju obaveze prema nadležnoj inspekciji za zaštitu životne sredine,
  - obaveste o bezbednosnim procenama u pogledu potencijalnih ekoloških udesa i vanrednih situacija i da na osnovu toga preduzimaju dopunske mere zaštite životne sredine.

### **3.13. Kontrola sprovođenja mera**

Kontrola sprovođenja mera zaštite životne sredine pri podzemnoj eksploataciji rude podrazumeva i:

- informisanje zaposlenih o dužnostima i obavezama iz oblasti zaštite životne sredine,
- redovno održavanje sastanaka koji se odnose na pridržavanje propisa iz oblasti zaštite životne sredine u toku izvođenja rada,
- imenovanje lica za sprovođenje mera zaštite životne sredine koji će biti na mestu izvođenja radova,
- poštovanje naložene mere ili uputstva za zaštitu životne sredine koju izdaje odgovorno lice za zaštitu životne sredine,
- pridržavanje svih zakonskih, tehničkih i internih propisa iz zaštite životne sredine, kao i svih normi i standarda koji definišu oblast zaštite životne sredine,
- adekvatno uređena radna mesta, sa primenjenim svim merama zaštite, postavci oznaka zabrane, upozorenja, obaveza i oznaka u vezi zaštite radne i životne sredine,
- redovno vršenje, praćenje, merenje i preduzimanje preventivnih mera u vezi zaštite životne sredine,
- pridržavanje svih zakonskih, tehničkih i internih propisa iz oblasti zaštite životne sredine, u smislu identifikacije, transporta, manipulacije, skladištenja opasnih materija i odlaganja opasnog otpada.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Cilj upravljanja životnom sredinom je poboljšanje kvaliteta ljudskog života, zadovoljavanje i unapređenje ljudskih potreba na održivoj osnovi uz pravljenje minimalne štete prirodnim staništima i ekosistemima.

Sprovođenje i kontrola mera zaštite životne sredine pri podzemnoj eksploataciji rude se odnosi na upravljanje ekološkim programima od strane rudnika na planski, sveobuhvatan, sistematičan i dokumentovan način. On mora uključiti organizacionu strukturu, planiranje i resurse za razvoj, sprovođenje i održavanje politike zaštite životne sredine.

Sprovođenje i kontrola mera zaštite životne sredine služi kao sredstvo za poboljšanje ekoloških performansi i obezbeđuje sistematičnost u načinu kojim rudnik upravlja poslovima životne sredine, i dovodi do ekonomske koristi kao što su niži troškovi i naknade u vezi sa životnom sredinom i direktne uštede kroz smanjenje izvora koji ugrožavaju životnu sredinu.

#### **ZAHVALNOST**

*Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije za finansijsku podršku naznačenu ugovorom br. 451-03-66/2024-03/200052.*

#### **LITERATURA**

- [1] Zakon o zaštiti životne sredine, „Službeni glasnik RS“, br. 135 od 21. decembra 2004, 36 od 15. maja 2009, 36 od 15. maja 2009 - dr. zakon, 72 od 3. septembra 2009 - dr. zakon, 43 od 14. juna 2011 - US, 14 od 22. februara 2016, 76 od 12. oktobra 2018, 95 od 8. decembra 2018 - dr. zakon, 94 od 28. novembra 2024 - dr. Zakon
- [2] „Službeni glasnik RS“, br. 101 od 8. decembra 2015, 95 od 8. decembra 2018 - dr. zakon, 40 od 22. aprila 2021.
- [3] A. Dajankac, International Program and Sustainability Manager, DQS Group, 24.02.2024.
- [4] S. Živković, S. Milutinović, Upravljanje zaštitom životne sredine, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2021.
- [5] S. Živković, M. Veljković, Economic of Sustainable Development, Vol. 4, 2 (2020) 37-47.

- [6] Đ. Milosavljević, B. Milovanov, Istraživanja i projektovanja za privredu, 1 (2003) 41-48.
- [7] P. Marković, N. Đereg, Rudarstvo – opasnosti i izazovi u zaštiti životne sredine, Centar za ekologiju i održivi razvoj, Subotica, 2022.
- [8] Uredba o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri podzemnoj i površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, „Službeni glasnik RS“, br. 65 od 14. septembra 2010, 159 od 30. decembra 2020.

## TUNELSKA KONSTRUKCIJA TRAKASTOG TRANSPORTERA

### BELT CONVEYOR TUNNEL SUPPORT STRUCTURE

Miloš Živanović<sup>1a</sup>, Nikola Miljković<sup>1b</sup>, Jelena Stefanović<sup>1c</sup>,  
Nikola Jovanović<sup>1d</sup>, Zlatko Pavlović<sup>1e</sup>

<sup>1</sup>Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Ajnštajna 1, 19210 Bor, Srbija

<sup>1a</sup>Email: milos.zivanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-3331-4294>

<sup>1b</sup>Email: nikola.miljkovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2372-3942>

<sup>1c</sup>Email: jelena.stankovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6418-1814>

<sup>1d</sup>Email: nikola.jovanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0982-2576>

<sup>1e</sup>Email: zlatko.pavlovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8102-1820>

#### Izvod

U radu će biti obrađen deo trase Idejnog projekta sistema transporta nusprodukata nakon Ekološke rekonstrukcije termoelektrane Pljevlja. Trasa trakastog transportera dužine 4,5km jednim svojim delom kod Borovičkog jezera ulazi u tunel. Opisani su položaj tunela u odnosu na trasu, izbor poprečnog preseka, proračun konstruktivnih elemenata i uklapanje u ambijentalnu celinu oko jezera.

**Glavne reči:** tunel, trakasti transporter, Šumane, trasa, transport nusprodukata

#### Abstract

This paper will cover the Preliminary Design of the by-products transport system after the Ecological reconstruction of the thermal power plant Pljevlja. The 4.5 km belt conveyor long route enters the tunnel at Borovica Lake. Tunnel position is in relation to the route, the cross-section selection, calculation of structural elements and fitting into the ambient unit around the lake are described.

**Keywords:** tunnel, belt conveyor, Šumane, route, by-products transport

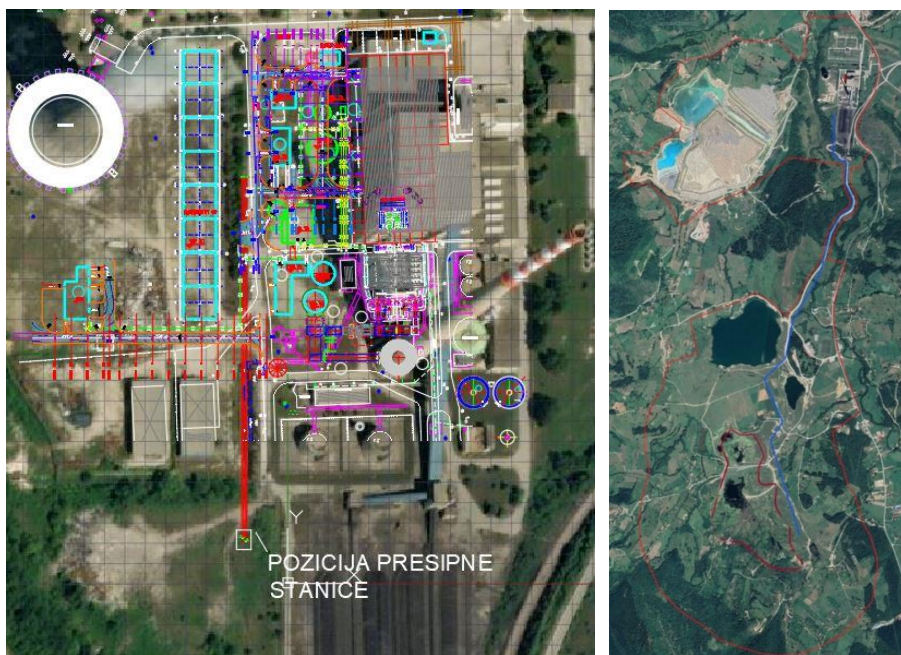
## 1. UVOD

Popunjenost postojeće deponije Maljevac i otvaranje nove deponije nusprodukata Šumane, uslovljeni su završetkom Projekta ekološke rekonstrukcije termoelektrane Pljevlja. Smanjenje uticaja postrojenja termoelektrane na životnu sredinu realizovaće se kroz kontrolisani transport i odlaganje nusprodukata nastalih sagorevanjem uglja u procesu proizvodnje električne energije. Neophodno je da novi transportni sistem omogući stabilan kontinuiran transport pepela, šlajke i gipsa na ekološki prihvatljiv način. U obzir se mora uzeti i kontinuitet odlaganja ovih nusprodukata u cilju nesmetanog rada čitavog elektroenergetskog sistema. Karakteristike materijala koje je potrebno transportovati od silosa u okviru TE do zadate deponije Šumane, kao i princip



pražnjenja silosa predstavljaju jedan od potrebnih ulaznih podataka za odabir trase, mašinske opreme i ekonomske pokazatelje i oni su preuzeti iz projektnog zadatka kao i iz projekta Ekološke rekonstrukcije. Svi materijali koji se transportuju privremeno su odloženi u silose u krugu termoelektrane. Silos za pepeo je betonska cilindrična konstrukcija zapremine  $3200\text{m}^3$ , silos za šljaku je čelična cilindrična konstrukcija zapremine  $400\text{m}^3$ , a silos za gips je betonski zapremine  $600\text{m}^3$ . Trasa transportera sastoji se od dva segmenta i to transporta u okvirima termoelektrane do presipne stanice i transporta od presipnog mesta do deponije Šumane. Na slici 1 dati su segmenti sistema transporta. U procesu odabira najpovoljnije trase, posebno se vodilo računa o položaju izgrađenih i novopredviđenih objekata u sklopu Ekološke rekonstrukcije, o položaju novoprojektovanih saobraćajnica i tehničko-tehnoloških zahteva opreme (nagibi transportera). [1]

U okviru drugog segmenta, koji se nalazi van kruga TE Pljevlja, sve do deponije Šumane, nalaze se transportni čelični mostovi, presipna mesta transportnih mostova, tunelska konstrukcija transportera, propusti i delovi transportnog sistema na tlu direktno oslonjeni na temelje koji su na međusobnom rastojanju od 3m. Predmet razmatranja ovog rada biće upravo tunelska konstrukcija kod Borovičkog jezera na stacionaži 1+920m. [2]



**Sl. 1.** Transport u okviru TE (levo) i trasa transportnog sistema obeležena plavom bojom (desno), UTU crvena boja (desno)

Trakastim transporterima upravlja se SCADA sistemom u kom su

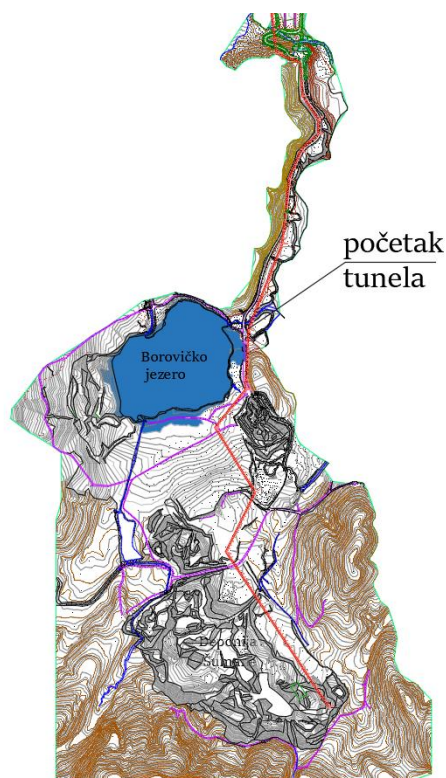
implementirani senzori za praćenje rada, ceo sistem je automatizovan, u njemu se nalaze i mehanički sigurnosti uređaji za sprečavanje zastoja i havarije. Transporteri su pokriveni su orebrenim pocinkovanim metalnim poklopcima. Na slici 2 prikazan je primer pokrivenih transportera.



Sl. 2. Primer pokrivenih transportera [3]

## 2. LOKACIJA TUNELA

Prilikom odabira mesta ulaza trakastog transportera u tunel, vodilo se računa pre svega o preporukama definisanim u urbanističko-tehničkim uslovima koje se tiču preporučene dužine, estetskom i funkcionalnog položaja početka tunela, postojećih saobraćajnica i same topografije terena. Pre svega, zona Borovičkog jezera postaće u bliskoj budućnosti jedno od gradskih izletišta. Samim tim, eliminisanje buke, prašine, i obezbeđivanje kvalitetnije slike predela i vizure su bili najznačajniji faktori pri odabiru. Na slici 3 prikazan je početak tunelske konstrukcije na trasi transportnog sistema.

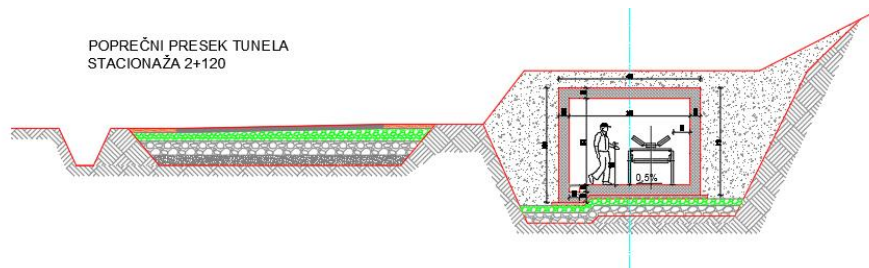


Sl. 3. Početak tunelske konstrukcije

### 3. TUNELSKA KONSTRUKCIJA TRANSPORTERA

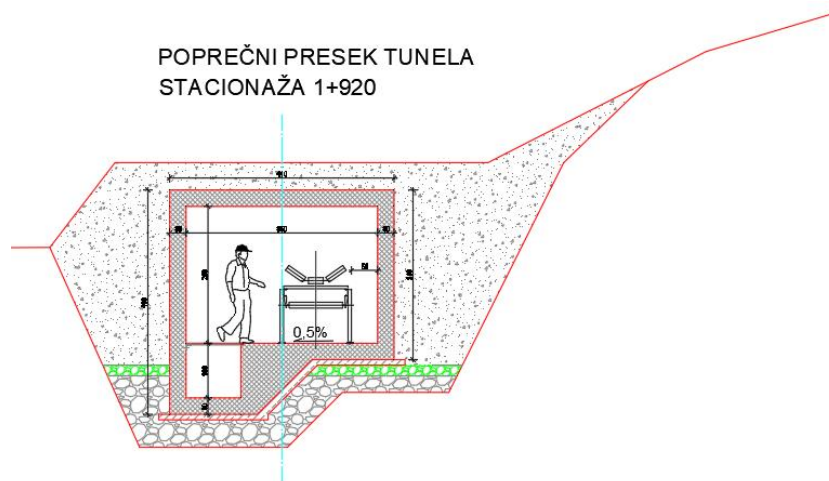
Za potrebe transportnog sistema od stacionaže 1+920 do stacionaže 2+635 predviđa se armirano betonski tunel. Tunel je dužine 715 m, dimenzija svetlog otvora: širina 3,50 m i visina 2,50 m. Zidovi, temeljna i gornja ploča su debljine 30 cm. Tunel se duž trase nalazi u nagibu od 1,75% do 8,1%. Na delu trase od stacionaže 1+920 do stacionaže 2+220 trasa tunela prati trasu puta. Iskop za gradnju predviđen je kao široki iskop sa nagibom kosina 1H:2V odnosno 1H:3V, zavisno od geoloških karakteristika terena i slojeva tla. Ispod temeljne ploče tunela nalazi se sloj mršavog betona debljine 10 cm i sloj zamene tla od 30-50 cm od dvofrakcijskog drobljenog agregata maksimalne krupnoće zrna 63,5 mm. Slojevi zamene tla se zbijaju u debljini od po 20 cm do postizanja modula stišljivosti od 50MPa.

Na slici 4 prikazan je poprečni presek tunelske konstrukcije uz saobraćajnicu pored Borovičkog jezera.



Sl. 4. Poprečni presek tunelske konstrukcije uz Borovičko jezero

U tunelskoj konstrukciji sa jedne strane nalazi se kanal u temeljnoj ploči širine 30 cm i dubine 20 cm koji služi za skupljanje vode koja se eventualno pojavi u samom tunelu. Na svakom presipnom mestu nalazi se sabirni šaht dimenzija 100x100 cm i dubine 1,0 m u koji je smeštena pumpa za prepumpavanje vode do početnog šahta na stacionaži 1+920. Sistemom cevovoda sva voda koja se prikupi u tunelskoj konstrukciji odvodi se u taložnik u krugu termoelektrane na prečišćavanje. Cevi za odvodnjavanje vode biće prikačene na transportni sistem sa donje strane transportne trake. Čelične rešetke služe za pokrivanje kanala duž čitave trase. Tunnel ima poprečni nagib od 0,5% ka kanalu. Na slici 5 prikazan je početni šaht za prikupljanje vode na stacionaži 1+920.

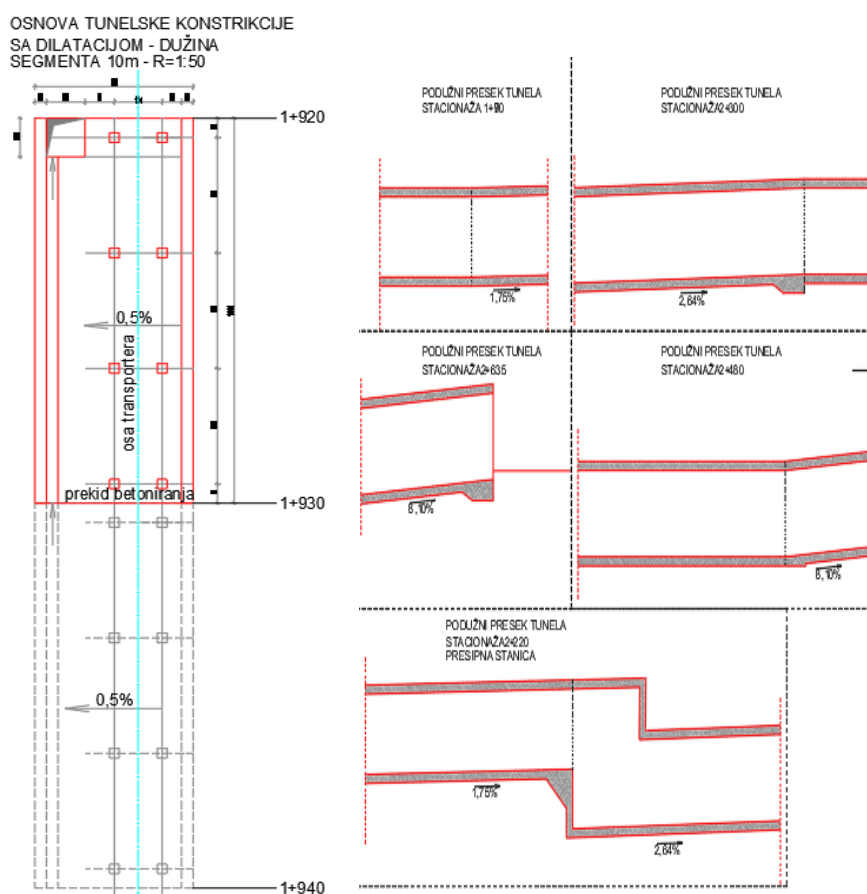


Sl. 5. Poprečni presek tunelske konstrukcije sa prijemnim šahtom za sakupljanje vode

Tunelska konstrukcija je podeljena je na 72 sekcije dužine 10m. Sekcije su određene kao tipske za prekide betoniranja. U zoni Borovičkog jezera, nivo podzemne vode je visoko, odnosno pri samoj koti terena. Za svaku sekciju koja se nalazi ispod nivoa podzemne vode na svim spojevima betona predviđene su

SIKA WATERBARS PVC-P trake za sprečavanje prodora podzemne vode u tunelsku konstrukciju. Na delu trase koja se nalazi iznad nivoa podzemne vode predviđene su bubreće trake SIKA SWELL P na svim spojevima betona. Na slici 6 prikazana su 2 segmenta sa označenim prekidom betoniranja i podužni preseki tunelske konstrukcije na trasi trakastog transportera.

Zatrpavanje tunelske konstrukcije i nadsloj zemlje iznad gornje ploče je debljine od 50-150 cm, zavisno od položaja na trasi i okolnog terena. Zatrpavanje će biti izvršeno tako da se što manje remeti prirodno okruženje pogotovo na delu trase uz saobraćajnicu u blizini jezera i budućeg izletišta.



Sl. 6. Segment tunela dužine 10m (levo), podužni preseki tunelske konstrukcije (desno)

Statički proračun konstrukcije i dimenzionisanje konstruktivnih elemenata urađeno je u programu "TOWER 8" - programu za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija.

Statički uticaji su sračunati po teoriji I reda, sa seizmičkim proračunom. Opterećenje od tla oko i iznad tunela uzeto je kao pritisak tla u stanju mirovanja. Podaci vezani za karakteristike tla uzeti su iz postojećeg geotehničkog elaborata i bušotina na mestima tunelske konstrukcije. Opterećenja od mašina za zatrpavanje su uzeta u obzir preko dinamičkih faktora, a tunelska konstrukcija analizirana je na dejstvo uzgona u toku građenja i nakon završetka svih radova. Opterećenje od uticaja podzemne vode na podnu ploču i bočne zidove uzeto je kao najnepovoljniji slučaj, odnosno najviši dostupan nivo podzemne vode koji se nalazi u podlogama za projektovanje. Iz mašinskih podloga preuzeta su opterećenja od same konstrukcije trakastog transportera i nusprodukata koji se transportuju. [4-12]

#### **4. ZAKLJUČAK**

Tunelska konstrukcija trakastog transportera projektovana je tako da zadovolji sve zahteve propisane u urbanističko-tehničkim uslovima. Najviši ekološki standardi vezani za minimalnu emisiju zagađujućih čestica, buke i zagađene otpadne vode u potpunosti su ispunjeni na mestu budućeg izlazišta smeštanjem trase transportera u tunelsku konstrukciju. Urbanistički i arhitektonski zahtevi uklapanja u okolni teren i neremećenje vizure postojećeg terena definitivno su prednosti odabira ovakvog rešenja. Eliminisanje uticaja spoljašnjih klimatskih promena tokom godine, povećanje trajnosti betonske i čelične konstrukcije trakastih transportera kroz smanjene efekte održavanja i pojave korozije su benefiti koji dodatno potvrđuju opravdanost rešenja.

#### **ZAHVALNICA**

*Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, kroz Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2024. godini sa Institutom za rudarstvo i metalurgiju Bor, broj: 451-03-66/2024-03/200052.*

#### **LITERATURA**

- [1] J. Odović, Urbanističko-tehnički uslovi broj 08-332/23-6990/5 od 29.12.2023. godine, za izradu tehničke dokumentacije za građenje objekata industrijske proizvodnje, na lokaciji urbanističkih i parcela UP2 i UP3 i površina specijalne namjene na UP4, KO Šumani 2, u zahvatu Detaljnog prostornog plana Termoelektrane Plevlja, (Sl. list Crne Gore - 38/16) opština Pljevlja, Crna Gora, Ministarstvo prostornog planiranja, urbanizma i državne imovine, Podgorica, odeljak 7.1-7.3.

- 
- [2] N. Vukotić, V. Sekulić, M. Rovčanin, D. Jestrović, M. Joksović, D. Mazalica, R. Debeljović, R. Gredić, S. Pedović, D. Mijušković, K. Minić, Elektroprivreda Crne Gore, A.D. Nikšić, Tehnička specifikacija za izradu tehničke dokumentacije; Izrada idejnog projekta sistema transporta nusprodukata nakon Ekološke rekonstrukcije TE Pljevlja; Izrada Elaborata o procjeni uticaja na životnu sredinu; Izrada glavnog projekta izgradnje deponije Šumane - fazno deponovanje, februar 2024., str. 4-17.
  - [3] <https://www.indiamart.com/proddetail/conveyor-belt-cover-hood-20390216912.html> (Pristupljeno 29.11.2024)
  - [4] Evrokod, Osnove projektovanja konstrukcija, MEST EN 1990:2013, MEST EN 1990:2013/NA:2013.
  - [5] Evrokod 1, Dejstva na konstrukcije, Dio 1-1: Opšta dejstva - Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade, MEST EN 1991-1-1:2017, MEST EN 1991-1-1:2017/NA:2017.
  - [6] Evrokod 1, Dejstva na konstrukcije, Dio 4: Silosi i rezervoari, MEST EN 1991-4:2019, MEST EN 1991-4:2019/NA:2019.
  - [7] Evrokod 2, Projektovanje betonskih konstrukcija, Deo1-1: Opšta pravila za zgrade, MEST EN 1992-1-1, MEST EN 1992-1-1/NA.
  - [8] Evrokod 8, Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Dio 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, MEST EN 1998-1:2015, MEST EN 1998-1:2015/NA:2015.
  - [9] Evrokod 8, Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Dio 5: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnički aspekti, MEST EN 1998-5:2019, MEST EN 1998-5:2019/NA:2019.
  - [10] Zakon o zaštiti i spašavanju, "Službeni glasnik CG", br. 13/2007, 5/2008, 32/11.
  - [11] Zakon o standardizaciji, "Službeni list CG", br. 145/2021 i 46/2015.
  - [12] Zakon o planiranju prostora i izgradnji objekata, "Službeni glasnik CG", br. 64/2017, 44/2018, 63/2018, 11/2019 - ispr. i 82/2020.

UDK: 621.314/.314(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402037V

NAUČNI RAD

Oblast: Elektrotehničko inženjerstvo

Primljen: 05.11.2024.

Prerađen: 08.11.2024.

Prihvaćen: 15.11.2024.

**ISPITIVANJE ELEKTROIZOLACIONIH PROSTIRKI  
U TS 35/10 kV I ANALIZA STVARNOG STANJA**

**TESTING OF ELECTRICAL INSULATION MATS  
IN TS 35/10 KV AND ANALYSIS OF THE ACTUAL SITUATION**

Jovan Vujić<sup>1</sup>, Božo Ilić<sup>2</sup>, Nebojša Đenić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jugoinspekt Beograd A.D., Čika Ljubina 8/V, 11000 Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu,  
Školska 1, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>3</sup>Narodna Skupština Republike Srbije, Trg Nikole Pašića 13,  
11000 Beograd, Srbija

<sup>1</sup> E-mail: vujicjovan12@mts.rs

<sup>2</sup> E-mail: ilic@vtsns.edu.rs

<sup>3</sup> E-mail: nebojsa.djenic@parlament.rs

**Izvod**

*Cilj ovoga rada je da predstavimo princip ispitivanja elektroizolacionih prostirki i rezultate ispitivanja kao i uočene nepravilnosti u eksploataciji istih u trafo stanicama 35/10 kV (TS 35/10) u Srbiji. Shodno napretku tehnologije uvodi se sve više automatike i računara u upravljanje radom TS, a osnovni pojmovi zaštite od napona dodira i napona koraka osoblja koje radi i boravi u tim postrojenjima su zapostavljeni. Činjenica je da su te TS objekti u kojima ljudi nisu stalno prisutni, ali oni ipak određeno vreme provode u njima i izloženi su raznim opasnostima. Vršeno je ispitivanje elektroizolacionih prostirki u nekoliko TS i rezultati su poražavajući.*

*Pored nepoštovanja procedura za rad, ti objekti često prokišnjavaju, prisutni su i razni glodari, a i nehigijena je na zavidnom nivou. Osnovni problem je što elektroizolacione prostirke nisu adekvatne svojoj svrsi, nisu pravilno postavljene, nedostatak pravilnog inspeksijskog nadzora, kao i propusti u zakonskoj regulativi koja definiše ovu oblast.*

**Ključne reči:** elektroizolaciona prostirka, struja odvoda, standard, prostorija, ispitni napon, zaštita

**Abstract**

*The aim of this paper is to present the principle of testing electrical insulation mats and the results of the tests as well as observed irregularities in their operation in transformer stations 35/10 kV (TS 35/10) in Serbia. In accordance with the progress of technology, more and more automation and computers are being introduced in the management of the operation of TS, and the basic concepts of protection against contact voltage and step voltage of the staff who work and stay in these facilities are neglected. The fact is that these TS are facilities where people are not constantly present, but they still spend a certain amount of time in them and are exposed to various dangers. Electrical insulation mats were tested in several TS and the results were devastating.*



---

*In addition to non-compliance with work procedures, these facilities often leak, various rodents are present, and unsanitary conditions are at an enviable level. The main problem is that the electrical insulating mats are not adequate for their purpose, they are not properly installed, the lack of proper inspection supervision, as well as the shortcomings in the legal regulations that define this area*

**Keywords:** *electrical insulating mat, drain current, standard, room, test voltage, protection*

## 1. UVOD

U današnje vreme život bez električne energije bio bi nezamisliv. Nema oblasti života koja bi mogla da funkcioniše bez električne energije. Potražnja za električnom energijom svakodnevno raste, tako da se proizvodni kapaciteti stalno povećavaju, a shodno tome i prenosni sistemi. Prenosni sistemi mogu biti na: visokom (400, 220 i 110 kV), srednjem (35 i 10 kV) i niskom (do 1 kV) naponu. TS 35/10 kV su počele mahom da se grade 60-ih godina prošlog veka, dok se danas teži ka TS 110/20 kV kako bi se izbacio jedan naponski nivo. [1-3]

TS 35/10 kV su uglavnom zidane zatvorenog tipa. Sastoje se iz razvodnog postrojenja 35 i 10 kV, odgovarajućih odvodnika prenapona, ćelija sa prekidačima i rastavljačima sa noževima za uzemljenje, ćelija za merenje sa odgovarajućom opremom, akumulatorskih baterija kao izvora jednosmernog napajanja neophodnog za rad postrojenja, i jednog ili više transformatora snage 4 ili 8 MVA. [1-3] Prilikom manipulacije sa opremom rukovalac je obavezan da stoji na elektroizolacionoj prostirci kao dopunskom sredstvu zaštite od napona dodira. [4]

## 2. ISPITIVANJE ELEKTROIZOLACIONIH PROSTIRKI

Elektroizolaciona prostirka se primenjuje kao zaštitno sredstvo za izolovanje stajališta sa kojega se obavljaju manipulacije električnim uređajima i ona predstavlja stalno postavljeno sredstvo zaštite. [5]

Ispitivanje elektroizolacionih prostirki vrši se prema standardu SRPS Z.B1.304:2002 i SRPS EN 61111:2012. U pripremi je i standard SRPS EN 61111:2024. U konkretnom slučaju imamo novi standard SRPS EN 61111:2012, ali nemamo pravilnik koji se poziva na navedeni standard, tako da je stari standard SRPS Z.B1. 304:2002 i dalje važeći. [6-8] U ovoj oblasti imamo dosta slučajeva da smo prihvatili nove standarde, ali ih nismo zakonskom regulativom verifikovali, tako da se tu pojavljuje vakuum u oblasti propisa što predstavlja veliki problem. Prema ovim standardima elektroizolacione prostirke se izrađuju od gume ili drugih elektroizolacionih materijala.

Zaštitne elektroizolacione prostirke izrađuju se u dva tipa:

- zaštitna elektroizolaciona prostirka tipa 1000, koja se upotrebljava kao zaštitno sredstvo u električnim postrojenjima čiji nazivni napon ne prelazi 1000 V, i

- zaštitna elektroizolaciona prostirka tipa 3000, koja se upotrebljava kao zaštitno sredstvo u električnim postrojenjima čiji nazivni napon prelazi 1000 V. [5]

Prema novom standardu SRPS EN 61111:2012, imamo pet klasa prostirki (0, 1, 2, 3 i 4), ali kod nas to još nije primenjeno u praksi.

Zaštitna elektroizolaciona prostirka po površini, na licu (gazeći sloj) mora biti glatka. Na zahtev naručioca, površina lica može biti urađena u reljefu. Elektroizolaciona prostirka se izrađuje iz jednog, dva ili više slojeva. Širina elektroizolacione prostirke je 1250 mm, a ako je manipulativni prostor manji elektroizolaciona prostirka mora da bude tolika da prekrije prostor od jedne do druge ivice zida. Najmanja debljina elektroizolacione prostirke može biti 3 mm. [9]

Ispitivanje se obavlja provlačenjem prostirke između dve elektrode brzinom od 2 cm do 3 cm u sekundi. Ispitne elektrode između kojih se elektroizolaciona prostirka provlači tokom ispitivanja mogu biti valjak – valjak ili valjak – ravna ploča, pri čemu prečnik valjka treba da bude 50 mm, a zaobljenost čeonih ivica 6 mm. Tokom ispitivanja prostirke mora da se obezbedi pritisak od 0,025 MPa između ispitnih elektroda. [5]

Ispitivanje se vrši naizmjeničnim naponom frekvencije 50 Hz i pri temperaturi okolne sredine od 15°C do 35°C. Napon treba da je sinusoidnog oblika. Odnos najveće i efektivne vrednosti mora da bude  $\sqrt{2} \pm 5\%$ . Nazivna snaga uređaja ne sme biti manja od 0,5 kVA (preporučuje se uređaj od 2 kVA), a napon kratkog spoja ne sme biti veći od 5%. [10] Ispitni napon koji se dovodi na ispitne elektrode treba povećavati pomoću regulatora, brzinom najviše 1000 V u sekundi. Kada se postigne pun ispitni napon, otpočinje se provlačenje prostirke. [11]

Pri naknadnom ispitivanju svaki komad prostirke tipa 1000 mora da izdrži ispitni napon od 3000 V pri provlačenju prostirke između ispitnih elektroda brzinom od 2 cm/s do 3 cm/s. Najveća dopuštena struja odvoda je 3 mA. [5]

Pri naknadnom ispitivanju svaki komad prostirke tipa 3000 mora da izdrži ispitni napon od 15 000 V pri provlačenju prostirke između ispitnih elektroda brzinom od 2 cm/s do 3 cm/s. Najveća dopuštena struja odvoda je 15 mA. [5]

Periodično ispitivanje zaštitnih elektroizolacionih prostirki koje se nalaze u eksploataciji i onih koje se nalaze u skladištu moraju se obavezno ispitati posle perioda od 36 meseci. Elektroizolacione prostirke postavljene u ostalim elektroenergetskim postrojenjima i ispitnim stanicama periodično se ispituju na svakih 60 meseci. Svaku prostirku mora da prati izveštaj o ispitivanju. Svaka prostirka u eksploataciji mora imati nalepnicu (Slika 1) sa sledećim oznakama:

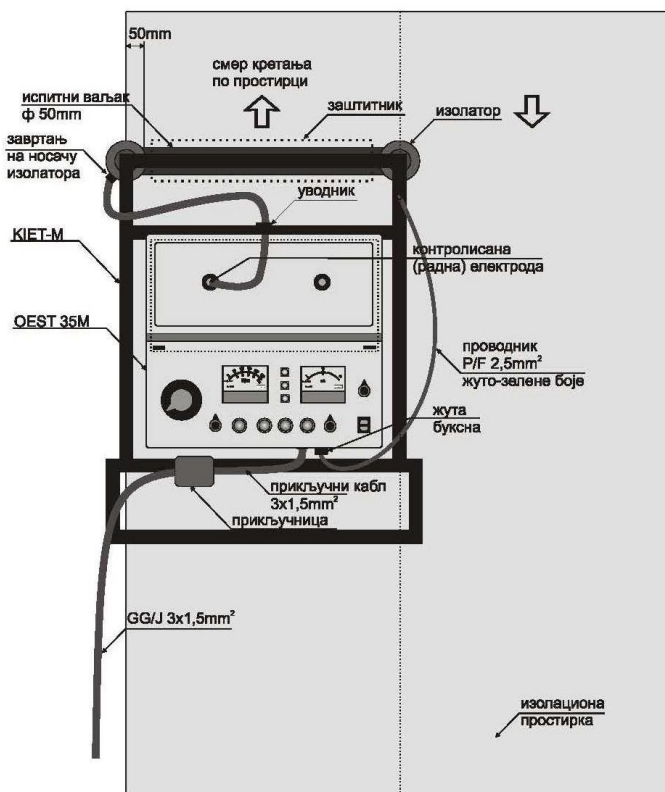
- oznaku ovog standarda i tip prostirke,
- naziv ili znak preduzeća koje je izvršilo ispitivanje,
- ispitni napon i napon postrojenja,

- protokol i broj prostirke, i
- datum do kada je prostirka upotrebljiva.

Na slici 2. prikazana je povezivanje uređaja OEST 35M sa ispitnim kolicima KIET-M za ispitivanja elektroizolacionih prostirki.

ЛУГОИНСПЕКТ А.Д. Београд ВИСОКОНАПОНСКА ЛАБОРАТОРИЈА	SRPS Z.B1.304:2002	ТИП <input type="text"/>
		БРОЈ <input type="text"/>
		НАПОН ПОСТРОЈЕЊА <input type="text"/>
		ИСПИТНИ НАПОН <input type="text"/>
		ПРОТОКОЛ <input type="text"/>
		УПОТРЕБЉИВО УЗ ПРОПИСНУ УПОТРЕБУ И УСКЛАДИШТЕЊЕ ДО <input type="text"/>

Sl. 1. Primer nalepnice koja se lepi na elektroizolacionu prostirku



Sl. 2. Ispitivanje elektroizolacionih prostirki povezivanjem uređaja OEST 35M i ispitnim kolicima KEIT - M

### 3. OPREMA ZA VISOKONAPONSKA ISPITIVANJA

Oprema za visokonaponska ispitivanja mora da zadovolji uslove koje smo naveli u prethodnom poglavlju. Na tržištu se nalazi više tipova ove opreme, uglavnom je iz uvoza, ali imamo i domaćih proizvođača. Prilikom ispitivanja korišćena je oprema domaćih proizvođača ELRAJ iz Niša i Gile Company iz Ugljevika (Republika Srpska). [10,11] Uređaj ELRAJ OEST 35M ima uljni transformator za dobijanje visokog napona, dok uređaj GILE COMPANY DIU-50-2 za dobijanje visokog napona koristi suvi epoksidni transformator JNT SM-36 FMT Zaječar. [10,11]

Na slikama 3 i 4 prikazana su ova dva tipa uređaja. Uređaji su etalonirani shodno propisima.



Sl. 3. Uređaj ELRAJ OEST 35M



Sl. 4. Uređaj GILE COMP DIU-50-2

### 4. REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanje elektroizolacionih prostirki tip 3000 u TS 35/10 kV vršeno je mahom u ruralnim područjima. Elektroizolacione prostirke su uglavnom stare preko 50 godina, ali ima ih i novijeg datuma i u veoma lošem su stanju. Prosečna debljina prostirki je 5 mm dok su dužine različite od pola metra, pa do preko deset metara. Ispitivanjem je ustanovljeno da približno jedna četvrtina elektroizolacionih prostirki nije izdržala ispitni napon i došlo je do proboja istih, što znači da nisu bezbedne za rad i ne smeju se koristiti. Kod većine ispitivanja elektroizolacionih prostirki struja odvoda se kretala u granicama 2 – 7 mA. Na ispravne elektroizolacione prostirke se lepi nalepnica o ispravnosti, slika 1. Za svaku ispitivanu prostirku pored nalepnice koja se lepi na istu izdaje se izveštaj o ispitivanju. U tabeli 1. dat je pregled ispitivanja elektroizilacionih prostirki za 184 komada u petnaest TS 35/10 kV.

**Tabela 1.** Pregled ispitivanja elektroizolacionih prostirki

Redni broj	Tip prostirke	Širina prostirke [m]	Ispitni napon [kV]	Ispitna struja [mA]	Dozvoljena ispitna struja [mA]	Komada	Zadovoljava
1	3000	1,25	15	< 2	15	12	DA
2	3000	1,25	15	< 3	15	27	DA
3	3000	1,25	15	< 4	15	28	DA
4	3000	1,25	15	< 5	15	21	DA
5	3000	1,25	15	< 6	15	22	DA
6	3000	1,25	15	< 7	15	18	DA
7	3000	1,25	15	< 15	15	14	DA
8	3000	1,25	15	Proboj	15	42	NE

Ukupno: 184

Na struju odvoda mnogo utiče i stanje podloge na kojoj se prostirka nalazi. U nekim TS je vršeno renoviranje, pa su umesto klasične betonske ploče postavljeni razni betonski, epoksidni, poliuretanski, i sl., podovi koji imaju mnogo veću otpornost nego beton, tako da je u tim prostorijama struja odvoda znatno manja. Bilo je situacija gde prostirka leži u vodi ili je previše vlažna, pa se struja odvoda zatvara preko ivice prostirke što nije bezbedno.

Stare prostirke proizvođača REKORD RAKOVICA su imale znatno manju struju odvoda nego novije prostirke koje su inostranog porekla, što ukazuje na loš kvalitet robe iz uvoza. Činjenica je da su uvozne prostirke tanje od domaćih, što sigurno utiče na struju odvoda, ali ako analiziramo odnos debljine, starost prostirke i veličinu struje odvoda, domaće prostirke su daleko kvalitetnije. Većina prostirki je zaprljana što sigurno utiče na povećanu struju odvoda. Takođe, i vlažnost poda ima veliki uticaj na veličinu struje odvoda, tako da u vlažnim prostorijama imamo struje odvoda koje se kreću od 10 mA do 15 mA. Proboji na prostirkama su uglavnom nastajali zbog mehaničkih oštećenja koja su nastala izvlačenjem kolica sa prekidačima. Radnici koji izvlače kolica prekidača ne vode računa prilikom izvlačenja. Obično izvuku kolica i onda ih ne spuste lagano što izaziva oštećenje prostirke, a to prilikom ispitivanja izaziva električni proboj. Takođe, u par slučajeva imali smo situaciju da su prostirke postavljene po sredini prostorije, a manipulativni prostor nije prekriven, što takođe nije bezbedno iako je prostirka ispravna.

## 5. NEDOSTACI ZAKONSKE REGULATIVE

Kada se ustanovi da je elektroizolaciona prostirka nebezbedna za upotrebu, odnosno kada je nastupio proboj na istoj prilikom ispitivanja, trebalo bi je izbaciti iz upotrebe. Međutim, u većini slučajeva se prostirka na mestu proboga iseče, tako da od jedne neispravne dobijamo dve ispravne prostirke samo manjih

dimenzija. Tako dobijene prostirke se polažu jedna pored druge i prividno čine jednu celinu kao pre sečenja. U konkretnom slučaju, imali smo oštećenje od 1mm do 2 mm, a sad imamo nebezbedni prostor kolika je širina prostirke obično 1250 mm. Zakonski dobili smo dve prostirke koje su bezbedne za rad, ali situacija je daleko lošija nego kada smo imali samo proboj na jednoj tački. Standardom SRPS Z.B1.304:2002 nije regulisano kolika može biti minimalna dimenzija prostirke, tako da u praksi srećemo i prostirke dužine 0,3 m standardne širine 1,25 m. Takođe, zakonom nije regulisano da li se može vršiti preklop prostirki i koliki taj preklop minimalno treba da iznosi. Ali, ako dođe do preklopa, to za posledicu ima da se pojavljuje manjak površine pod prostirkom, što za posledicu ima da jedan deo radne površine za manipulaciju ostaje nepokriven. Na slici 5. je prikazano nekoliko konkretnih primera iz kontrolisanih TS koje ne zadovoljavaju bezbednosne propise za zaštitu rukovaoca od strujnog udara. Inspeksijska kontrola takođe nije adekvatna, inspektor dođe na teren, pogleda nalepnicu na prostirci i konstatuje bezbednost, ali stvarnost je sasvim drugačija. Prostirka jeste bezbedna, ali radni prostor u celini je daleko od toga. Takođe, inspektori bih trebalo da skrenu pažnju na nehigijenu, vlagu i prisustvo glodara u prostorijama TS.



**Sl. 5.** *Primeri nepravilnog postavljanja elektrizacionih prostirki u TS 35/10 kV*

## 6. ZAKLJUČAK

Stanje elektroizolacionih prostirki u TS je loše. Činjenica je da nema dovoljno finansijskih sredstava, ali takođe, znamo da se mnogo novca troši na neke nebitne stvari. Takođe, bezbednost ljudi je na jako niskom nivou. Zakonska regulativa je takođe zakazala, standard je pisan za prostirku koja prekriva prostor ispred električnog razvoda ili pogona i data je minimalna širina od 1,25 m, ali nije predvideo navedene probleme koje smo naveli u radu.

Standard SRPS EN 61111:2012 predviđa da minimalna dimenzija prostirke ne može biti manja od 0,7 m x 0,7 m, ali taj standard nije sa obaveznom

---

primenom, a zakonska regulativa ga nije verifikovala. Inspekcijski nadzor nije na adekvatnom nivou. Ukazano je na propuste u pogledu bezbednosti osoblja koje radi u TS sa aspekta zaštite od električnog udara. Nismo naveli lokaciju TS zbog privatnosti osoblja, ali smo naveli činjenična stanja u istim.

## LITERATURA

- [1] H. Požar, Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga Zagreb, 1984.
- [2] P. Osmokrović, Elektrotehnički materijali, Akademska misao, 2003.
- [3] M. Banjanin, Tehnika visokog napona 2, Akademska misao, Univerzitet u istočnom Sarajevu – Elektrotehnički fakultet, 2021.
- [4] Pravilnik o opštim merama zaštite na radu od opasnog dejstva električne struje u objektima namenjenim za rad, radnim prostorijama i na radilištima, „Sl. glasnik SRS“, br. 21/89.
- [5] Standard: SRPS Z. B1. 304:2002.
- [6] Standard: BS EN 61111-2009.
- [7] Standard: IEC 61111-2009.
- [8] Standard: IS 15652:2006.
- [9] Metodologija Jugoinspekt Beograd OEST 35M.
- [10] Tehnička dokumentacija ELRAJ Niš.
- [11] Tehnička dokumentacija FMT – Zaječar.

UDK: 621.867.2:622.33(497.16)(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402045M

NAUČNI RAD

Oblast: Mašinsko inženjerstvo

Primljen: 25.11.2024.

Prerađen: 02.12.2024.

Prihvaćen: 03.12.2024.

**TEHNOLOGIJA STABILNOG TRANSPORTA NUSPRODUKATA  
SAGOREVANJA U OKVIRU TERMoeLEKTRANE „PLJEVLJA“  
TRANSPORTERIMA SA TRAKOM**

**TECHNOLOGY OF STABLE TRANSPORTATION OF COMBUSTION  
BY-PRODUCTS IN THE FRAMEWORK OF THERMAL POWER PLANT  
„PLJEVLJA“ BY BELT CONVEYORS**

Nikola Miljković<sup>1a</sup>, Miloš Živanović<sup>1b</sup>, Nikola Jovanović<sup>1c</sup>,  
Zlatko Pavlović<sup>1d</sup>, Jelena Stefanović<sup>1e</sup>

<sup>1</sup>Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Ajnštajna 1, 19210 Bor

<sup>1a</sup>E-mail: nikola.miljkovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2372-3942>

<sup>1b</sup>E-mail: milos.zivanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-3331-4294>

<sup>1c</sup>E-mail: nikola.jovanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0982-2576>

<sup>1d</sup>E-mail: zlatko.pavlovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8102-1820>

<sup>1e</sup>E-mail: jelena.stankovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6418-1814>

**Izvod**

*Nakon ekološke rekonstrukcije termoelektrane „Pljevlja“ kao nusprodukti sagorevanja nastaju pepeo i šljaka u količinama od 420.000 t i 70.000 t, dok se nakon procesa odsumporavanja dobija gips količine od 154.000 t. Ovim radom obrađeno je transportovanje sva tri materijala transporterima od silosa za skladištenje do nove lokacije utovara materijala u okviru termoelektrane.*

**Ključne reči:** pepeo, šljaka, transporter, gips, termoelektrana, nusprodukt

**Abstract**

*After the ecological reconstruction of the “Pljevlja” thermal power plant, ash and slag are produced as combustion by-products in amounts of 420.000 t and 70.000 t, while after desulphurization process, gypsum is obtained in the amount of 154.000 t. This paper deals with the transportation of all three materials by conveyors from the storage silo to the new material loading location within the thermal power plant.*

**Keywords:** ash, slag, conveyor, gypsum, thermal power plant, by-product

**1. UVOD**

Pepeo, šljaka i gips su nusprodukti u procesu proizvodnje električne energije u termoelektranama tokom sagorevanja uglja i odumporavanja gasova sagorevanja. U praksi ovi nusprodukti se mogu do deponije transportovati na više načina i to [1, 2]:



- Transport transporterima sa trakom
- Hidraulički transport
- Kamionski transport

U okviru termoelektrane „Pljevlja“ planira se varijantno rešenje transporta transporterima sa trakom do novoprojektovane deponije Šumani, koja obuhvata transport u okviru termoelektrane, kao i od elektrane do deponije.

Ovim radom biće obrađena varijanta tehnologije stabilnog transporta transporterima sa trakom u okviru termoelektrane sa akcentom na mašinsku opremu. Potreba za ovim transportom, kao varijantnim rešenjem, nastaje zbog guste gradnje objekata u približnoj blizini silosa u okviru termoelektrane „Pljevlja“ nakon ekološke rekonstrukcije.

Dimenzionisanje transportnog sistema, odnosno proračunski kapacitet, koji treba obezbediti uklanjanje nusprodukta u toku cele godine, za predviđeno vreme rada nakon ekološke rekonstrukcije od 7.500 h/god. Karakteristike silosa nakon rekonstrukcije prikazane su u tabeli 1, dok su kapaciteti proizvodnje nusprodukata TE dati u tabeli 2. [1,3]

**Tabela 1.** Karakteristike silosa nakon ekološke rekonstrukcije TE „Pljevlja“

	Šljaka	Pepeo	Gips
Kapacitet silosa, m <sup>3</sup>	400	3200	600
Brzina pražnjenja, m <sup>3</sup>	50	200	83
Zapreminska gustina, t/m <sup>3</sup>	0,95	0,8	1,2

**Tabela 2.** Kapaciteti proizvodnje nusprodukata TE „Pljevlja“

	Godišnje	Satno	Dnevno	Mesečno
Pepela, t:	420.000,0	60,0	1.440,0	35.000,00
Šljake, t:	70.000,0	10,0	240,0	5.833,33
Gipsa, t:	154.000,0	22,0	528,0	12.833,33
Suma, t:	644.000,0	92,0	2.208,00	53.666,67
<b>Zapreminska gustina</b>				
Pepela:	0,80 t/m <sup>3</sup>			
Šljake:	0,95 t/m <sup>3</sup>			
Gipsa:	1,20 t/m <sup>3</sup>			
Pepela, m <sup>3</sup> :	525.000,0	75,0	1.800,0	43.750,00
Šljake, m <sup>3</sup> :	73.684,2	10,5	252,6	6.140,35
Gipsa, m <sup>3</sup> :	128.333,3	18,3	440,0	10.694,44
Suma, m <sup>3</sup> :	727.017,5	103,9	2.492,6	60.584,80

## 2. TEHNOLOGIJA TRANSPORTA I OPREMA SISTEMA

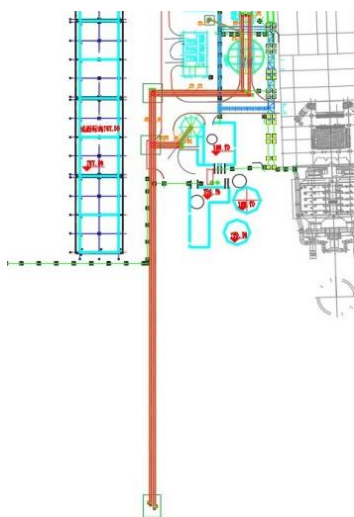
U procesu odabira najpovoljnije trase, posebno se vodilo računa o položaju izgrađenih i novopredviđenih objekata u sklopu Ekološke rekonstrukcije, o položaju novoprojektovanih saobraćajnica i tehničko-tehnoloških zahteva opreme.

Pozicije koje su obuhvaćene ovim delom transporta odnose se na trakaste i pužne transportere i date su u tabeli 3, dok se na slici 1 može videti pozicija opreme u okviru termoelektrane.

Svi transporteri sa trakama u ovom sistemu opremljeni su senzorima za praćenje rada, sigurnosnim užadima, automatizovani su, njima se upravlja SCADA sistemom i pokriveni su metalnim poklopcima.

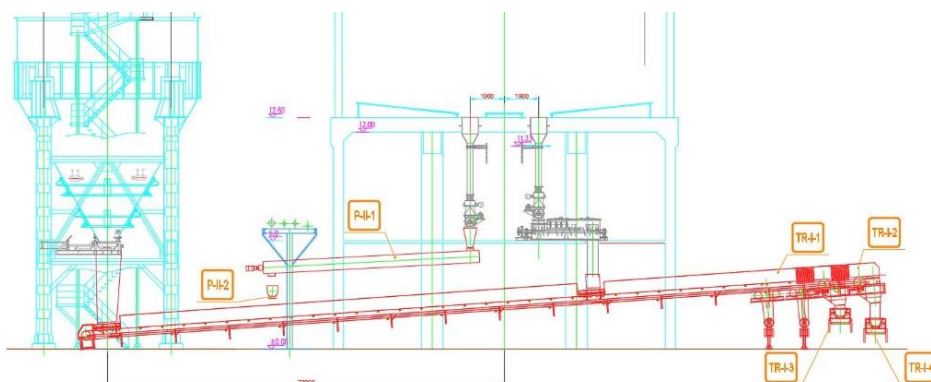
**Tabela 3.** Oprema u okviru sistema transporta

Pozicije	Oznaka opreme	Opis opreme
1	TR-I-1	Transporter šljake i pepela 1 (Radni)
2	TR-I-2	Transporter šljake i pepela 2 (Rezervni)
3	TR-I-3	Transporter šljake i pepela 3 (Radni)
4	TR-I-4	Transporter šljake i pepela 4 (Rezervni)
5	P-I-1	Pužni transporter gipsa 1 (Radni)
6	P-I-2	Pužni transporter gipsa 2 (Rezervni)
7	TR-I-5	Transporter gipsa 1 (Radni)
8	TR-I-6	Transporter gipsa 2 (Rezervni)
9	TR-I-7	Zbirni transporter pepela, šljake i gipsa 1 (Radni)
10	TR-I-8	Zbirni transporter pepela, šljake i gipsa 1 (Rezervni)



**Sl. 1.** Dispoziciona raspodela opreme u okviru termoelektrane

Sistem se sastoji od duplih transportera (radni + rezervni). Prva dva transportera u sistemu (TR-I-1 i TR-I-2) nalaze se ispod silosa šljake i pepela, i oni pod blagim nagibom izvlače pepeo i šljaku iz radnog prostora silosa do mesta presipa na sledeća dva transportera (TR-I-3 i TR-I-4). Transporteri TR-I-3 i TR-I-4 nalaze se u prostoru između silosa pepela i pomoćne zgrade skladištenja gipsa u čijem je sastavu silos gipsa i uz uspon prolaze ispod postojeće trase cevovoda komprimovanog vazduha [3] i izdižu se na cca 6m visine. Presek kroz silose pepela i šljake vidi se na slici 2.



Sl. 2. Presek kroz silose pepela i šljake

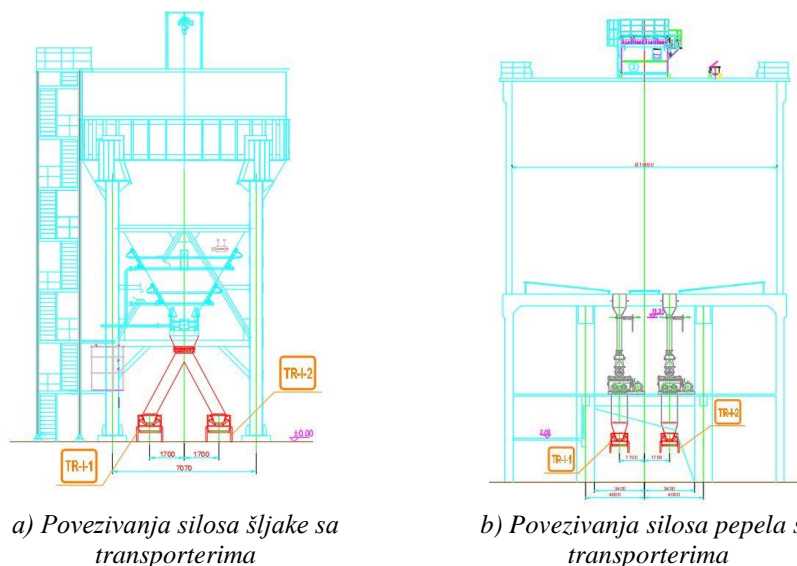
Karakteristike transportera šljake i pepela sa proračunatim snagama motora [4] date su u tabeli 4.

Tabela 4. Karakteristike transportera pepela i šljake

Pozicije	Oznaka transportera	Kapacitet (t/h)	Širina trake (mm)	Ugao nagiba (°)	Dužina (m)	Pogonska snaga (kW)
1	TR-I-1	127*	800	4	41	11
2	TR-I-2	127*	800	4	43	11
3	TR-I-3	127*	800	10	48,5	15
4	TR-I-4	127*	800	10	51,5	15

\*- 127 t/h = 111 t/h smese pepela i vode + 16 t/h šljake

Usvojeni kapaciteti proračuna transportera [4] uzeti su po potrebama dvosmernog rada transporta šljake i pepela i jednosmernog transporta gipsa. Silos šljake vezan je sa transporterima dvokrakom sipkom, dok na silosu pepela postoje dva mešača sa svojim sipkama [3], te svaki mešač ima svoj transporter za koji je vezan sipkom. Povezivanja silosa sa transporterima data su na slici 3.



Sl. 3. Povezivanje silosa šljake i pepela sa transportnim trakama TR-I-1 i TR-I-2

Transporteri TR-I-1 i TR-I-2 vezani su redno sa transporterima TR-I-3 i TR-I-4 respektivno sipkama. Nakon prelaska postojećeg koridora transporteri TR-I-3 i TR-I-4 vezani su sa zbirnim transporterima TR-I-7 i TR-I-8 dvokrakim sipkama (slika 4).



Sl. 4. Presip sa transportera TR-I-3 i TR-I-4 na zbirne transportere TR-I-7 i TR-I-8

Takođe se transporterima TR-I-7 i TR-I-8 pridodaje gips iz silosa gipsa. Zbirni transporteri proračunati su sa ukupnim kapacitetima za sva tri nusprodukta, iako će većinu vremena naizmenično transportovati smesu pepela i

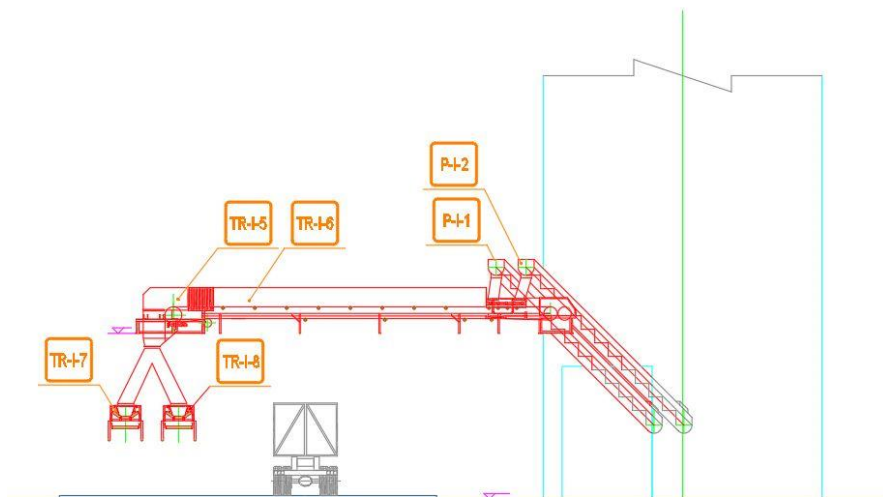
šljake i gips radi lakšeg sortiranja na odlagalištu zbog moguće komercijalne upotrebe gipsa. Ovi transporteri funkcionišu kao radni+rezervni, dok se u specifičnim slučajevima mogu koristiti i paralelno gde bi se na jednom transporteru dopremala smesa šljake sa pepelom, a na drugom gips. Ovaj vid transporta može se koristiti samo u interventnim situacijama. Karakteristike zbirnih transportera date su u tabeli 5 [4].

**Tabela 5.** Karakteristike transportera pepelai šljake

Pozicije	Oznaka transportera	Kapacitet (t/h)	Širina trake (mm)	Ugao nagiba (°)	Dužina (m)	Pogonska snaga (kW)
1	TR-I-7	192*	800	4	222	45
2	TR-I-8	192*	800	4	224	45

\*- 192 t/h = 127 t/h smese pepela i šljake + 65 t/h pepela

Silos gipsa spojen je dvokrakom sipkom sa pužnim transporterima P-I-1 i P-I-2 (zbog veoma uskog prostora i velike visine dizanja u odnosu na dužinu implementirani su pužni transporter koji savladavaju nagib i dopremaju gips do transportera TR-I-5 i TR-I-6 koji se nalaze na visini od cca 6m i gips prebacuju do zbirnih transportera TR-I-7 i TR-I-8 sa kojima su spojeni dvokrakim sipkama. Pužni transporter P-I-1 i P-I-2 redno su sipkama vezani za transportere TR-I-5 i TR-I-6 respektivno i rade na principu radni+rezervni vod. Prikaz dopreme gipsa iz silosa do zbirnih transporterima može se videti na slici 5.



**Sl. 5.** Doprema gipsa do zbirnih transportera TR-I-7 i TR-I-8

Karakteristike transportera gipsa [4] date su u tabeli 6, kao i proračunate snage pužnih transportera [5,6].

**Tabela 6.** Karakteristike pužnih i trakastih transportera gipsa

Pozicije	Oznaka transportera	Kapacitet (t/h)	Širina trake/ Prečnik (mm)	Ugao nagiba (°)	Dužina (m)	Pogonska snaga (kW)
1	P-I-1	65	600	30	11	30
2	P-I-2	65	600	30	12,5	30
3	TR-I-5	65	800	0	14	7,5
4	TR-I-6	65	800	0	14	7,5

U slučaju kvara nekog od transportera na magistralnom sistemu van okvira termoelektrane, koji se redno vezuje sa ovim sistemom na presipnoj stanici predviđa se rezervni sistem za interventni transport u vidu kamionskog transporta koji nije deo ovog rada.

Svi transporteri nalaze se na koti terena ili na sopstvenim nosećim konstrukcijama i na pretovaru u zbirne transportere nalaze se presipna mesta, dok je na njihovom kraju presipna stanica.

### 3. PROCENJENA INVESTICIONIH ULAGANJA

U ekonomske pokazatelje mašinske opreme obuhvaćena su investiciona ulaganja u transportne trake, pužne transportere, dvodelne sipke, sipke presipa kao i opremu odlaganja. Ulaganja u elektro opremu usvojena su u odnosu na mašinsku opremu. Ulaganja u mašinsku i elektro opremu data su u tabeli 7. Ulaganja u prapratne građevinske radove i čelične konstrukcije nisu obuhvaćene ovim radom.

**Tabela 7.** Ulaganja u mašinsku i elektro opremu

Redni broj	Naziv dela sistema	Vrednost investicija (€)
1.	Mašinska oprema transporta u okviru termoelektrane	1.200.000
2.	Elektro oprema	400.000
Ukupno elektro-mašinska oprema:		1.600.000

### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je projektovanje varijantnog rešenja transporta nusprodukata sagorevanja termoelektrane „Pljevlja“ u okviru same elektrane. Projektovanje kompletne mašinske opreme, tehnologija rada i kapaciteti deo su složenog tehničko-mašinskog poduhvata koji je uzimao u obzir postojeće

objekte u okviru elektrane, zakone [7], pravila struke kao i detaljan rad u softverskim programima AutoCAD, SolidWorks, itd.

Rad prikazuje mogućnost savladavanja skućenog prostora uz određena investiciona ulaganja u blizini silosa nusprodukata i izvlačenja sve tri vrste materijala na kontinualan i održiv način, sa mogućnošću naizmeničnog slanja pepela i šljake u odnosu na gips, zbog moguće buduće upotrebe gipsa u komercijalne svrhe.

## ZAHVALNICA

*Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, kroz Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor u 2024. godini, br. 451-03-66/2024-03/200052.*

## LITERATURA

- [1] N. Stanić, M. Gomilanović, S. Stepanović, A. Doderović, Mining and Metallurgy Engineering Bor, 1 (2023) 49-58.
- [2] R. Rajković, D. Kržanović, M. Mikić, D. Milošević, Mining and Metallurgy Engineering Bor, 4 (2015) 41-52.
- [3] Glavni projekat ekološke rekonstrukcije TE „Pljevlja“.
- [4] [https://rudar.rgn.hr/~tkorman/nids\\_tkorman/Transport/Vjezbe/TabliceIIProgram.pdf](https://rudar.rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Transport/Vjezbe/TabliceIIProgram.pdf), dana 22.11.2024
- [5] S. Dedijer, Osnovi transportnih uređaja, Izdavačko preduzeće Građevinska knjiga, Beograd, 1978, str. 231.
- [6] Đ. Zrnić, M. Prokić, P. Milović, Projektovanje livnica, Mašinski fakultet Univeziteta u Beogradu, Beograd, 1978, str. 320.
- [7] Zakon o planiranju prostora i izgradnji objekata, "Službeni glasnik CG", br. 64/2017, 44/2018, 63/2018, 11/2019 - ispr. i 82/2020.

UDK: 620.9:347.51(.008)(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402053S

NAUČNI RAD

Oblast: Industrijsko inženjerstvo i inženjerski menadžment

Primljen: 26.07.2024.

Prerađen: 05.08.2024.

Prihvaćen: 15.08.2024.

**UTICAJ ORGANIZACIONE STRUKTURE NA  
DRUŠTVENU ODGOVORNOST KOMPANIJA IZ  
OBLASTI ENERGETSKOG SEKTORA**

**THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE ON  
THE SOCIAL RESPONSIBILITY OF COMPANIES IN  
THE ENERGY SECTOR**

Marija Stevanović<sup>1</sup>, Violeta Jovanović<sup>2</sup>,  
Danijela Simonović<sup>3a</sup>, Vesna Krstić<sup>3b,4</sup>

<sup>1</sup>Visoka zdravstveno-sanitarna škola strukovnih studija „VISAN“,  
Tošin bunar 7a, Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet Metropolitan, Fakultet za menadžment, 11158 Beograd, Srbija

<sup>3</sup>Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Ajnštajna 1, 19210 Bor, Srbija

<sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, V.J. 12, 19210 Bor, Srbija

<sup>1</sup>E-mail: marijatf@yahoo.com

<sup>2</sup>E-mail: violeta.jovanovic@metropolitan.ac.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3624-4341>

<sup>3a</sup>E-mail: danijela.simonovic@irnbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7945-693X>

<sup>3b,4</sup>E-mail: vesna.krstic@irnbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1110-0547>

**Izvod**

*Pokretač savremene svetske industrije je električna energija. Proizvodnja, distribucija i upotreba električne energije utiču na funkcionisanje modernih industrijskih postrojenja, proces komunikacija u savremenom svetu, kao i na brojne druge vrste usluga koje su neophodne za život ljudi. Tehnološki proces proizvodnje električne energije na bazi uglja doprinosi povećanoj emisiji gasova koji imaju veliki negativan uticaj na životnu sredinu. Kao osnovni sastojci zagađujućih gasova iz termoelektrana javljaju se ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>), sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>), azotni oksidi (NO<sub>x</sub>), ugljen-monoksid (CO) i PM čestice čvrstih materija. Sva pomenuta jedinjenja imaju štetna dejstva na životnu sredinu, a dugoročno utiču i na klimatske promene (efekat staklene bašte). Zbog pomenutih problema važna je primena principa korporativne društvene odgovornosti na kompanije iz oblasti energetskog sektora. Cilj rada je da se proceni uticaj organizacione strukture preduzeća na razvoj sistema korporativne društvene odgovornosti u kompanijama iz oblasti energetskog sektora. Rezultati istraživanja potvrdili su pozitivan uticaj organizacione strukture na društveno odgovorne poslovne prakse.*

**Ključne reči:** organizaciona struktura, društvena odgovornost, energetski sektor, životna sredina

**Abstract**

*The driver of modern world industry is electricity. Production, distribution and use of electricity affect the functioning of modern industrial plants, the process of communication in the modern world, as well as numerous other types of services that are necessary for people's lives. The technological*



---

*process of coal-based electricity production contributes to the increased emission of gases that have a large negative impact on the environment. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), carbon monoxide (CO) and solid PM particles are the main constituents of polluting gases from thermal power plants. All the mentioned compounds have harmful effects on the environment, and in the long term they also affect climate change (greenhouse effect). Due to the aforementioned problems, it is important to apply the principles of corporate social responsibility to companies in the energy sector. The aim of the paper is to evaluate the impact of the organizational structure of the company on the development of the system of corporate social responsibility in companies from the energy sector. The research results confirmed the positive impact of the organizational structure on socially responsible business practices.*

**Keywords:** *organizational structure, social responsibility, energy sector, environment*

## 1. UVOD

Energetski sektor ima veliki uticaj na društvo, utičući na različite aspekte svakodnevnog života, ekonomski razvoj i zaštite životne sredine. Ekonomski uticaj se ogleda u otvaranju novih radnih mesta, ostvarivanju lokalnih prihoda i poslovnom rastu. Pouzdano snabdevanje energijom je ključno za preduzeća, velika i mala. Omogućava industrijske aktivnosti, podržava tehnološki napredak i podstiče ekonomski rast.

Sa društvenog aspekta, uticaj energetskog sektora na društvo, ogleda se u poboljšanju kvaliteta života, obrazovanju i zdravlju, kao i smanjenju energetskog siromaštva. Pristup pouzdanoj energiji poboljšava kvalitet života napajanjem domova, škola, bolnica i druge kritične infrastrukture. Takođe podržava moderne pogodnosti kao što su grejanje, hlađenje i osvetljenje.

Pristup energiji olakšava bolje obrazovanje i zdravstvene usluge. Škole mogu ponuditi bolje okruženje za učenje, a bolnice mogu pružiti naprednu medicinsku negu uz pouzdanu električnu energiju.

Najznačajniji uticaj energetskog sektora na društvo posmatra se sa aspekta životne sredine. Uticaj energetskog sektora na životnu sredinu podrazumeva zagađenje i klimatske promene, korišćenje zemljišta i poremećaj ekosistema. Tradicionalna proizvodnja energije iz fosilnih goriva značajno doprinosi zagađenju vazduha i vode, emisiji gasova staklene bašte i klimatskim promenama. Ovo utiče na javno zdravlje i doprinosi globalnim ekološkim izazovima. Energetski projekti, uključujući rudarstvo, bušenje i velike obnovljive instalacije, mogu poremetiti lokalne ekosisteme i korišćenje zemljišta. Za ublažavanje ovih uticaja neophodno je pažljivo planiranje i procene životne sredine. Zbog navedenih problema neophodno je društveno odgovorno poslovanje kompanija iz oblasti energetskog sektora [1]. Kao najznačajnija eksterna dimenzija društveno odgovornog poslovanja ovih kompanija je prelazak na obnovljive izvore energije. Prelazak na obnovljive izvore energije, kao što su vetar, solarna energija i hidro-energija, može smanjiti uticaj proizvodnje energije na životnu sredinu. Ova tranzicija je ključna za održivi razvoj i borbu protiv klimatskih promena. Pored eksterne dimenzije, važna je i interna dimenzija društveno odgovornog poslovanja koja podrazumeva odgovorno liderstvo, odgovorno ponašanje prema zaposlenima, motivacija i zaštita na radu,

kao i zaštita prava zaposlenih. Za implementaciju principa društveno odgovornog poslovanja, kako sa internog tako i sa eksternog aspekta, neophodna je odgovarajuća, fleksibilna organizaciona struktura.

Organizaciona struktura je rezultat procesa organizovanja i predstavlja sredstvo za efikasno ostvarivanje ciljeva poslovanja. Rast i razvoj preduzeća su faktori koji utiču na postojeću strukturu organizacije. Organizacionu strukturu bi stalno trebalo prilagođavati sredini u kojoj preduzeće obavlja svoju poslovnu aktivnost. Dakle, prilikom strukturiranja organizacije menadžment mora uzeti obzir i spoljašnje i unutrašnje faktore i tako napraviti adekvatnu organizacionu strukturu koja će omogućiti ostvarivanje organizacionih ciljeva. Najuticajniji unutrašnji faktori su organizaciona kultura i strategija [2]. Struktura organizacije treba da omogući postizanje ciljeva. U različitim organizacionim strukturama različit je pristup strateškom odlučivanju [3]. Strukturne dimenzije utiču i na stavove i ponašanje zaposlenih [4]. Ekonomske performanse preduzeća takođe zavise od organizacione strukture [5].

Sistem korporativne društvene odgovornosti zasnovan je na radnim odnosima inkorporiranim u društveno-ekonomski mehanizam korporacije, a mehanizam je zasnovan na organizacionoj strukturi preduzeća. U radu Crisan-Mitra (2019) [6], istraživana je uticaj organizacione strukture na praksu društveno odgovornog poslovanja, pri čemu je napravljena razlika između dva tipa organizacione strukture: (1) mehaničke (sa visokim nivoom hijerarhije i podele rada) i (2) organske (fleksibilne i bolje prilagođene brzom promeni spoljašnjih uslova, uključujući pojavu nove tehnologije). Što se tiče uvođenja principa društveno odgovornog poslovanja, rezultati istraživanja su pokazali da preduzeća sa organskom organizacionom strukturom pružaju veće mogućnosti. Slične rezultate dobili su Kamkankaew i sar. (2020) [7], gde je ukazano na razvoj koncepta društvene odgovornosti u malim i srednjim preduzećima, u zavisnosti od organizacione strukture. Postojanje veze između organizacione strukture i strategije ukazuje na neophodnost postojanja adekvatne strukture za razvoj strategije društvene odgovornosti [8]. U radovima kao što su prikazali Abbas i Dogan (2022) [9] i Pan i sar. (2022) [10], navodi se značaj usvajanja zelene kulture kao osnove korporativne društvene odgovornosti i odgovornog ponašanja zaposlenih prema društvu.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

U cilju utvrđivanja uticaja organizacione strukture na društveno odgovorno poslovanje (korporativnu društvenu odgovornost – KDO) kompanija iz oblasti energetskog sektora, sprovedeno je istraživanje kvantitativnog tipa. Ciljnu populaciju u istraživanju, odnosno prigodan uzorak istraživanja, činili su zaposleni u energetskim kompanijama na teritoriji Republike Srbije. Istraživanje je sprovedeno tokom oktobra i novembra 2022. godine. Istraživanje se bazira na

primeni anketiranja, kao tehnike istraživanja. U skladu sa odabranom istraživačkom tehnikom, dizajniran je istraživački instrument, odnosno Upitnik. Upitnik se sastojao iz tri celine. Prva celina, sastavljena je iz pitanja otvorenog i zatvorenog tipa, sadržala je demografske karakteristike ispitanika: pol, starost, broj godina radnog iskustva i hijerarhijski nivo posla. Druga celina je sadržala stavove koji se odnose na organizacionu strukturu. Treća celina je sadržala stavove koji se odnose na društveno odgovorno poslovanje.

Osnovna hipoteza rada glasi:

Fleksibilna organizaciona struktura pozitivno utiče na implementaciju principa društveno odgovornog poslovanja u kompanijama iz oblasti energetske sektora.

Obrada i analiza podataka iz anketnog upitnika izvršena je pomoću statističkog softvera *IBM SPSS 21*. Primenom metode linearne regresije utvrđen je uticaj organizacione strukture na društveno odgovorno poslovanje.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Pre primene statističkih testova potrebno je izvršiti deskriptivnu proveru podataka. Deskriptivni statistički parametri su prikazani u tabelama. Varijable su izvedene iz setova grupa varijabli i za sve su izračunate aritmetičke sredine kako bi se zadržala ista skala merenja pojava.

Za tako izvedene nove determinante potrebno je da se izvrši provera ispunjenosti uslova za dalju obradu parametarskim statističkim testovima. Za proveru je korišćen Kolmogorov – Smirnov test. Postojala je statistička razlika od teorijskog testa kod svih varijabli, pa je zbog toga urađen „stepen transformacija“ (stepenovanje podataka). „Stepenom transformacije“ rešen je problem heterogenosti podataka. Podaci su na taj način prilagođeni parametarskim statističkim tehnikama, tabele 1 i 2. To je važno za povećanje preciznosti istraživanja.

**Tabela 1.** Kolmogorov – Smirnov test – originalne vrednosti (determinante sa odgovarajućim statistikama pre transformacije podataka)

Determinante	Kolmogorov – Smirnov test		
	Statistic	df	Verovatnoća greške
Fleksib. org. strukt.	0,090	150	0,004
Principi KDO	0,087	150	0,008

**Tabela 2.** Kolmogorov – Smirnov test – transformisane vrednosti (determinante sa odgovarajućim statistikama posle transformacije podataka)

Determinante	Kolmogorov – Smirnov test		
	Statistic	df	Verovatnoća greške
Fleksib. org. strukt.	0,057	150	0,192
Principi KDO	0,059	150	0,184

Deskriptivni prikaz pokazatelja za parametarske testove (pre i posle transformacije) prikazan je u tabelama 3 i 4.

**Tabela 3.** Prikaz provere novih pokazatelja za parametarske testove za varijablu fleksibilnost organizacione strukture

Deskriptivni pokazatelj		Originalna statistika	Statistika (posle transformacije)	
Fleksib. org. strukt.	Prosečna vrednost	3,4470	1,2012	
	95% interval poverenja	Donji interval	3,3234	1,1476
		Gornji interval	3,5706	1,2549
	5% Skraćena prosečna vrednost	3,4728	1,2094	
	Srednja vrednost	3,5714	1,1952	
	Standardna devijacija	0,76618	0,33281	
	Minimum	1,29	0,00	
	Maksimum	5,00	1,93	
	Domet	3,71	1,93	

**Tabela 4.** Prikaz provere novih pokazatelja za parametarske testove za varijablu, principi korporativne društvene odgovornosti

Deskriptivni pokazatelj		Originalna statistika	Statistika (posle transformacije)	
Principi KDO	Prosečna vrednost	3,4432	1,2056	
	95% interval poverenja	Donji interval	3,3179	1,1535
		Gornji interval	3,5685	1,2576
	5% Skraćena prosečna vrednost	3,4725	1,2082	
	Srednja vrednost	3,5667	1,1971	
	Standardna devijacija	0,77671	0,32270	
	Minimum	1,33	0,26	
	Maksimum	4,93	1,91	
	Domet	3,60	1,66	

Posmatranjem veze između korporativne društvene odgovornosti i fleksibilne organizacione strukture pretpostavlja se da veća mogućnost promene i prilagođavanja organizacione strukture može pozitivno da utiče na KDO. Sporo prilagođavanje promenama i nefleksibilnost organizacione strukture može biti prepreka KDO. Tako posmatrano, fleksibilnost organizacione strukture će biti objašnjavajuća promenljiva, a korporativna društvena odgovornost zavisna promenljiva. Za objašnjenje zavisnosti između varijacija ovih posmatranih pojava u realnom sistemu (preduzeću) koristiće se regresioni model. Regresioni parametri ovih varijabli su prikazani u tabelama 5, 6 i 7.

**Tabela 5. Deskriptivna statistika**

	Prosek	Standardna devijacija	N
KDO	1,2056	0,32270	150
Fleksibilna organizaciona struktura	1,2012	0,33281	150

**Tabela 6. Korelacija**

		KDO	Fleksibilna organizaciona struktura
Pirsonova korelacija	KDO	1,000	0,923
	Fleksibilna organizaciona struktura	0,923	1,000
Verovatnoća greške	KDO		0,000
	Fleksibilna organizaciona struktura	0,000	
N	KDO	150	150
	Fleksibilna organizaciona struktura	150	150

**Tabela 7. Model sa regresionim parametrima**

Model	R	Koeficijent determinacije	Korigovani koeficijent determinacije	Standardna greška ocene
1	0,923 <sup>a</sup>	0,853	0,852	0,12424

<sup>a</sup> Prediktori: (konstantni), Fleksibilna organizaciona struktura

Koeficijent proste linearne korelacije (R) predstavlja relativnu meru i uzima vrednosti od -1 do +1. U ovom slučaju vrednost koeficijenta proste linearne korelacije je 0,923. Vrednost je pozitivna, što ukazuje na postojanje direktne pozitivne korelacije između ovih posmatranih pojava (fleksibilne organizacione strukture i KDO). Vrednosti R od 0,75 do 1 upućuju na vrlo dobru do izvrsnu povezanost među varijablama. U ovom slučaju vrednost koeficijenta R je 0,923. Ovako visoka vrednost koeficijenta pokazuje da između fleksibilne organizacione strukture i korporativne društvene odgovornosti postoji vrlo dobra tj. izvrsna povezanost.

Korigovani koeficijent determinacije u ovom slučaju je 0,852. To takođe dokazuje da između ovih posmatranih varijabli postoji povezanost. Na osnovu koeficijenta determinacije se može zaključiti da u 85% slučajeva fleksibilnost i promena organizacione strukture utiče na korporativnu društvenu odgovornost. Regresionom linijom nije objašnjen ostatak od 15% ukupnog varijabiliteta, što znači da je on pod uticajem nekih drugih neidentifikovanih faktora.

Veličina odstupanja podataka od prosečnih vrednosti koje se nalaze na regresionoj liniji u osnovnom skupu, meri se indikatorom koji se naziva standardna greška. Vrednosti u tabeli pokazuju da je vrednost standardne greške

jako mala i da će se prilikom predviđanja vrednosti zavisne varijable (KDO) grešiti u proseku za 0,12 jedinica.

U tabelama 8 i 9 prikazano je testiranje značajnosti koeficijenta determinacije, da je različit od nule.

**Tabela 8.** Model analize varijansi

Model		Suma kvadrata	df	Prosek kvadrata	F	Verovatnoća greške
1	Regresija	13,231	1	13,231	857,164	0,000 <sup>b</sup>
	Ostatak	2,285	148	0,015		
	Ukupno	15,516	149			

<sup>a</sup> Zavisna promenljiva: KDO, <sup>b</sup> Prediktori: (konstantni), Fleksibilna organizaciona struktura

Dobijena vrednost F testa (koja se očitava iz tabele) je 857,164 i statistički je značajna. To znači da je vrednost koeficijenta determinacije vrlo bitna za predviđanje variranja među varijablama. Determinacija je visoka i to je statistički značajno. Verovatnoća greške u ovom slučaju je 0,00. To opravdava dalju analizu oblika i jačine veze između pokazatelja.

T – test se koristi za proveru statističkih parametara iz statističkog modela, isečka i nagiba ( $\beta_0$  i  $\beta_1$ ). Parametar nagiba ( $\beta_1$ ) treba da bude različit od nule. U cilju testiranja hipoteza, najpre se postavlja nulta hipoteza po kojoj između varijacija posmatranih pojava u osnovnom skupu ne postoji linearna veza, odnosno X ne utiče na Y:  $H_0: \beta = 0$ . Postavlja se i dvosmerna alternativna hipoteza  $H_1: \beta \neq 0$

Nakon toga se najpre određuje p – vrednost. Na osnovu vrednosti p donosi se odluka da li se odbacuje ili prihvata nulta hipoteza. Za nivo značajnosti se pri tome uzima standardni  $\alpha = 0,05$ .

Rezultat je prikazan u tabeli 9.

**Tabela 9.** Model sa statističkim parametrima regresione analize za varijable fleksibilna organizaciona struktura i KDO

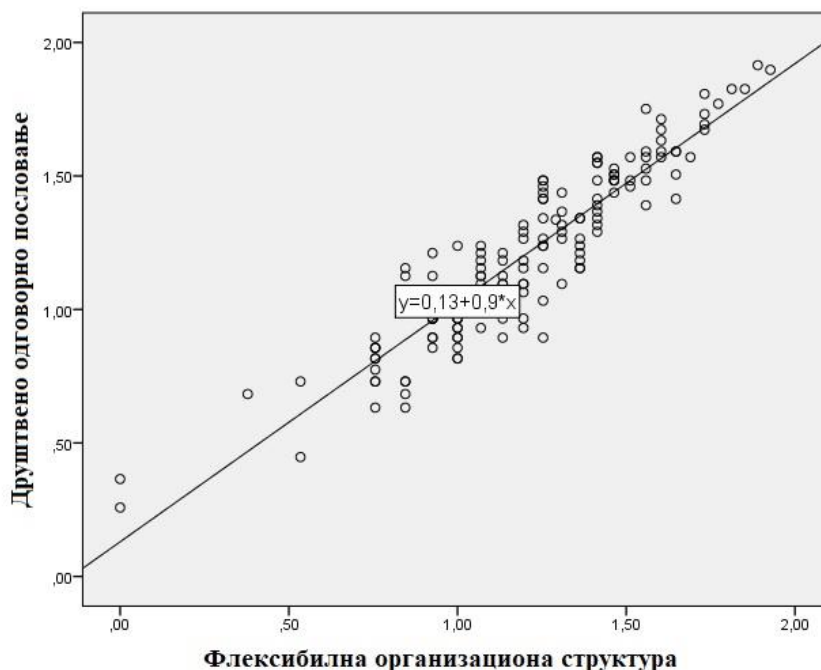
Model	Nestandardizovani koeficijenti		Standardizovani koeficijenti	t	Verovatnoća greške	95,0% Interval poverenja varijable		
	B	Std. greška	Beta			Donji	Gornji	
1	Odsečak/ konstanta- a	0,130	0,038		3,410	0,001	0,055	0,205
	Nagib - b	0,895	0,031	0,923	29,277	0,000	0,835	0,956

<sup>a</sup> Zavisna promenljiva: KDO

Statistika testa iznosi 29,277. Njena vrednost je veća od najveće kritične vrednosti u tablici 2 t rasporeda, p – vrednost je manja od nivoa značajnosti (manja od 0,005). To znači da treba odbaciti nultu hipotezu i usvojiti

alternativnu  $H1: \beta \neq 0$ . Ovo ukazuje na postojanje linearne veze između varijacija posmatranih pojava pa se za predviđanje može koristiti regresiona linija.

Jednačina regresione prave je  $y = \beta_0 * x + \beta_1$ . Na grafiku je prikazana jednačina regresione prave koja ima oblik  $y = 0,13 + 0,9 * x$ . Pomoću jednačine regresione prave jednostavnom zamenom pojedinih vrednosti  $x$  dolazi se do predviđanja prosečnih vrednosti  $y$ . Za slučaj kada je  $\beta_1 > 0$  (kao što je ovaj), prava pokazuje rastuću tendenciju od donjeg levog ugla prema gornjem desnom uglu prvog kvadranta koordinatnog sistema. „T – testom“ je potvrđena ocena regresionog koeficijenta nagiba koja je statistički značajna. Veza između dve promenljive (fleksibilna organizaciona struktura i korporativna društvena odgovornost) prikazana je dijagramom raspršenosti, slika 1.



**Sl. 1.** Dijagram raspršenosti za varijable fleksibilnosti organizacione strukture i KDO

Sa dijagrama raspršenosti, slika 1, se vidi da između varijacija posmatranih pojava postoji kvantitativno slaganje. Na osnovu koeficijenta determinacije može se zaključiti da u 85% slučajeva fleksibilnost organizacione strukture doprinosi društveno odgovornom poslovanju preduzeća. Ovim se potvrđuje hipoteza: „Fleksibilna organizaciona struktura pozitivno utiče na implementaciju principa društveno odgovornog poslovanja u kompanijama iz oblasti energetskog sektora“.

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima istraživanja u referencama [6] i [7] gde se navodi da organska, tj. fleksibilna, organizaciona struktura pruža veće mogućnosti za implementaciju koncepta društvene odgovornosti.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Uticaj energetskog sektora na zajednice je višestruk. Utiče na ekonomske prilike, kvalitet života, održivost životne sredine i društvenu dinamiku. Balansiranje ovih uticaja zahteva promišljeno planiranje, kreiranje politike i angažovanje zajednice kako bi se osigurali pozitivni rezultati za sadašnje i buduće generacije. Takođe, balansiranje ovih uticaja zahteva i odgovorno poslovanje kompanija iz oblasti energetskog sektora. Za odgovorno poslovanje neophodna je adekvatna organizaciona struktura. Veza između organizacione strukture i odgovornog poslovanja je značajna i višestruka. Fleksibilna organizaciona struktura obezbeđuje osnovu za odgovorno poslovanje uspostavljanjem jasnog upravljanja, promovisanjem etičkog liderstva, obezbeđivanjem efikasne komunikacije, mudrom raspodelom resursa, angažovanjem zainteresovanih strana i integracijom održivosti u osnovnu strategiju. Ovo usklađivanje omogućava preduzećima da posluju ne samo profitabilno već i etički i održivo.

#### **ZAHVALNOST**

*Deo podataka prikazanih u ovom radu urađena su finansiranjem Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, prema ugovoru br. 451-03-66/2024-03/200052, na čemu se autori zahvaljuju.*

#### **LITERATURA**

- [1] M. Dudek, I. Bashynska, S. Filyppova, S. Yermak, D. Cichoń, *Journal of Cleaner Production*, 394 (2023) 136317.
- [2] W. Zheng, B. Yang, G.N. McLean, *Journal of Business research*, 63(7) (2010) 763-771.
- [3] J.W. Fredrickson, *Academy of management review*, 11(2) (1986) 280-297.
- [4] L.R. James, A.P. Jones, *Personnel psychology*, 33(1) (1980) 97-135.
- [5] H.O. Armour, D.J. Teece, *The Bell Journal of Economics*, 9(1)(1978) 106-122.



- 
- [6] C.S. Crisan-Mitra, Вестник Пермского университета. Серия: Экономика, 14(1) (2019) 145-159.
  - [7] P. Kamkankaew, P. Thanitbenjasith, S. Sribenjachote, Academy of Entrepreneurship Journal, 26(1) (2020) 1-7.
  - [8] Y. Yuan, L.Y. Lu, G. Tian, Y. Yu, Journal of business ethics, 162(2) (2020) 359-377.
  - [9] J. Abbas, E. Dogan, Environmental Science and Pollution Research, 29(2022) 60024-60034.
  - [10] C. Pan, J. Abbas, S. Álvarez-Otero, H. Khan, C. Cai, Journal of Cleaner Production, 366 (2022) 132878.

## UPUTSTVO AUTORIMA

**Časopis BAKAR** izlazi dva puta godišnje i objavljuje naučne, stručne i pregledne radove. Za objavljivanje u časopisu prihvataju se isključivo originalni radovi koji nisu prethodno objavljivani i nisu istovremeno podneti za objavljivanje negde drugde. Radovi se anonimno recenziraju od strane recenzenta posle čega uredništvo donosi odluku o objavljivanju. Rad priložen za objavljivanje treba da bude pripremljen prema dole navedenom uputstvu da bi bio uključen u proceduru recenziranja. Neodgovarajuće pripremljeni rukopisi biće vraćeni autoru na doradu.

**Obim i font.** Rad treba da je napisan na papiru A4 formata (210x297 mm), margine (leva, desna, gornja i donja) sa po 25 mm, u Microsoft Wordu novije verzije, fontom Times New Roman, veličine 12, sa razmakom 1,5 reda, obostrano poravnat prema levoj i desnoj margini. Preporučuje se da celokupni rukopis ne bude manji od 5 strana i ne veći od 10 strana.

**Naslov rada** treba da je ispisan velikim slovima, bold, na srpskom i na engleskom jeziku. Ispod naslova rada pišu se imena autora i institucija u kojoj rade. Autor rada zadužen za korespondenciju sa uredništvom mora da navede svoju e-mail adresu za kontakt u fusnoti.

**Izvod** se nalazi na početku rada i treba biti dužine do 200 reči, da sadrži cilj rada, primenjene metode, glavne rezultate i zaključke. Veličina fonta je 10, italic.

**Cljučne reči** se navode ispod izvoda. Treba da ih bude minimalno 3, a maksimalno 6. Veličina fonta je 10, italic.

**Izvod i ključne reči** treba da budu date i na engleski jezik.

**Osnovni tekst.** Radove treba pisati jezgrovito, razumljivim stilom i logičkim redom koji, po pravilu, uključuje uvodni deo s određenjem cilja ili problema rada, opis metodologije, prikaz dobijenih rezultata, kao i diskusiju rezultata sa zaključcima i implikacijama.

**Glavni naslovi** trebaju biti urađeni sa veličinom fonta 12, bold, sve velika slova i poravnati sa levom marginom.

**Podnaslovi** se pišu sa veličinom fonta 12, bold, poravnato prema levoj margini, velikim i malim slovima.

**Slike i tabele.** Svaka ilustracija i tabela moraju biti razumljive i bez čitanja teksta, odnosno, moraju imati redni broj, naslov i legendu (objašnjenje oznaka, šifara, skraćenica i sl.). Tekst se navodi ispod slike, a iznad tabele. Redni brojevi slika i tabele se daju arapskim brojevima.

**Reference u tekstu** se navode u ugličastim zagradama, na pr. [1,3]. Reference se prilažu na kraju rada na sledeći način:

[1] B.A. Willis, Mineral Processing Technology, Oxford, Pergamon Press, 1979, str. 35. (za poglavlje u knjizi)

[2] H. Ernst, *Research Policy*, 30 (2001) 143–157. (za članak u časopisu)

[3] www: <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf> (za web dokument)

Navođenje neobjavljenih radova nije poželjno, a ukoliko je neophodno treba navesti što potpunije podatke o izvoru.

**Zahvalnost** se daje po potrebi, na kraju rada, a treba da sadrži ime institucije koja je finansirala rezultate koji se daju u radu, sa nazivom i brojem projekta; ili ukoliko rad potiče iz magistarske teze ili doktorske disertacije, treba dati naziv teze/disertacije, mesto, godinu i fakultet na kojem je odbranjena. Veličina fonta 10, italic.

Radovi se šalju prevashodno elektronskom poštom ili u drugom elektronskom obliku.

Adresa uredništva je: Časopis BAKAR  
Institut za rudarstvo i metalurgiju  
Alberta Ajnštajna br. 1, 19210 Bor  
E-mail: [nti@irmbor.co.rs](mailto:nti@irmbor.co.rs); [ana.kostov@irmbor.co.rs](mailto:ana.kostov@irmbor.co.rs)  
Telefon: 030/454-260; 030/454-108

*Svim autorima se zahvaljujemo na saradnji.*

## INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS

**COPPER Journal** is published twice a year and publishes the scientific, technical and review paper works. Only original works, not previously published and not simultaneously submitted for publications elsewhere, are accepted for publication in the journal. The papers are anonymously reviewed by the reviewers after that the Editorial decided to publish. The submitted work for publication should be prepared according to the instructions below as to be included in the procedure of reviewing. Inadequate prepared manuscripts will be returned to the author for finishing.

**Volume and Font Size.** The paper needs to be written on A4 paper (210x297 mm), margins (left, right, top and bottom) with each 25 mm, in the Microsoft Word later version, font Times New Roman, size 12, with 1.5 line spacing, justified to the left and right margins. It is recommended that the entire manuscript cannot be less than 5 pages and not exceed 10 pages.

**Title of Paper** should be written in capital letters, bold, in Serbian and English. Under the title, the names of authors and their affiliations should be written. Corresponding author must provide his/her e-mail address for contact in a footnote.

**Abstract** is at the beginning of the paper and should be up to 200 words include the aim of the work, the applied methods, the main results and conclusions. The font size is 10, italic.

**Keywords** are listed below the abstract. They should be minimum 3 and maximum of 6. The font size is 10, italic.

**Abstract and Keywords** should be also given in English language.

**Basic Text.** The papers should be written concisely, in understandable style and logical order that, as a rule, including the introduction part with a definition of the aim or problem of the work, a description of the methodology, presentation of the obtained results as well as a discussion of the results with conclusions and implications.

**Main Titles** should be done with the font size 12, all capital letters and aligned to the left margin.

**Subtitles** are written with the font size 12, bold, aligned to the left margin, large and small letters.

**Figures and Tables.** Each figure and table must be understandable without reading the text, i.e., must have a serial number, title and legend (explanation of marks, codes, abbreviations, etc.). The text is stated below the figure and above the table. Serial numbers of figures and tables are given in Arabic numbers.

**References in the text** are cited in square brackets, e.g. [1,3]. References are enclosed at the end of the paper as follows:

[1] B.A. Willis, *Mineral Processing Technology*, Oxford, Pergamon Press, 1979, p. 35. (*for the chapter in a book*)

[2] H. Ernst, *Research Policy*, 30 (2001) 143–157. (*for the article in a journal*)

[3] <http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf> (*for web document*)

Citation of the unpublished works is not preferable and, if it is necessary, as much as possible completed data source should be listed.

**Acknowledgement** is given, as needed, at the end of the paper and should include the name of institution that funded the given results in the paper, with the project title and number; or if the work is resulted from the master thesis or doctoral dissertation, it should give the title of thesis/dissertation, place, year and faculty/university where it was defended. Font size is 10, italic.

The manuscripts are primarily sent by e-mail or in other electronic form.

Editorial Address: Journal COPPER  
Mining and Metallurgy Institute Bor  
1 Alberta Ajnštajna, 19210 Bor  
E-mail: nti@irmbor.co.rs; ana.kostov@irmbor.co.rs  
Telephone: +381 30/454-260; +381 30/454-108

We are thankful for all authors on cooperation.

**SADRŽAJ**  
**CONTENS**

---

Daniel Kržanović, Miljan Gomilanović, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Sandra Milutinović	
<b>NOV TEHNOLOŠKI PRISTUP ODLAGANJU RUDARSKOG OTPADA U PROCESU EKSPLOATACIJE METALIČNIH MINERALNIH SIROVINA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA</b>	
A NEW TECHNOLOGICAL APPROACH TO THE DISPOSAL OF MINING WASTE IN THE PROCESS OF EXPLOITATION OF METALLIC MINERAL RAW MATERIALS IN SURFACE MINES .....	1
Emil Novak, Dimitrije Stevanović, Milorad Mandić, Strahinja Sarajlić	
<b>DIJAGNOSTIKA, SANACIJA I GAŠENJE POŽARA NESANITARNIH DEPONIJA</b>	
DIAGNOSTICS, MITIGATION, AND EXTINGUISHMENT OF FIRES AT NON-SANITARY LANDFILLS .....	9
Ivan Jovanović, Novica Staletović	
<b>KONTROLE SPROVOĐENJA MERA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE PRI PODZEMNOJ EKSPLOATACIJI RUDE</b>	
CONTROLS OF THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES DURING UNDERGROUND ORE EXPLOITATION .....	19
Miloš Živanović, Nikola Miljković, Jelena Stefanović, Nikola Jovanović, Zlatko Pavlović	
<b>TUNELSKA KONSTRUKCIJA TRAKASTOG TRANSPORTERA</b>	
BELT CONVEYOR TUNNEL SUPPORT STRUCTURE .....	29
Jovan Vujić, Božo Ilić, Nebojša Đenić	
<b>ISPITIVANJE ELEKTROIZOLACIONIH PROSTIRKI U TS 35/10 kV I ANALIZA STVARNOG STANJA</b>	
TESTING OF ELECTRICAL INSULATION MATS IN TS 35/10 kV AND ANALYSIS OF THE ACTUAL SITUATION .....	37
Nikola Miljković, Miloš Živanović, Nikola Jovanović, Zlatko Pavlović, Jelena Stefanović	
<b>TEHNOLOGIJA STABILNOG TRANSPORTA NUSPRODUKATA SAGOREVANJA U OKVIRU TERMOELEKTRANE „PLJEVLJA“ TRANSPORTERIMA SA TRAKOM</b>	
TECHNOLOGY OF STABLE TRANSPORTATION OF COMBUSTION BY-PRODUCTS IN THE FRAMEWORK OF THERMAL POWER PLANT „PLJEVLJA“ BY BELT CONVEYORS .....	45
Marija Stevanović, Violeta Jovanović, Danijela Simonović, Vesna Krstić	
<b>UTICAJ ORGANIZACIONE STRUKTURE NA DRUŠTVENU ODGOVORNOST KOMPANIJA IZ OBLASTI ENERGETSKOG SEKTORA</b>	
THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE ON THE SOCIAL RESPONSIBILITY OF COMPANIES IN THE ENERGY SECTOR .....	53

---