



**PRIVREDNA
KOMORA
SRBIJE**

Pouzdan partner

Udruženje za energetiku i rudarstvo

Broj: 09.05 - 1122

Beograd, 03. 05. 2023.

INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

Dr Dragan Radulović

Predmet: Rad po pozivu

Poštovani,

Privredna komora Srbije zajedno sa privrednim subjektima i naučnim institucijama organizuje simpozijum "RUDARSTVO 2023" koji će se održati od 30. maja do 2. juna 2023. godine na Zlatiboru.

Sa zadovoljstvom Vas obaveštavamo da je Naučni odbor simpozijuma "Rudarstvo 2023", prihvatio Vaš rad kao plenarni:

- **TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA PET ALKALNO AKTIVIRANIH UZORAKA BENTONITSKE RUDE „BIJELO POLJE“ – BAR**
Dragan S. Radulović, Vladimir D. Jovanović, Dejan Todorović, Branislav Ivošević,
Darko M. Božović, Sonja Milićević, Slavica Mihajlović

Vaš rad će biti štampan u Zborniku, a pozivamo Vas da ga, usmeno izložite prema priloženom Programu, u okviru Plenarnog izlaganja. Predviđeno je da izlaganje traje 20 minuta.

S poštovanjem



Sekretar

Ljubinko Savić
Ljubinko Savić

„ RUDARSTVO 2023“

14. simpozijum sa međunarodnim učešćem

Održivi razvoj u energetici i rudarstvu

11. Savetovanje sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

**Zlatibor
30. maj - 2. jun 2023.**

ZBORNİK RADOVA/ PROCEEDINGS

Organizatori:

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina
Privredna komora Srbije

Izdavač / Publisher

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

Urednik / Editor

Miroslav Ignjatović

Štampa / Printed by

Akadska izdanja, Beograd

Tiraž / Copies

180

Beograd, 30. maj 2023

14. Simpozijum „Rudarstvo 2023“

Održivi razvoj u rudarstvu i energetici

NAUČNI ODBOR

dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Beograd; dr Vladimir Šiljkut, JP EPS; Prof.dr Mirko Gojić, Metalurški fakultet, Sisak; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet; dr Maja Grbić, Elektrotehnički institut “Nikola Tesla”; dr Branislav Marković, ITNMS, Beograd; prof. dr Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof. dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Slavica Mihajlović, ITNMS, Beograd; dr Dragana Ranđelović, ITNMS, Beograd; dr Vladimir Jovanović, ITNMS, Beograd; Prof. Snežana Ignjatović, RGF, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH, prof.dr Omer Musić, RGG fakultet, Tuzla; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; Prof.dr Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH, dr Rada Krgović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Vladan Kašić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JPEPS, Ogranak RB; Kolubara; mr Jadranka Todorović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap

PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Ljubinko Savić, Privredna komora Srbije; Gordana Tomašević, JP EPS; dr Nikola Vuković, ITNMS; Vladimir Vukojević, NIS Gaspromneft; Nataša Malenčić, NIS Gaspromnjeft; Andrea Radonjić, Rio Tinto; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Bojan Rakić, JP EPS, Ogranak HE Đerdap, Miliša Jovanović, EMS ad; Prof. dr Milanka Negovanović, RGF, Beograd; Slobodan Mitić, JP PEU, Resavica; Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan; Momčilo Dugalić, Jelen Do; Mr Šahbaz Lapandić, rudnik mrkog uglja Banovići

SADRŽAJ / CONTENTS:

Plenarna predavanja / Plenary Presentations

RETKI ELEMENTI I NJIHOV STRATEŠKI ZNAČAJ

Jovan Kovačević, Dragoman Rabrenović, Predrag Mijatović,
Jelena Kokot, Slobodanka Sudar, Nebojša Gavrilović 5

STRATEŠKI PLAN ODRŽIVOG RAZVOJA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA

UGLJA RMU „SOKO“ SOKOBANJA

Sobodan Kokerić, Zoran Aksentijević, Mirko Ivković 16

POVRŠINSKI MODIFIKOVANI ZEOLITI - EFIKASNI ADSORBENTI

EMERGENTNIH ZAGAĐIVAČA

Danijela Smiljanić, Aleksandra Daković, Marija Marković,
Milena Obradović i Milica Ožegović 29

ČELIČNI OTPAD - SEKUNDARNA SIROVINA ZA PROIZVODNJU ČELIKA

Mirko Gojić, Stjepan Kožuh, Ivana Ivanić 37

PRIMENA AEROMAGNETSKIH I GRAVIMETRIJSKIH PODATAKA PRI

IZRAD GEOFIZIČKOG-GEOLOŠKOG MODELA DELA TIMOČKOG MAGMATSKOG KOMPLEKSA

Snežana Ignjatović 55

ANALIZA KRITERIJUMA VERIFIKACIJE METODA ZA ISPITIVANJE

ZATEZANJEM ČELIČNIH ŽICA , UŽADI U RUDARSTVU

Slavica Miletić, Biserka Trumić, Suzana Stanković 78

PRIMENA SKENIRAJUĆE ELEKTRONSKE MIKROSKOPIJE U ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA I

PRIPREMI MINERALNIH SIROVINA

Nikola S. Vuković 66

MOGUĆNOST EKSPLOATACIJE METANA IZ LEŽIŠTA RMU

„SOKO“ – SOKOBANJA

Duško Đukanović, Nemanja Đokić, Zoran Aksentijević,
Daniel Radivojević, Branislav Stakić 75

ANALIZA KRITERIJUMA VERIFIKACIJE METODA ZA ISPITIVANJE ZATEZANJEM

ČELIČNIH ŽICA , UŽADI U RUDARSTVU

Slavica Miletić, Biserka Trumić, Suzana Stanković 88

GEOLOGIJA LEŽIŠTA ZEOLITSKIH TUFOVA SRBIJE

Vladan Kašić, Vladimir Simić, Jovica Stojanović, Ana Radosavljević-Mihajlović,
Slavica Mihajlović, Nataša Djordjević 95

TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA PET ALKALNO AKTIVIRANIH UZORAKA

BENTONITSKE RUDE „BIJELO POLJE“ – BAR I NJIHOVA PRIMENA

U RAZLIČITIM INDUSTRIJSKIM GRANAMA

Dragan S. Radulović, Vladimir D. Jovanović, Dejan Todorović,
Branislav Ivošević, Darko M. Božović, Sonja Milićević, Slavica Mihajlović 110

SMANJENJE RIZIKA OD OŠTEĆENJA KAPITALNE RUDARSKE OPREME

IMPLEMENTACIJOM RADARSKOG PRAĆENJA STABILNOSTI KOSINA

NA KOPOVIMA ELEKTROPRIVREDE SRBIJE

Dragan Milošević, Ivan Janković, Đorđe Radulović 119

Saopštenja / Contributions

HORIZONTALNA I VERTIKALNA DISTRIBUCIJA TEŠKIH METALA (Cu, Pb, Zn) U LIGNITU KOSTOLAČKO - KOVINSKOG UGLJONOSNOG BASENA Bogoljub Vučković	124
КОЛИКО ДАНАС, ЈУЧЕ СМО МОРАЛИ МИСЛИТИ НА СУТРА Зорица Гојак	134
UTVRĐIVANJE PARAMETRA ODLOŽENE OTKRIVKE I JALOVINE METODOM POVRATNE ANALIZE NA POVRŠINSKOM KOPU GACKO-CENTRALNO POLJE Aleksandar Ateljević, Nenad Lasica, Dušan Nikčević, Nikola Stanić, Aleksandar Doderović	137
POTENCIJALNOST LEŽIŠTA MRKOG UGLJA "SOKO" – SOKOBANJA Miljana Milković, Đorđe Fići, Daniel Radivojević, Zoran Aksentijević, Slobodan Kokerić	151
ODREĐIVANJE ISKORISTIVE VREDNOSTI PRIRODNOG KAPITALA LEŽIŠTA UGLJA "POLJANA" Zorica Ivković, Dejan Dramlić, Dražana Tošić, Boban Branković, Jelena Trivan	163
ПРИМЈЕНА МОДЕЛА УПРАВЉАЊА ДИКОНТИНУАЛНИМ СИСТЕМИМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ У УСЛОВИМА ПК „БОГУТОВО СЕЛО“ Димшо Милошевић, Владимир Малбашић	172
ORDŽIVOST PODZEMNE EKSPLOATACIJE UGLJA U REPUBLICI SRBIJI Marko Babović, Ivan Janković,, Branislav Babić	193
POZITIVNI I NEGATIVNI UTICAJ HIDROELEKTRANA NA ŽIVOTNU SREDINU Ivana Mitrović	203
EKSTERNI TROŠKOVI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE TOKOM I NAKON PROCESA PROIZVODNJE Boban Turanović	215
GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA MINERALIZACIJA BORA I PRATEĆIH ELEMENATA U VALJEVSKO-MIONIČKOM BASENU RADI DOKAZIVANJA LEŽIŠTA RUDE BORA, SA TEŽIŠTEM NA PROCESU IZVEDENIH TEHNOLOŠKO-METALURŠKIH ISPITIVANJA Branislav Potić, Ana Arifović	220
MOGUĆNOST SMANJENJA EMISIJE CO₂ U TERMoeLEKTRANAMA "EPS-a" U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA I CIRKULARNE EKONOMIJE Momčilo MOMČILOVIĆ	233
STABILNOST ODLAGALIŠTA JALOVINE NA POVRŠINSKOM KOPU BELI KAMEN NA FRUŠKOJ GORI Radmilo Rajković, Daniel Kržanović, Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Stefan Trujić	248
ГЛАУКОНИТСКИ КВАРЦНИ АРЕНИТИ И ЊИХОВА ПРИМЕНА У ОРГАНСКОЈ ПРОИЗВОДЊИ Драгоман Рабреновић, Јован Ковачевић, Маја Познановић Спахихћ, Цветко Живоковић, Јелена Кокот	257
SPECIFIČNOSTI HIBRIDNIH GEOMREŽA Milenko Jovanović, Daniel Krzanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Emina Pozega	269
BIOLOŠKA REKULTIVACIJA FLOTACIJSKOG JALIVIŠTA STUBIČKI POTOK U LEPOSAVIĆU Miomir Mikić, Sandra Milutinović, Stefan Trujić, Radmilo Rajković, Milenko Jovanović	278

SISTEM ODBRANE OD VODA POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ	
Daniel Kržanović, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Ivana Jovanović	283
IZRADA DRENAŽNIH KANALA U PODINI PK „DRMNO“, ZAPUNA IBERLAUFOM I POKRIVANJE GEOTEKSTILOM	
Jovan Zdravković, Tomislav Nestorović, Mladen Vojnić Nadežda Stevanović – Petrović	289
POSTUPCI PRIPREME KVARCNOG PESKA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU	
Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević, Vladan Kašić, Dragan Radulović, Vladimir Jovanović	293
DEMONTAŽA I MONTAŽA RADNOG KOLA TURBINE NA HE ĐERDAP 1	
Aleksandar Čelebić	299
ODRŽIVI RAZVOJ U ELEKTROENERGETICI	
Žarko Nestorović, Petar Nikolić, Dragan Marinović, Bojan Rakić	310
MONTAŽA STATORA GLAVNOG GENERATORA NA HE „ĐERDAP 1“	
Dragan Belonić	316
REVITALIZACIJA AGREGATA A2 NA HE „ĐERDAP 1“	
Radovan Miković	326
ZNAČAJ PROBNO-EKSPLOATACIONE ETAŽE PRI ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA ŽARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKOG KAMENA U CRNOJ GORI	
Darko Božović, Dragan S. Radulović, Branko Vilotijević	337
ANALIZA UTICAJA RUDARSKIH RADOVA NA PROMENE NAČINA KORIŠĆENJA ZEMLIŠTA U ZONI RUDARSKOG BASENA „KOLUBARA“ DALJINSKOM DETEKCIJOM	
Milislav Tomić	344
FLEKSIBILNOST U RADU POSTROJENJA ZA DORADU NA RUDNIKU KOVIN	
Ivan Filipov	355
ZEOLITSKI TUFOVI LEŽIŠTA SLANCI U BEOGRADSKOM DUNAVSKOM KLJUČU	
Vladan Kašić, Jovica Stojanović, Ana Radosavljević-Mihajlović, Slavica Mihajlović, Nataša Djordjević	366
METODOLOGIJA IZDAVANJA ULJA I MAZIVA U POMOĆNOJ MEHANIZACIJI NA PK „DRMNO“	
Filip Todorović	374
UTICAJ SEPARATNOG PROVJETRIVANJA NA POJAVU ENDOGENIH POŽARA U RUDNIKU „PODZEMNA EKSPLOATACIJA UGLJA“ RMU „BANOVIĆI“	
Dž. Dostović; Šefik Sarajlić	382

TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA PET ALKALNO AKTIVIRANIH UZORAKA BENTONITSKE RUDE „BIJELO POLJE“ – BAR I NJIHOVA PRIMENA U RAZLIČITIM INDUSTRIJSKIM GRANAMA

**Dragan S. Radulović¹, Vladimir D. Jovanović¹, Dejan Todorović¹,
Branislav Ivošević¹, Darko M. Božović², Sonja Milićević¹,
Slavica Mihajlović**

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

²Geološki Zavod, Podgorica, Crna Gora

Izvod:

U ovom radu je prikazan deo tehnoloških ispitivanja koja su u ITNMS-u obavljena na 5 vrsta uzoraka (3 rovna i dva kompozita) bentonita iz ležišta „Bijelo polje“ - Opština Bar. Bentonit iz ležišta „Bijelo Polje“-Bar je Ca-bentonit, i u okviru tehnoloških ispitivanja definisani su i utvrđivani uslovi njegove aktivacije i prevođenja u alkalno aktivirani Na-oblik. U radu su takođe prikazani ispitivanja mogućnosti primene neaktiviranih i aktiviranih uzoraka bentonita u livnicama. Tehnološka ispitivanja mogućnosti primene bentonita „Bijelo Polje“ – Bar u metalurgiji su obavljena u Laboratoriji za kontrolu kvaliteta sirovina i finalnih proizvoda fabrike bentonita TD „ BENTOMAK,, - Kriva Palanka – Ginovci (S. Makedonija). Parametri kvaliteta određeni su saglasno postojećim ISO, ASTM, EN kao i ex-Yu standardu JUS B.F1.040 koji se odnosi na bentonite za izradu kalupa i jezgara za livenje svih vrsta odlivaka.

Ključne reči: bentonit, tehnološka ispitivanja, metalurgija, kalupi, jezgra,

1.0. Uvod:

Tehnološka ispitivanja na uzorcima bentonita ITNMS je obavio za potrebe firme „Uniprom“-Nikšić.. Ova ispitivanja (tehnološka) predstavljaju nastavak prethodno obavljene fizičko-hemijske i mineraloške karakterizacije tri uzorka bentonitske rude iz ležišta „Bijelo-Polje“-Bar. „Uniprom“-Nikšić je potpisao koncesioni Ugovor sa vladom Republike Crne Gore o ispitivanju i komercijalnoj valorizaciji bentonita iz ležišta „Bijelo Polje“ Opština Bar. Za ove potrebe firma „Uniprom“ je obavila istražna bušenja u ležištu i izvršila je otkopavanje probne etaže, pri čemu je uočeno da u samom ležištu postoje tri različita varijeteta bentonitske sirovine, koji se i vizuelno razlikuju. Investitor je uzeo ukupno 1578kg rude, koji su zapakovani u 39 džakova (od svakog varijeteta bentonitske rude po 13 džakova) i kao takvi dopremljeni u Institut. Na ovim uzorcima bentonita su određene su sve bitne osobine mineralne sirovine, a sama ispitivanja su omogućila da se mineralna sirovina definiše, sagleda i odredi kao mineralni resursa sa svim parametrima koji su značajni za njegovu valorizaciju. Sve obavljene analize i ispitivanja izvršena su u skladu sa međunarodno priznatim standardnim metodama za određivanje parametara koji se koriste za ocenu kvaliteta bentonitski glina - ISO, EN i ASTM. Sama tehnološka ispitivanja su trebala da daju odgovor, da li se određenim tehnološkim postupcima i operacijama, pre svih iz oblast pripreme mineralnih sirovina, iz rude bentonita „Bijelo Polje“ Opština Bar mogu dobiti komercijalni proizvodi, koji se mogu profitabilno valorizovati na tržištu. Bentonit „Bijelo Polje“-Bar pripada grupi Ca-bentonita, u tom

smislu tehnološka ispitivanja su se sastojala iz nekoliko faza. U prvoj fazi ispitna je mogućnost primene rovnih uzoraka bentonita, odnosno uslova i načina njihove mikronizacije, kojima bi se mogli dobiti proizvodi koji bi zadovoljavali zahteve tržišta. U II fazi ispitivani su i traženi načini da se mineral montmorilonit koncentriše različitim postupcima klasiranja i separacije, jer se kvalitet komercijalnih proizvoda na bazi bentonita, po pravilu se ogleda u sadržaju montmorilonit u njima (teorijska krupnoća montmorilonit ispod $2\mu\text{m}$). Ova ispitivanja su pratila detaljna fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja u cilju identifikacije stepena koncentracije odnosno sadržaja montmorilonita u koncentratima bentonita. U III fazi je zbog veće komercijalne primene Na-bentonita u odnosu na Ca-bentonite kojima pripada bentonit „Bijelo Polje“-Bar, trebalo je ispitati načine i uslove njegovog aktiviranja, odnosno njegovog prevođenja u Na-bentonit. Ispitivani su način dodavanja aktivatora u bentonit, mešanja smese bentonita i aktivatora kao i sadržaji aktivatora koji omogućavaju optimalnu aktiviranost bentonita „Bijelo Polje“-Bar.

Posle toga su aktivirani uzorci bentonita ispitivani za metaluršku primenu u laboratorijama „BENTOMAK“ - Kriva Palanka – Ginovci (Severna Makedonija) u skladu sa standardima koji se primenjuju za bentonite koji se koriste u metalurgiji za livenje shodno važećim ISO, ASTM, EN kao i ex-Yu standardu JUS B.F1.040 koji se odnosi na bentonite za izradu kalupa i jezgara za livenje svih vrsta odlivaka.

U okviru ove faze na kraju je obavljena detaljna fizičko-hemijska i mineraloška karakterizacija aktiviranih uzoraka bentonita. Tako je ovim ispitivanjima urađena: hemijska analiza, određivanje koeficijenta adsorpcije metilen plavog, određivanje kapaciteta katjonske izmene KKI, rentgenska XRD analiza, termijske analize (TG i DSC), snimanje FTIR dijagrama, određivanje specifične površine uzoraka – BET metoda, određivanje pH vrednosti 5% suspenzije, određivanje plastičnosti po – Atteberg-u, određivanje koeficijenta adsorpcije vlage (Enslin –Neff), određivanje morfoloških osobina uzorka skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM), određivanje nasipne mase samlevenih uzoraka u rasutom i zbijenom stanju.

2.0. Eksperimentalni rad

2.1. Uzorak za laboratorijska ispitivanja

U ITNMS su dopremljena tri različita uzorka bentonitske rude iz ležišta „Bijelo Polje“-Bar u trideset devet džakova ukupne mase $m=1578\text{kg}$. Na pomenutim uzorcima prvo su obavljena detaljna fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja, u cilju detaljnog definisanja svih parametara koji su potrebni kao podloge za dalja tehnološka ispitivanja bentonitske rude iz ležišta „Bijelo-Polje“-Bar. Posle toga su obavljena tehnološka ispitivanja bentonitske rude i to na pet uzoraka, od kojih tri potiču od primarnih rovnih uzoraka, a preostala dva uzorka su napravljeni kao kompoziti primarnih uzoraka bentonitske rude.

Način pripreme uzoraka za tehnološka ispitivanja je tekao na sledeći način:

1. Uzorak-1 koji se sastojao od trinaest džakova bentonitske rude je raspakovan i celokupan uzorak je homogenizovan, a zatim je četvrtanjem

skraćen. Postupak homogenizacije i skraćivanja je ponavljan dok je na kraju od polaznog Uzorka-1 izdvojen Uzorak-1-1 za tehnološka ispitivanja mase od $m=120\text{kg}$.

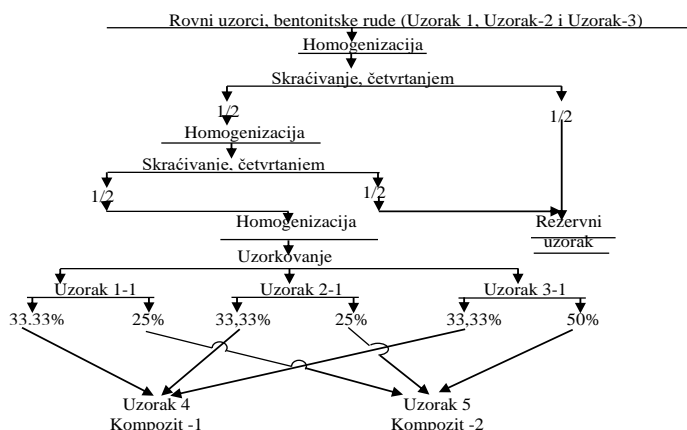
2. Na isti način je od primarnog Uzorka-2, dobijen je homogenizacijom i skraćivanjem Uzorak-2-1 za tehnološka ispitivanja mase od $m=120\text{kg}$.

3. Takođe je na isti način od primarnog Uzorka-3, dobijen homogenizacijom i skraćivanjem Uzorak-3-1 za tehnološka ispitivanja mase od $m=120\text{kg}$.

4. Od izdvojenih Uzoraka-1-1, Uzoraka-2-1 i Uzoraka-3-1, (je od svakog uzeto po oko $m=30\text{kg}$ maseni odnos 1:1:1, pa je mešanjem i homogenizacijom formiran Kompozit-1, mase od oko $m=90\text{kg}$

5. Od izdvojenih Uzoraka-1-1, Uzoraka-2-1 i Uzoraka-3-1, (mešanjem u masenom odnosu 1:2:1 (25% Uzorka -1-1 (oko 22,5kg), 50% Uzorka -2-1 (oko 45kg) i 25% Uzorka -3-1 (oko 22,5kg)) formiran je Kompozit-2, mase od oko $m=90\text{kg}$

Način pripreme uzoraka za tehnološka ispitivanja prikazan je na slici 1.



2.2 Aktiviranje pet uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar“ i njihovo prevođenje u Na-oblik za tehnološka ispitivanja

U okviru ovih ispitivanja vršeno je prevođenje pet polaznih rovni uzoraka bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar iz njihovog primarnog oblika Ca-bentonita u Na-bentonit. Kako je mogućnost primene Na-bentonita, u raznim granama industrije, u svetu daleko veće nego Ca-bentonita, to su ova ispitivanja imala dva cilja. Prvo, je bilo potrebno utvrditi mogućnost aktivacije bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, sa Na_2CO_3 koja se najčešće primenjuje u industrijskim pogonima za aktivaciju bentonita. Drugi cilj bi bio da se utvrdi optimalna količina aktivatora, za svaki pojedinačan uzorak bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar kojom se postiže njihova najbolja aktiviranost. Na dobijenim aktiviranim uzorcima bentonitske rude, trebalo je obaviti različita ispitivanja i analize koje su trebale da pokažu da li su se postupkom aktivacije proširile mogućnosti primene bentonitske rude „Bijelo Polje“-Bar, i da li na osnovu tih novih osobina je moguće dobiti širu paletu komercijalnih proizvoda.

2.3. Način izvođenja postupka aktiviranja pet uzoraka bentonita „Bijelo Polje“-Bar“ u laboratorijskim uslovima rada

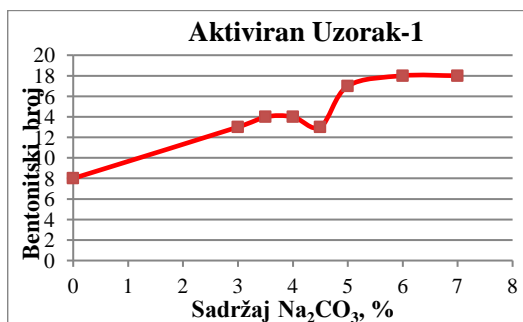
Ovim ispitivanjima je obuhvaćeno ispitivanje mogućnosti aktiviranja 5 vrsta polaznih rovnih uzoraka bentonita: Uzorka- 1, Uzorka-2, Uzorka-3 i dva kompozita odnosno, Uzorka-4 (Kompozita-1) i Uzorka-5 (Kompozit-2). Kao aktivator za aktivaciju pet uzoraka bentonita primenjen je Na_2CO_3 . Sam postupak aktiviranja uzoraka bentonita je izvođen u laboratorijskom ekstruderu. Prilikom izvođenja opita aktivacije bentonita dodavani su sledeći sadržaji Na_2CO_3 : 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 6 i 7%, računato na suhu materiju uzoraka. Za svaku seriju opita primenjen je po $m=1\text{kg}$ bentonita. U uzorak bentonita je dodata prema recepturi odgovarajuća količina Na_2CO_3 i voda (30-35%, računato na suhu materiju bentonita). Propuštanjem ove mase na ekstruderu 4-5 puta, uzorci su potpuno homogenizovani i na kraju su na izlazu ekstrudera dobijeni testasti rezanci. Dobijeni aktivirani bentonit u obliku rezanaca je zatvoren i ostavljen da odstoji u vremenu trajanja od $t=24\text{h}$, da bi došlo do ravnomertne difuzije Na u celokupnom uzorku. Posle toga uzorci su ponovo propušteni na ekstruderu i dobijeni uzorci u obliku rezanaca su sušeni u sušari na temperaturi od $T=60^\circ\text{C}$. Sušenje aktiviranog bentonita je izvođeno do sadržaj vlage od 8-12%, u osušenim uzorcima bentonita. Posle toga svi uzorci su samleveni na finoću 100% -0,074mm, i na svih 35 uzoraka je određen bentonitski broj.

2.4. Određivanje bentonitskog broja za pet aktiviranih uzoraka bentonita

Za svih pet rovnih uzoraka bentonita posle aktiviranja sa Na_2CO_3 su u laboratoriji za fizičku-hemiju ITNMS-a određeni bentonitski brojevi u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3 . Određivanje bentonitskog broja se obavlja dokumentovanom metodom Instituta, za određivanje bentonitskog broja DM 10-0/60*. Rezultati određivanja vrednosti bentonitskog broja u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3 za svaki uzorak bentonita su predstavljene Tabelama 1-5, a na osnovu dobijenih vrednosti nacrtani su dijagramima vrednosti bentonitskog broja u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3 prikazani na slikama slikama 2-6.

Tabela 1. Vrednost bentonitskog broja za aktivirani Uzorak-1 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

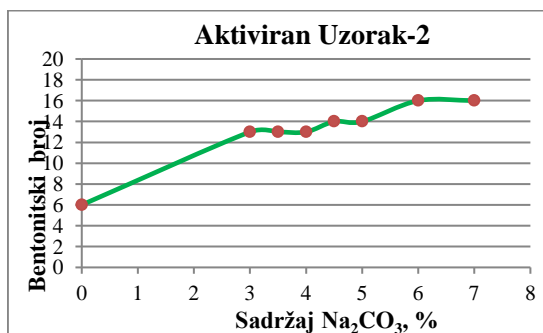
Uzorak-1 ktiviran	Bentonitski broj
sa 3% Na_2CO_3	13
sa 3,5% Na_2CO_3	14
sa 4% Na_2CO_3	14
sa 4,5% Na_2CO_3	13
sa 5% Na_2CO_3	17
sa 6% Na_2CO_3	18
sa 7% Na_2CO_3	18



Slika 2. Dijagram vrednosti bentonitskog broja Uzorka-1 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

Tabela 2. Vrednost bentonitskog broja za aktivirani Uzorak-2 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

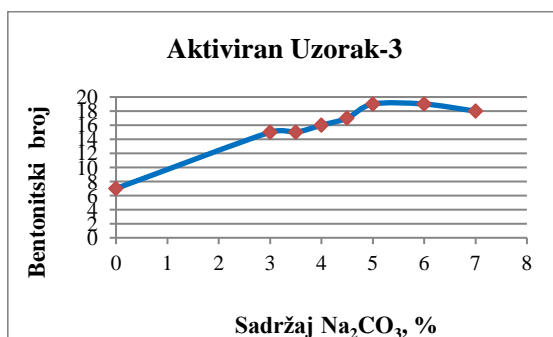
Uzorak-2 aktiviran	Bentonitski broj
sa 3% Na_2CO_3	13
sa 3,5% Na_2CO_3	13
sa 4% Na_2CO_3	13
sa 4,5% Na_2CO_3	14
sa 5% Na_2CO_3	14
sa 6% Na_2CO_3	16
sa 7% Na_2CO_3	16



Slika 3. Dijagram vrednosti bentonitskog broja Uzorka-2 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

Tabela 3. Vrednost bentonitskog broja za aktivirani Uzorak-3 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

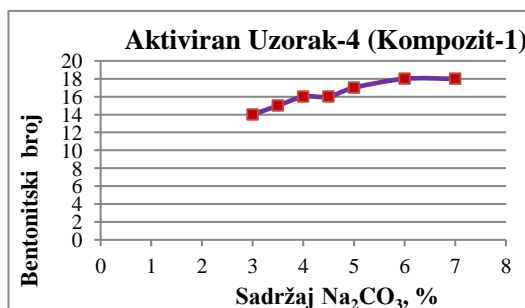
Uzorak-3 aktiviran	Bentonitski broj
sa 3% Na_2CO_3	15
sa 3,5% Na_2CO_3	15
sa 4% Na_2CO_3	16
sa 4,5% Na_2CO_3	17
sa 5% Na_2CO_3	19
sa 6% Na_2CO_3	19
sa 7% Na_2CO_3	18



Slika 4. Dijagram vrednosti bentonitskog broja Uzorka-3 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

Tabela 4. Vrednost bentonitskog broja za aktivirani Uzorak-4 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

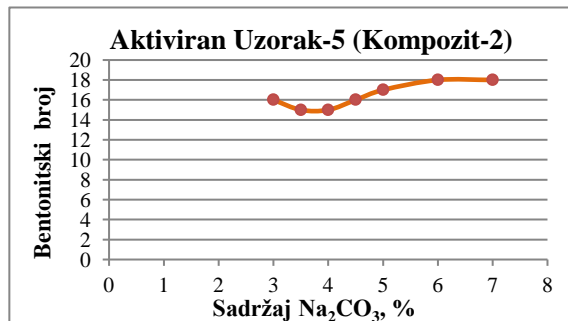
Uzorak-4 aktiviran	Bentonitski broj
sa 3% Na_2CO_3	14
sa 3,5% Na_2CO_3	15
sa 4% Na_2CO_3	16
sa 4,5% Na_2CO_3	16
sa 5% Na_2CO_3	17
sa 6% Na_2CO_3	18
sa 7% Na_2CO_3	18



Slika 5. Dijagram vrednosti bentonitskog broja Uzorka-4 (Kompozit-1) u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

Tabela 5. Vrednost bentonitskog broja za aktivirani Uzorak-5 u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

Uzorak-5 aktiviran	Bentonitski broj
sa 3% Na_2CO_3	16
sa 3,5% Na_2CO_3	15
sa 4% Na_2CO_3	15
sa 4,5% Na_2CO_3	16
sa 5% Na_2CO_3	17
sa 6% Na_2CO_3	18
sa 7% Na_2CO_3	18



Slika 6. Dijagram vrednosti bentonitskog broja Uzorka-5 (Kompozit-2) u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3

Na osnovu dobijenih rezultata vrednosti bentonitskog broja (za pet aktiviranih rovnih uzoraka bentonita u zavisnosti od sadržaja Na_2CO_3 u laboratorijskim uslovima rada) određen je optimalni sadržaja aktivatora Na_2CO_3 za svih pet uzoraka bentonita. Pri tome je uzeto u obzir da je kod Uzorka-3, rovnog uzorka koji ima najveći sadržaj bentonita oko 70%, najveći bentonitski broj postignut sa 5% Na_2CO_3 i iznosi 19, a da sa daljim porastom koncentracije Na_2CO_3 bentonitski broj kod Uzorka-3 opada i za 7% Na_2CO_3 bentonitski broj ima vrednost 18 (Tabela 3, Slika 4). Kod ostalih aktiviranih uzoraka bentonita (Uzorka-1, Uzorka-4 i Uzorka-5) sa porastom koncentracije Na_2CO_3 iznad 5%, došlo je do porasta bentonitskog broja za jednu jedinicu (Tabele 1, 4 i 5, Slike 2, 5 i 6) osim kod Uzorka-2 gde je sa porastom koncentracije Na_2CO_3 iznad 5% došlo do porasta bentonitskog broja za dve jedinice sa 14 koliko je iznosio bentonitski broj za 5% Na_2CO_3 do bentonitskog broja 16 za 7% Na_2CO_3 (Tabela 2, Slika 3). Zbog svih ovih činjenica odlučeno je da optimalna koncentracija Na_2CO_3 za aktiviranje Uzorka-1, Uzorka-3, Uzorka-4 i Uzorka-5 iznosi 5%. Dok je kod Uzorka-2 bentonita, odlučeno da je optimalna koncentracija za njegovo aktiviranje 6%. Posle određivanja optimalne koncentracije Na_2CO_3 za aktiviranje svih pet uzoraka bentonita, napravljena je veća količina svih pet aktiviranih uzoraka bentonita. Ovi uzorci su poslužili za dalja tehnološka ispitivanja aktiviranih uzoraka bentonita, kao i za različite vrste analiza kojima su trebale da se odrede njihove osobine. Dobijenih pet aktiviranih uzoraka i polazni neaktiviran uzorak U-3 poslali su u laboratorije fabrike „ BENTOMAK,, - Kriva Palanka - Ginovci za proizvodnju bentonita na kontrolu za primenu u metalurgiji. Na ove analize poslali su sledeći uzorci:

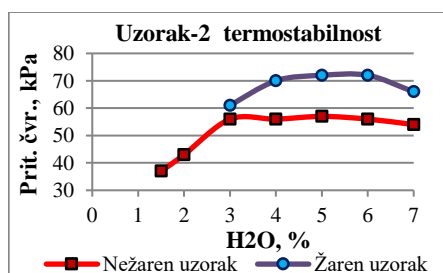
- U-1; Rovni uzorak-3 (samleven na 100% -75 μm)
- U-2; Aktiviran uzorak-1 sa 5% Na_2CO_3 (samleven na 100% -75 μm)
- U-3; Aktiviran uzorak-2 sa 6% Na_2CO_3 (samleven na 100% -75 μm)
- U-4; Aktiviran uzorak-3 sa 5% Na_2CO_3 (samleven na 100% -75 μm)
- U-5; Aktiviran uzorak-4 sa 5% Na_2CO_3 (samleven na 100% -75 μm)
- U-6; Aktiviran uzorak-5 sa 5% Na_2CO_3 (samleven na 100% -75 μm)

3.0. Odredjivanje tehnoloskih parametara kvaliteta alkalno aktiviranih uzoraka bentonita za primenu u livnicama

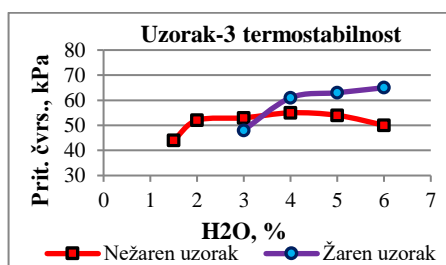
Uzorci bentonita koji su predhodno alkalno aktivirani sa optimalnom količinom Na_2CO_3 , osušeni i mikronizirani (U1 rovni, alkalno aktivirani U2-U6), dostavljeni su na analizu Laboratoriji za kontrolu kvaliteta sirovina i finalnih proizvoda fabrike bentonita TD „ BENTOMAK,, - Kriva Palanka - Ginovci. Svi parametri kvaliteta odredjeni su saglasno postojećim ISO, ASTM, EN kao i ex-Yu standardu JUS B.F1.040 koji se odnosi na bentonite za izradu kalupa i jezgara za livenje svih vrsta odlivaka. Ispitivanja su izvedena na standardnim laboratorijskim uredjajima za analizu Georg Fischer. To su aparati za ispitivanje granulometrijskog sastava, pritise i smicajne čvrstine, propustljivosti na gasove, čvrstoće kondenzacione zone, vlage, gubitka žarenjem i sl. Prisustvo osnovnog minerala montmorilonita u uzorcima je odredjeno Halo metodom. Analize termostabilnosti bentonita uradjene su metodom žarenja na 500 C., u vremenu trajanja od $t = 1\text{h}$. Za pripremu uzoraka za odredjivanje pritise i smicajne čvrstoće, čvrstoće kondenzacione zone i propustljivosti gasova korišćen je livački kvarcni pesak iz ležišta Ub sa srednjom veličinom zrna (d_{50}) od 0,22 mm.

Pre početka merenja izvršeno je baždarenje svih uredjaja po standardnoj proceduri. Posle baždarenja, mereni su i određivani su parametri kvaliteta za svaki uzorak pojedinačno. Dobijeni su rezultati merenja su prikazani u obliku fabričkih laboratorijskih izveštaja i u obliku dijagrama termostabilnosti bentonita.

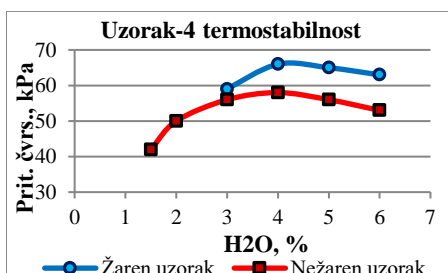
U skladu sa izmerenim i određenim kvalitativnim parametrima aktiviranih uzoraka bentonita i njihovih dijagrama termostabilnosti izvršena je ocena kvaliteta aktiviranih uzoraka bentonita saglasno definisanim standardnim parametrima kvaliteta za primenu bentonita za izradu kalupa i jezgra u livnicama.



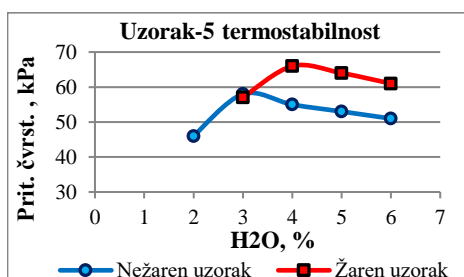
Slika 7. Dijagram termostabilnosti žarenog i nežarenog uzorka U-2 bentonita „Bijelo Polje“-Bar



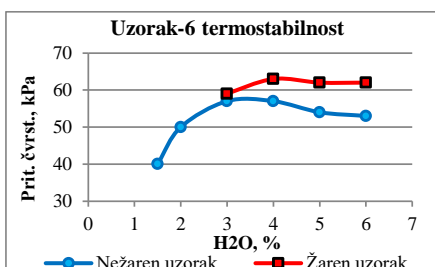
Slika 8. Dijagram termostabilnosti žarenog i nežarenog uzorka U-3 bentonita „Bijelo Polje“-Bar



Slika 9. Dijagram termostabilnosti žarenog i nežarenog uzorka U-4 bentonita „Bijelo Polje“-Bar



Slika 10. Dijagram termostabilnosti žarenog i nežarenog uzorka U-5 bentonita „Bijelo Polje“-Bar



Slika 11. Dijagram termostabilnosti žarenog i nežarenog uzorka U-6 bentonita „Bijelo Polje“-Bar

4.0. ZAKLJUČAK

U okviru ovih ispitivanja izvršena je uspešna aktivacija Ca-bentonita iz ležišta Bijelo Polje –Bar u Na-oblik primenom aktivatora Na_2CO_3 . Na svih pet alkalno aktiviranih uzoraka su određivani tehnološki parametri kvaliteta za njihovu primenu u livnicama, pored toga ispitan je u istim uslovima i U-1 (neaktiviran rovni U-3). Ova tehnološka ispitivanja su obavljena u Laboratoriji za kontrolu kvaliteta sirovina i finalnih proizvoda fabrike bentonita TD „BENTOMAK,, - Kriva Palanka – Ginovci (S. Makedonija). Parametri kvaliteta određeni su saglasno postojećim ISO, ASTM, EN kao i ex-Yu standardu JUS B.F.1.040 koji se odnosi na bentonite za izradu kalupa i jezgara za livenje svih vrsta odlivaka. Dobijeni rezultati pokazali da se ispitivani uzorci bentoniti ne mogu svrstati u ekstra/prvu klasu iako su metodom alkaline aktivacije (prevodjenje u Na - oblik), drastično poboljšane tehnološke karakteristike rovne sirovine (bubrenje, apsorpcija vode, KKI, plastičnost, vrednost pritisne čvrstoće itd.). Neaktivirane Ca-bentonite karakterišu niske vrednosti pritisne čvrstoće što je i slučaj sa U-1 (37 kPa), koji predstavlja uzorak neaktiviranog bentonita, pa je njegova ograničena na livenje obojenih metala i legura malih dimenzija. Alkalna aktivacija rovni uzoraka bentonita (uzorci 2- 6) beleži se rast pritisnih čvrstoća za oko 50 %, kao i ostalih standardnih parametara, ali su dobijene vrednosti nesto manje od onih za I klasu bentonita za upotrebu u livnicama (Slike 7-11). Standard JUS B.F.1.040, određuje minimalne vrednosti parametara, koje treba da zadovoljava probno telo napravljeno od smese bentonita i kvarcnog peska. U skladu sa tim prema standardu JUS B.F.1.040 propisano je da čvrstoća na pritisak probnog tela u vlažnom stanju treba da ima minimalnu vrednost od 60 kPa, čvrstoća na smicanje probnog tela u vlažnom stanju treba da ima minimalnu vrednost od 12 kPa, a za čvrstoću kondenzacione zone minimalna vrednost treba da bude 2,4 kPa. Za ispitivane aktivirane uzorke bentonita „Bijelo Polje“-Bar ove vrednosti su nesto niže. Ispitivanja termostabilnosti uzoraka bentonita, koji je jedan od najznačajnijih parametara kvaliteta za primenu u livačkoj industriji, pokazala da kod svih uzoraka U-2 do U-6 postoji dobra termostabilnost pri žarenju na 500 C, u vremenu trajanja od $t = 1\text{h}$ pri sadržaju vlage od 4%. (dijagrami termostabilnosti na Slikama 7-11,). Sa dijagrama je

vidljivo za sve aktivirane uzorke bentonita U-2 do U-6 da su pritisne čvrstoce žarenih uzoraka veće od nežarenih. Najveća termostabilnost je uočena i određena kod uzorak U-2 (dijagram termostabilnosti, Slika 7.). Naime, dobijeni rezultati određivanja termostabilnosti kod uzorka U-2 su pokazali da je pritisna čvrstoća žarenog uzorka U-2, za 15 jedinica veća od pritisne čvrstoće kod nežarenog uzorka U-2. Ovo činjenica ukazuje da bi se ovaj bentonit mogao uspešno primeniti za izradu kalupa i jezgara za livenje različitih metala. Zbog svega navedenog, trebalo bi sve navedene karakteristike ovih uzoraka bentonita potvrditi i ispitati u realnim uslovima -poluindustrijskom probom u livnici.

Zahvalnica:

Ova istraživanja su podržana finansijskim sredstvima MNTRI Republike Srbije Ugovorom o finansiranju istraživanja br. 2023 451-03-47/2023-01/200023, za 2023.godinu.

Literatura:

1. Detaljna fizičko-hemijska karakterizacija uzoraka bentonita –Šipovo, ITNMS-Beograd 2007., Arhiva ITNMS
2. Laboratorijska tehnološka ispitivanja uzoraka bentonitskih glina-Šipovo u cilju određivanja optimalne šeme tehnološkog procesa prerade, ITNMS-Beograd 2007., Arhiva ITNMS
3. Tućan, F: “Special mineralogy”, Zagreb, 1957.
4. Ilic, M: “Special mineralogy, Part I”, Belgrade, 1978.
5. Milosavljevic, R: “Methods of tests of mineral raw materials in the preparation of mineral raw materials”, Belgrade, 1985.
6. Čalic, N: “Theoretical bases of preparation of mineral raw materials”, Belgrade, 1990.
7. Lesic, Dj, Markovic, S: “Preparation of mineral raw materials”, Belgrade, 1968
8. Taggart, A.F.: “Handbook of mineral dressing”, New York, 1960.
9. Weis, H.L.: “SME Mineral processing handbook; Volume 1, 1985
11. Dragan Radulović, Ljubiša Andrić, Anja Terzić, Branoslav Ivošević, Dejan Todorović, Vladimir Jovanović, *Investigation of bentonite characteristics for application in geopolymers and hybrid cement binders*, Serbian Ceramic Society Conference “Advanced Ceramic and Application IX – New frontiers in multifunctional material science and processing”, Book of Abstracts, (Organiz: Serbian ceramic society and Institute of technical sciences of SASA) Belgrade, Serbia (20.09-21.09.2021) pp. 82-83 ISBN 978-86-915627-8-6, COBISS-SR-ID 45804553
12. A. Daković sa sarad., AflaProtect -Visoko efikasni adsorbent mikotoksina, Tehničko-tehnološko rešenje, ITNMS-Beograd 2015.
13. Studija fizičko-hemijskih i mineraloških ispitivanja tri uzorka bentonita iz ležišta „Bijelo polje “- Opština Bar (Republika Crna Gora) u cilju njihove naučno-stručne validacije, ITNMS-Beograd 2020., Arhiva ITNMS
14. Studija tehnoloških ispitivanja pet uzoraka bentonita iz ležišta „Bijelo polje “- Opština Bar (Republika Crna Gora), ITNMS-Beograd 2020., Arhiva ITNMS

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

622(082)
502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (14 ; 2023 ; Златибор)

Održivi razvoj u rudarstvu i energetici : zbornik radova / 14. simpozijum sa međunarodnim učešćem "Rudarstvo 2023" = Sustainable development in mining and energy : proceedings = 14th Symposium with International Participation "Mining 2023", Zlatibor 30. maj - 2. jun 2023. ; [organizatori Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina [i] Privredna komora Srbije] ; [urednik, editor Miroslav Ignjatović]. - Beograd : Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 2023 (Beograd : Akademska izdanja). - 401 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 180. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

ISBN:978-86-80420-27-1

а) Рударство -- Зборници б) Животна средина -- Заштита -- Зборници

COBISS.SR-ID:116330505