

Udruženje za energetiku i rudarstvo

Broj: 0905 - 1/42

Beograd, 24. maj 2021. godine

INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

Dr Vladimir Jovanović

Predmet: Rad po pozivu

Poštovani,

Privredna komora Srbije zajedno sa privrednim subjektima i naučnim institucijama organizuje simpozijum "RUDARSTVO 2021" koji će se održati od 01. do 04. juna 2021. godine u Vrnjačkoj Banji.

Sa zadovoljstvom Vas obaveštavamo da je Naučni odbor simpozijuma "Rudarstvo 2021", prihvatio Vaš rad kao plenarni:

KARAKTERIZACIJA UZORAKA PELETA DOBIJENIH POSTUPKOM PELETIZACIJE KREČNJAKA I MORSKE ALGE (ASCOFYLLUM NODOSUM) U RAZLIČITIM ODNOSIMA ZA UPOTREBU U POLJOPRIVREDI

Vladimir Jovanović, Dejan Todorović, Branislav Ivošević, Dragan Radulović, Sonja Miličević, Dragana Nišić, 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



Petko Šišović
Petko Šišović

„ RUDARSTVO 2021“

12. simpozijum sa međunarodnim učešćem
- Održivi razvoj u rudarstvu i energetici

“MINING 2021“

- 12st Symposium with international participation
- Sustainable development in mining and energy

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

**Hotel „ Fontana “, Vrnjačka Banja
1. - 04. juna 2021.**

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

Tiraž / Copies

180

12. Simpozijum „Rudarstvo 2021“

Održivi razvoj u rudarstvu i energetici

NAUČNI ODBOR

prof.dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; Prof. dr Neđo Đurić, Tehnički institut, Bjeljina; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet; dr Dragana Jelisavac Erdeljan, MRE R. Srbije; 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 Nataša Đorđević, ITNMS, Beograd; dr Zlatko Dragosavljević, rudnik GROT; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; Prof.dr Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH, dr Miro Maksimović, RiT „Ugljevik“, Ugljevik, dr Rada Krgović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JP EPS, Ogranak RB; Kolubara; mr Jadranka Vukašinović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Halid Čičkušić, ZDR „Kreka“, BiH, dr Milica Vlahović, IHTM, Beograd; dr Sanja Martinović, IHTM, Beograd; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap

PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Milan Jakovljević, JP EPS; Danko Prokić, JP EPS; Andrea Radonjić, Rio Tinto; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Prof. dr Milanka Negovanović, RGF, Beograd; Saša Ognjanović, JP PEU, Resavica; Borivoje Stojadinović, IRM Bor; Miloš Đokanović, Alumina Zvornik, R. Srpska; Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan; Mr Šahbaz Lapandić, rudnik mrkog uglja Banovići

SADRŽAJ / CONTENTS:

Plenarna predavanja / Plenary Presentations

STRATEŠKI PLAN RAZVOJA JP PEU RESAVICA U CILJU OPSTANKA RUDNIKA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM UGLJA U SRBIJI <i>STRATEGIC DEVELOPMENT PLAN OF JP PEU RESAVICA WITH THE AIM OF ENSURING THE SURVIVAL OF UNDERGROUND COAL MINES IN SERBIA</i> Slobodan Kokerić	4
PRESTRUKTURIRANJE RUDNIKA UGLJA U KONCERNU EPBIH Senad Sarajlić, Edin Lapandić, Amira Švraka	18
KARAKTERIZACIJA UZORAKA PELETA DOBIJENIH POSTUPKOM PELETIZACIJE KREČNJAKA I MORSKE ALGE U RAZLIČITIM ODNOSIMA ZA UPOTREBU U POLJOPRIVREDI Vladimir Jovanović, Dejan Todorović, Branislav Ivošević, Dragan Radulović, Sonja Milićević, Dragana Nišić, Slavica Mihajlović	32
AKTIVACIJA ČVRSTIH DISPERZNIH MATERIJALA <i>ACTIVATION OF SOLID DISPERSION SYSTEMS</i> Nataša Đorđević, Slavica Mihajlović, Milica Vlahović, Sanja Martinović	45
PROCENA RAZVOJA DIGITALNE TEHNOLOGIJE U RUDARSKIM KOMPANIJAMA Slavica Miletić, Dejan Bogdanović, Miroslav Ignjatović, Zdenka Stanojević, Šimšić, Ana Kostov	52
ANALIZA RASTA, TRENDOVA I PROGNOZE STANJA TRŽIŠTA KREČNJAKA I KREČA U SVETU <i>ANALYSIS OF GROWTH, TRENDS AND FORECASTS OF THE STATE OF THE LIMESTONE AND LIME MARKET IN THE WORLD</i> Slavica R. Mihajlović, Nataša G. Đorđević	63
RAST KRISTALA $Bi_{10.17}Sb_{30.72}Zr_{0.35}Te_{58.28}Se_{0.48}$ BRIDŽMAN POSTUPKOM <i>GROWTH OF $Bi_{10.17}Sb_{30.72}Zr_{0.35}Te_{58.28}Se_{0.48}$ CRYSTAL BY BRIGMAN PROCESS</i> Emina Požega, Danijela Simonović, Saša Marjanović, Milenko Jovanović, Slađana Krstić, Miomir Mikić	69
PREČIŠĆAVANJE RUDNIČKIH OTPADNIH VODA ADSORPCIJOM NA LETEĆEM PEPELU <i>TREATMENT OF MINE WASTE WATER BY ADSORPCION ON FLY ASH</i> Milica Vlahović, Sanja Martinović, Sonja Milićević, Nataša Đorđević, Miljan Vlahović	75
MOGUĆNOSTI VALORIZACIJE OTPADNOG SUMPORA U EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE PROIZVODE <i>POSSIBILITIES OF WASTE SULFUR VALORIZATION IN ECO-FRIENDLY PRODUCTS</i> Sanja Martinović, Milica Vlahović, Nataša Đorđević	83
<u>Saopštenja / Contributions</u>	
NIS IT REŠENJE ZA EVIDENTIRANJE OTPADA Nenad Marković	102

MOGUĆNOST POBOLJŠANJA KVALITETA UGLJA POVRŠINSKOG KOPA „GACKO“ KAO TERMOENERGETSKOG GORIVA <i>POSSIBILITY OF IMPROVING THE QUALITY OF COAL OF THE SURFACE MINING "GACKO" AS A THERMAL ENERGY FUEL</i> Petar Marković, Dušan Nikčević, Dušan Govedarica, Aleksandar Ateljević, Ranko Stojanović, Nenad Lasic	110
TEHNO - EKONOMSKA ANALIZA PRESELJENJA KOMPLEKSNO MEHANIZOVANOG ŠIROKOG ČELA U RMU „BREZA“ Omer Musić; Kenan Herco; Halid Čičkušić	122
UTICAJ EVROPSKE ENERGETSKE TRANZICIJE NA INDUSTRIJU UGLJA U BOSNI I HERCEGOVINI <i>THE IMPACT OF THE EUROPEAN ENERGY TRANSITION ON THE COAL INDUSTRY IN BOSNIA AND HERZEGOVINA</i> Šefik Sarajlić, Samir Suljić, Dževad Dostović	139
PERIODI GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA LIGNITA KOLUBARSKOG UGLJONOSNOG BASENA – OSTVARENI NATURALNI POKAZATELJI I PRAVCI DALJIH AKTIVNOSTI <i>PERIODS OF GEOLOGICAL LIGNITE EXPLORATIONS OF THE KOLUBARA COAL BASIN - ACHIEVED NATURAL INDICATORS AND DIRECTIONS OF FURTHER ACTIVITIES</i> Bogoljub Vučković	162
FLEKSIBILNOST U RADU POSTROJENJA ZA DORADU NA RUDNIKU KOVIN Ivan Filipov	170
RAZLIČITI ASPEKTI SAGLEDAVANJA KVALITETA UGLJA U LEŽIŠTU „POLJE G“ NA OSNOVU PARAMETARA DOBIJENIH TEHNIČKOM ANALIZOM, KAO PODRŠKA U PROCESU HOMOGENIZACIJE <i>VARIOUS ASPECTS OF PERCEIVING THE QUALITY OF COAL IN THE DEPOSIT " FIELD G" BASED ON THE PARAMETERS OBTAINED BY TECHNICAL ANALYSIS, AS SUPPORT IN THE HOMOGENIZATION PROCESS</i> Slobodan Lalatović	181
OTKLANJANJE USKIH GRLA NA BUNKERIMA ZA DROBLJENJE BOKSITA U FABRICI GLINICE ALUMINA ZVORNIK Miloš Đokanović, Rajko Aleksić, Drago Ivanović	196
REKULTIVACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA NASTALIH ODLAGANJEM FLOTACIJSKE JALOVINE NA LOKACIJI „VALJA FUNDATA“, MAJDANPEK, SRBIJA <i>REKULTIVATION OF DEGRADED AREAS FORMED BY DEPOSITING TAILINGS AT THE FLOATION TAILING „VALJA FUNDATA“, MAJDANPEK, SERBIA</i> Miomir Mikić, Daniela Urošević, Radmilo Rajković, Milenko Jovanović	202
REKULTIVACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA POVRŠINSKOG KOPA ZAGRAĐE, SRBIJA <i>REKULTIVATION OF DEGRADED AREA OF OPEN PIT ZAGRAĐE, SERBIA</i> Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Daniela Urošević	211

REKULTIVACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA KAMENOLOMA VELIKI KRIVELJ, SRBIJA <i>RECLTIVATION OF DEGRADED AREA OF QUARRY VELIKI KRIVELJ, SERBIA</i> Miomir Mikić, Emina Požega, Zorica Sovrlić, Sandra Milutinović	219
ANALIZA, ODRŽAVANJE I RAZVOJ USPOSTAVLJENE ORGANIZACIONE KULTURE U DELATNOSTI RUDARSTVA Blagoje Aleksić	226
REZERVE I KVALITET KOLUBARSKOG LIGNITA ZA POTREBE TE „KOLUBARA B” <i>RESERVES AND QUALITY OF KOLUBAR LIGNITE FOR THE NEEDS OF THE TPP „KOLUBARA B”</i> Miodrag Kezović	236
PROCES REPARACIJE VEŠANJA TRAKE ODLAGAČA NA POVRŠINSKOM KOPU “DRMNO” <i>THE PROCESS OF REPAIRING THE SUSPENSION OF THE DEPOSIT STRIP ON THE SURFACE COAL MINE “DRMNO”</i> Velimir Spasić, Goran Anđelić	247
UTROŠAK TEČNIH ENERGENATA MAŠINA I VOZILA POMOĆNE MEHANIZACIJE, METODOLOGIJA DOLIVANJA GORIVA I EVIDENCIJA NJIHOVE POTROŠNJE NA POVRŠINSKOM KOPU “DRMNO” <i>CONSUMPTION OF LIQUID ENERGY SOURCES OF MACHINES AND VEHICLES AUXILLIARY MECHANIZATION, METHODOLOGY OF REFUELING AND RECORDS OF THEIR CONSUMPTION AT THE OPEN COAL PIT MINE “DRMNO”</i> Filip Todorović, Stevan Popović	251
PROVERA STABILNOSTI OTKOPNE KONSTRUKCIJE PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA ZA AVOCA METODU OTKOPAVANJA <i>VERIFYING THE STABILITY OF THE EXCAVATION STRUCTURE USING THE FINITE ELEMENT METHOD FOR THE AVOCA MININIG METHOD</i> Nemanja Đokić, Duško Đukanović, Branko Đukić	256
POTENCIJAL HIBRIDNIH GEOMREŽA Milenko Jovanović, Miomir Mikić, Miroslava Maksimović, Radmilo Rajković, Daniel Kržanović, Emina Požega	265
IZDVAJANJE NEPEKA IZ KREČNOG MLIJEKA NA LINIJAMA MLJEVENJA I KONTROLNE FILTRACIJE U FABRICI GLINICE "ALUMINA" ZVORNIK Miloš Đokanović, Rajko Aleksić, Mile Tomić, Igor Pejić	292

KARAKTERIZACIJA UZORAKA PELETA DOBIJENIH POSTUPKOM PELETIZACIJE KREČNJAKA I MORSKE ALGE (*ASCOFYLLUM NODOSUM*) U RAZLIČITIM ODNOSIMA ZA UPOTREBU U POLJOPRIVREDI

Vladimir Jovanović¹, Dejan Todorović¹, Branislav Ivošević¹, Dragan Radulović¹,
Sonja Milićević¹, Dragana Nišić², Slavica Mihajlović¹

¹- Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

²- Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

APSTRAKT

*U ovom radu predstavljeni su rezultati fizičko-hemijske karakterizacije kako polaznih uzoraka litotamnijskog krečnjaka i morske alge (*ascofyllum nodosum*), tako i proizvoda okrupnjavanja njihovih mešavina u različitim odnosima postupkom peletizacije. Polazne uzorke su predstavljali otpadni krečnjak iz filterskih postrojenja, kao i sušena morka alga. Krajnji proizvod okrupnjavanja postupkom peletizacije treba da služi za potrebe poljoprivrede, kao sredstvo za biostimulaciju i ujedno sredstvo za podizanje pH kiselih zemljišta. Dobijeno je nekoliko različitih formulacija peleta postupkom diskontinualne peletizacije, kao i simulacijom kontinualnog procesa peletizacije na peletizacionom tanjiru. Ispitivanja mehaničkih osobina peleta su pokazala da najbolje rezultate pokazuju peleti uzorka 4K, koji su dobijeni kontinualnim postupkom peletizacije sa međusobnim odnosom morske alge i krečnjaka 70:30%.*

UVOD

Jedan od najvažnijih parametara plodnosti zemljišta je supstituciona kiselost. Preko 60% obradivog zemljišta na svetskom nivou može se svrstati u kisela. To je posledica geološkog supstrata i drugih prirodnih činilaca, ali i industrijskog razvoja i neodgovornog odnosa prema životnoj sredini [1]. U Srbiji, bez Vojvodine i Kosova i Metohije, 13% zemljišta je ekstremno kiselo (pH<4), 17% jako kiselo (pH=4-4,5), 30% srednje (pH=4,5-5,5), a 22% slabo kiselo (pH=5,5-6,5), dok je svega 18% sa neutralnom i alkalnom reakcijom [2]. U Vojvodini kiselih zemljišta u proseku ima 14,2% dok, u zavisnosti od reona, kiselost se kreće od 1,9% (Severna Bačka) do 35,1 % (Južni Srem) [3]. Kisela, odnosno alkalna svojstva zemljišta imaju presudan uticaj na dinamiku hranljivih elemenata i teških metala u zemljištu. U kiseloj sredini se oslobađaju veće količine teških metala u zemljišni rastvor, što može biti toksično za biljke. Primena krečnjaka je veoma široka, na svim „kiselim“ zemljištima u ratarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu, hortikulturi i šumarstvu, za podizanje prinosa i kvaliteta proizvoda. Cilj je da se postigne optimalna pH vrednost zemljišta (pH u normalnom rastvoru KCl od 5 do 5,5) [4]. Kako se za ovu primenu uglavnom koristi i praškasti krečnjak iz raznih filterskih postrojenja, najveći problem pri njegovoj primeni je rasipanje pri transportu i manipulaciji. Takođe dolazi do raznošenja te prašine sa zemljišta putem vetra. Sa druge strane krečnjak treba bude dovoljno sitan da bi se pod

uticajem atmosferilija rastvorio i ravnomerno rasporedio u zemljištu. Da bi se „pomirila“ ova dva zahteva neophodno je okrupnjavanje sitnih klasa krečnjaka. Najčešće se ovo postiže postupcima peletizacije i briketiranja. Tako se dobija materijal odgovarajuće krupnoće, pogodan za transport, manipulaciju i primenu, a ujedno i dovoljno sitan da se rastvori pod dejstvom atmosferilija i vlage iz zemljišta, da se može ravnomerno rasporediti u zemljištu [5]. Prednost korišćenja peletizovanog ili briketiranog krečnjaka u odnosu na usitnjeni krečnjačku prašinu vezana je za lakšu primenu (nema prašenja, moguće nanošenje u svim vremenskim uslovima) i manju potrošnju peleta (odnos je 1:10) [6]. Morske alge (*Ascofillum Nodosum*) su se u skorije vreme pokazale kao izvanredan biostimulans i njihova upotreba u različitim oblastima poljoprivrede je u velikom porastu. Mogu se koristiti u agronomiji, voćarstvu, povrtarstvu, hortikulturi, u proizvodnji određenih vrsta ekoloških đubriva, za popravljavanje kvaliteta zemljišta kao i u proizvodnji stočne hrane. Same alge se dobijaju iz mora, tzv. košenjem i mogu se koristiti u različitim oblicima. Mogu se koristiti kao sušene i mikronizirane različitih krupnoća, mogu se takođe koristiti u vidu ekstrakta koji se dobija postupkom ekstrakcije samih algi i kao muljeviti ostatak – nusproizvod same ekstrakcije. Imajući u vidu pojedinačne osobine krečnjaka i alge došlo se na ideju da se naprave peleti mešanjem ove dve sirovine u različitim odnosima. Kako su oba polazna uzorka sitnozrna (<100 mikrona) to predstavljaju odličan ulaz za postupak okrupnjavanja peletizacijom, a kako alge u kontaktu sa vodom tokom homogenizacije ispuštaju svoje lepljive sastojke (alginate), nije potrebno dodavanje vezivnih sredstava. Odrađeni su opiti peletizacije u diskontinualnom i simuliranom kontinualnom postupku. Nakon toga dobijeni zeleni peleti su sušeni na sobnoj temperaturi 24h, a zatim je rađena karakterizacija (ispitivanje otpornosti na pritisak, ispitivanje otpornosti na udar, ispitivanje otpornosti na abraziju i potpunu dezintegraciju u vodi. Nakon karakterizacije dobijeni rezultati su predstavljeni uporedo i na osnovu toga doneti zaključci.

EKSPERIMENTALNI DEO

Polazni uzorci

Litotamnijski krečnjak ležišta "Dobrilovići" izgrađen je od kalcita, kvarca, minerala glina, limonita [7]. Najzastupljeniji mineral kalcit je organogenog porekla, uglavnom se javlja kao kriptokristalast. Javljaju se fragmenti fosilnih ostataka. Kvarc je malo zastupljen. Krečnjak je slabo zaglinjen i limonitisan. Ovaj krečnjak je povoljna sirovina za kalcifikaciju i regulisanje pH vrednosti kiselih zemljišta iz sledećih razloga:

- ima sadržaj CaCO_3 iznad 80% ili $\text{CaO} > 44,80\%$
- ima visoku pH vrednost,
- ima povoljan mineraloški sastav, jer je najzastupljeniji mineral kalcit organskog porekla,
- ima visok procenat rastvorljivosti

Mikronizirana morska alga (*ascofyllum nodosum*), poreklom iz severnog mora. Sadrži prirodne biljne hormone i razne prirodne hranjive materije, minerale u tragovima, mikroelemente, ugljene hidrate, kao što su alginske kiseline, polisaharid itd. Đubriva sa ekstraktom morskih algi su pogodna za sve useve, uključujući poljske useve, zemlju u saksiji, povrće i cvetne bašte, voćnjake i travnjake [8].

Ima različite metode primene, kao što su:

- folijarna primena
- navodnjavanje
- nanošenjem na zemljište
- natapanje semena itd.

Određivanje hemijskog sastava polaznih uzoraka

U tabelama 1 i 2 prikazani su hemijski sastavi polaznih uzoraka litotamnijskog krečnjaka i morske alge.

Tabela 1. Hemijski sastav polaznog uzorka krečnjaka

Element	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	G.Ž.
Sadržaj, %	52.55	3.87	0.50	0.41	0.204	0.104	0.461	0.07	0.032	---	41.81

Tabela 2. Hemijski sastav polaznog uzorka morske alge

Element	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
Sadržaj, %	37,92	26,23	13,52	0,61	0,23	0,37	1,75	14,99	2,54	0,98	0,86

Određivanje granulometrijskog sastava polaznih uzoraka

U tabelama 3 i 4 prikazani su rezultati granulometrijske analize polaznih uzoraka litotamnijskog krečnjaka i morske alge.

Tabela 3. Granulometrijski sastav polaznog uzorka krečnjaka

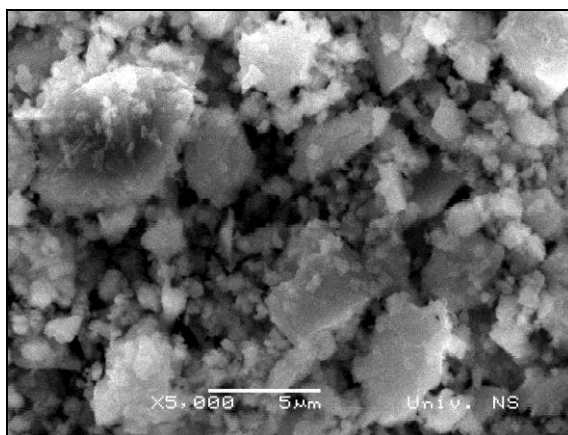
Klasa krupnoće, μm	M, %	Kumulat. M, % ↓ odseva	Kumulat. M, % ↑ proseva
-100 + 63	4,52	4,52	100,00
- 63 + 43	2,31	6,83	95,48
- 43 + 32	7,20	14,03	93,17
- 32 + 22	20,50	34,53	85,97
- 22 + 15	19,72	54,25	65,47
- 15 + 11	15,63	69,88	45,75
- 11 + 0	30,12	100,00	30,12
Σ	100,00		

Tabela 4. Granulometrijski sastav polaznog uzorka morske alge

Klasa krupnoće, μm	M, %	Kumulat. M, % ↓ odseva	Kumulat. M, % ↑ proseva
-100 + 63	5,00	5,00	100,00
- 63 + 43	3,76	8,76	95,00
- 43 + 32	8,60	17,36	91,24
- 32 + 22	17,68	35,04	82,64
- 22 + 15	16,68	51,72	64,96
- 15 + 11	12,36	64,08	48,28
- 11 + 0	35,92	100,00	35,92
Σ	100,00		

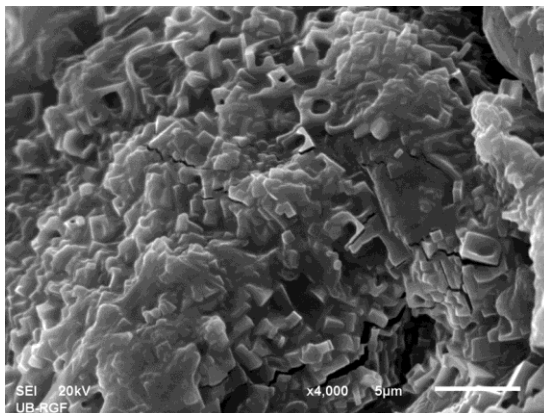
SEM analiza polaznih uzoraka

Na slikama 1 i 2. prikazane su SEM mikro-fotografije polaznog uzorka litotamnijskog krečnjaka i morske alge.



Slika 1. SEM mikro-fotografija polaznog uzorka krečnjaka

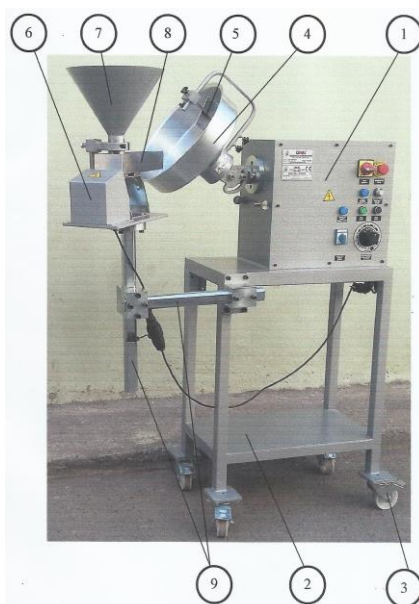
Na mikrofotografiji polaznog uzorka krečnjaka (slika 1) dobijenoj skenirajućim elektronskim mikroskopom, vidljivi su agregati tabličastih formi kao i fini prah različitih dimenzija koji predstavljaju mineral kalcit.



Slika 2. SEM mikro-fotografija polaznog uzorka morske alge

Peletizacija

Za peletizaciju krečnjaka korišćen je laboratorijski peletizacioni tanjir marke "UNAL MUHENDISLIK VE MAKINA SANAY" (prečnika tanjira 40 cm, visine ruba 10 cm, sa podešavanjem nagiba u odnosu na horizontalu od 30° do 90°, promenljivog broja obrtaja od 0 do 90 min⁻¹), slika 3. Za homogenizaciju uzoraka krečnjaka sa morskom algom korišćena je mešalica „Toni Technik“, sa planetarnim kretanjem mešajućeg elementa. Radi simulacije kontinualnog doziranja homogenizovanog materijala na peletizacioni tanjir korišćena je laboratorijska vibro-hranilica "Retsch".



Slika 3. Laboratorijski peletizacioni tanjir "Erdal Unal"

Opšti izgled peletizacionog tanjira sa hranilicom:

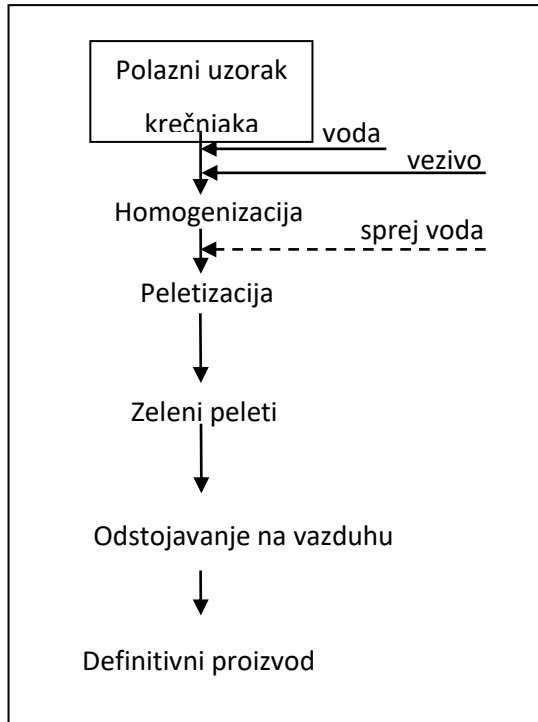
1. Trup i kontrolni panel
2. Šasija
3. Točkovi sa pokretnim kočnicama
4. Disk (posuda, tanjir) za peletizaciju
5. Sečivo
6. Vibracioni kalemi
7. Komora za automatsko hranjenje (5lt)
8. Levak za automatsko hranjenje
9. Drške sistema za automatsko hranjenje

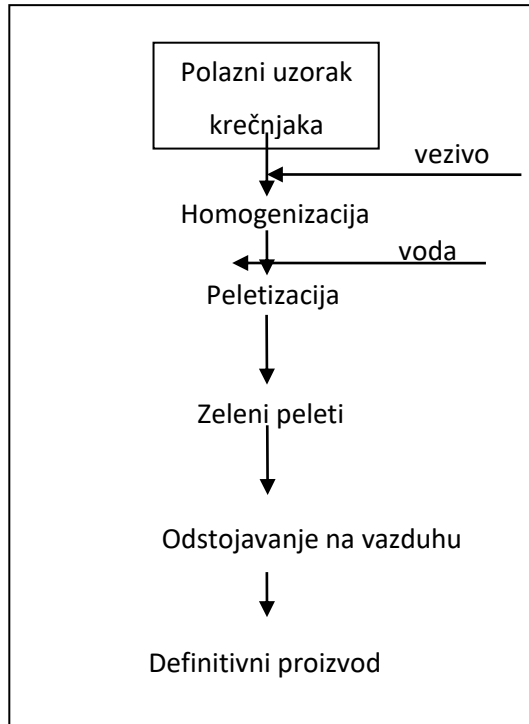
Priprema za peletizaciju podrazumevala je homogenizaciju krečnjaka i morske alge. Ovo je preduslov da bi se postupkom peletizacije dobili peleti podjednakog sastava. Vršena je homogenizacija krečnjaka i potrebnog udela morske alge, uz dodatak vode, nakon čega je tako homogenizovani celokupan uzorak dodavan na peletizacioni tanjir, na kome je uz pomoć sprej prskalice dodavana potrebna minimalna količina dodatne vode. Nagib tanjira (60°) i broj obrtaja (50 min^{-1}) bili su konstantni, dok je količina vezivnog sredstva menjana. Formirani "zeleni" peleti su odlagani 24 h na sobnoj temperaturi. Kod simulacije kontinuiranog procesa peletizacije homogenizacija krečnjaka i potrebnog udela morske alge obavljena je bez dodatka vode, nakon čega je tako homogenizovani uzorak vibracionom hranilicom „Retsch“ kontinualno dodavan na peletizacioni tanjir, na kome je uz pomoć sprej prskalice dodavana potrebna količina vode. Svi ostali uslovi peletizacije bili su identični sa postupkom diskontinuirane peletizacije.

Na ovaj način su dobijeni sledeći uzorci (prema % odnosu alge i krečnjaka):

- Uzorak 1L: 50 : 50%;
- Uzorak 2K: 50 : 50%;
- Uzorak 3L: 70 : 30%;
- Uzorak 4K: 70 : 30%

Tehnološka šema eksperimenata prikazana je na slici 4.





a)

b)

Slika 4. Tehnološka šema eksperimenta: a) diskontinualna peletizacija, b) peletizacija u kontinualnom postupku

Granulometrijski sastav dobijenih uzoraka peleta.

U tabelama 5-8 prikazani su rezultati granulometrijske analize uzoraka peleta litotamnijskog krečnjaka i morske alge dobijenih peletizacijom u diskontinualnom postupku (1L, 3L) i u simuliranom kontinualnom postupku (2K, 4K).

Tabela 5. Granulometrijski sastav uzorka

1L	
Klasa, mm	M, %
+5,00	3,06
-5,00+2,38	35,47
-2,38+1,60	13,62
-1,60+1,19	10,99
-1,19+0,00	36,86
Ulaz	100,00

Tabela 6. Granulometrijski sastav uzorka

2K	
Klasa, mm	M, %
+5,00	7,83
-5,00+2,38	24,93
-2,38+1,60	24,87
-1,60+1,19	12,69
-1,19+0,00	29,68
Ulaz	100,00

Tabela 7. Granulometrijski sastav uzorka

3L	
----	--

Klasa, mm	M, %
+7,98	44,57
-7,98+5,00	4,74
-5,00+2,38	33,14
-2,38+1,60	3,63
-1,60+1,19	3,44
-1,19+0,00	10,48
Ulaz	100,00

Tabela 8. Granulometrijski sastav uzorka

4K	
Klasa, mm	M, %
+7,98	9,35
-7,98+5,00	24,42
-5,00+2,38	59,50
-2,38+1,60	3,28
-1,60+1,19	0,44
-1,19+0,00	3,01
Ulaz	100,00

Određivanje mehaničkih osobina peleta

Ispitivanje mehaničkih osobina peleta podrazumeva ispitivanje otpornosti na udar, pritisak, abraziju i vreme dezintegracije u vodi.

Otpornost peleta na udar se ispituje tako što se grupa (set) od peleta ukupne mase 100 g, ispušta 25 puta, sa visine od 457 mm na čeličnu ploču debljine 9 mm, nakon čega se uzorak prosejava na situ veličine otvora od 2 mm i meri masa proseva, koja ne treba da prelazi 5% (ređe 10%) od ukupne mase uzorka [9].

Otpornost peleta na pritisak je ispitivana na grupi (setu) od 10 peleta na standardnoj hidrauličkoj laboratorijskoj presi, u cilju utvrđivanja maksimalnog pritiska koji pelet može da izdrži bez lomljenja. Rezultati koje je dobila kompanija Mars Minerals, koja se bavi aglomeracijom krečnjaka dugi niz godina i na koje se prema tome može osloniti, pokazuju da peleti treba da izdrže minimum 0,5 kg/pelet što se smatra zadovoljavajućim za dalju manipulaciju [9].

Otpornosti peleta na abraziju se ispituje prosejavanjem grupe peleta mase 100g na mehaničkom laboratorijskom uređaju za prosejavanje sa sitom veličine otvora od 2 mm, u vremenu od 5 min. Nakon toga se određuje maseno učešće klase -2 mm, koje ne treba da pređe 5% ukupne mase uzorka [9].

Vreme dezintegracije peleta u vodi se ispituje tako što se po peleta od svake grupe potapaju u vodu, na sobnoj temperaturi, uz merenje vremena potrebnog za potpunu dezintegraciju peleta. Dezintegracija se utvrđuje vizuelno.

REZULTATI ISPITIVANJAMEHANIČKIH OSOBINA

Otpornost na udar

U tabelama 9-12 prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti na udar uzoraka peleta litotamnijskog krečnjaka i morske alge dobijenih peletizacijom u diskontinualnom postupku (1L, 3L) i u simuliranom kontinualnom postupku (2K, 4K).

Tabela 9. Otpornost na udar uzorka 1L

Broj ispuštanja uzorka	25
M, % klase -2mm	19,4%

Tabela 10. Otpornost na udar uzorka 2K

Broj ispuštanja uzorka	25
M, % klase -2mm	70,24%

Tabela 11. Otpornost na udar uzorka 3L

Broj ispuštanja uzorka	25
M, % klase -2mm	19%

Tabela 12. Otpornost na udar uzorka 4K

Broj ispuštanja uzorka	25
M, % klase -2mm	5,06%

Otpornost na pritisak

U tabelama 9-12 prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti na pritisak uzoraka peleta litotamnijskog krečnjaka i morske alge dobijenih peletizacijom u diskontinualnom postupku (1L, 3L) i u simuliranom kontinualnom postupku (2K, 4K).

Tabela 13. Otpornost na pritisak peleta klase -5,00+2,38mm

Uzorak 1L	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	1,6	2,0	1,0	1,5	2,5
$\Sigma/5$	1,32				

Tabela 14. Otpornost na pritisak peleta klase +5,00mm

Uzorak 1L	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	5,0	2,0	5,3	2,7	4,9
$\Sigma/5$	3,98				

Tabela 15. Otpornost na pritisak peleta klase -5,00+2,38mm

Uzorak 2K	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	1,5	1,6	2,1	1,1	1,6
$\Sigma/5$	1,58				

Tabela 16. Otpornost na pritisak peleta klase +5,00mm

Uzorak 2K	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	3,4	7,0	2,4	3,2	2,8
$\Sigma/5$	3,76				

Tabela 17. Otpornost na pritisak peleta klase -5,00+2,38mm

Uzorak 3L	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	10,9	10,8	6,6	11,5	9,5
$\Sigma/5$	9,86				

Tabela 18. Otpornost na pritisak peleta klase -7,98+5,00mm

Uzorak 3L	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	3,1	20,1	4,0	10,1	9,7
$\Sigma/5$	9,40				

Tabela 19. Otpornost na pritisak peleta klase -5,00+2,38mm

Uzorak 4K	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	2,9	2,1	4,9	3,0	2,8
$\Sigma/5$	3,14				

Tabela 20. Otpornost na pritisak peleta klase -7,98+5,00mm

Uzorak 4K	1	2	3	4	5
Opterećenje, kg	4,9	3,0	3,6	4,0	3,9
$\Sigma/5$	3,88				

Otpornost na abraziju

Prikaz rezultata ispitivanja otpornosti peleta na abraziju, prikazano preko učešća klase -2+0 mm, dat je u Tabeli 21.

Tabela 21. Otpornost na abraziju uzoraka peleta

Uzorak	1L	2K	3L	4K
Sadržaj klase -2mm, %	4,8	0,84	3,0	4,22

Rezultati prikazani u tabeli 21. pokazuju da najmanju otpornost na abraziju imaju peleti uzorka 1L, za njima sledi uzorak 4K. Najveću otpornost na abraziju imaju peleti uzorka 2K.

Otpornost na dezintegraciju u vodi

Prikaz rezultata ispitivanja rastvaranja peleta u vodi dat je u tabeli 22. Ispitivanjima je utvrđivano vreme potpune dezintegracije u vodi u zavisnosti od sadržaja procentualnog udela komponenti.

Tabela 22. Otpornost na dezintegraciju uzoraka peleta u vodi

Uzorak	1L	2K	3L	4K
Vreme potrebno za dezintegraciju, s	25,5	28,9	5,6	7,4

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 23. prikazani su skupni rezultati ispitivanja mehaničkih osobina peleta dijatomejskog kračnjaka i morske alge, dobijenih diskontinualnim postupkom i simuliranim kontinualnim postupkom peletizacije.

Tabela 23. Skupni rezultati ispitivanja „zelenih“ peleta

Uzorak		Otpornost na			Vreme potpune dezintegracije
		udar	pritisak	abraziju	
broj	odnos alge : CaO, %	-2 mm, %	kg/pelet	-2 mm, %	s
1L	50 : 50	19,40	2,65	4,8	25,5
2K	50 : 50	70,24	2,67	0,84	28,9
3L	70 : 30	19,00	9,63	3,0	56
4K	70 : 30	5,06	3,51	4,22	74
Potrebna vrednost		Max. 5 - 10	Min. 0,5	Max. 3 do 5	Što duže

Na osnovu rezultata ispitivanja mehaničkih osobina „zelenih“ peleta dobijenih laboratorijskim postupkom možemo konstatovati da imaju zadovoljavajuću otpornost na pritisak i abraziju, a relativno loše na dezintegraciju u vodi i loše osobine vezane za udar, bez obzira na maseni odnos komponenti. Što se tiče peleta dobijenih kontinualnim postupkom peletizacije, može se uočiti da imaju zadovoljavajuću otpornost na pritisak i abraziju i relativno lošu otpornost na dezintegraciju u vodi, bez obzira na maseni odnos komponenti. Kada je u pitanju otpornost na udar kontinualno dobijenih peleta, može se videti da postoji drastična razlika između uzorka 2K i 4K. Naime uzorak sa većim sadržajem morske alge ima potpuno zadovoljavajuću otpornost na udar, dok uzorak sa podjednakim udelom alge i krečnjaka ima neprihvatljivo lošu otpornost na udar. Ako se bira između analiziranih peleta onda se vidi da se najpovoljniji rezultati dobijaju pri odnosu alge i krečnjaka od 50:50%. Zbog relativno loše otpornosti na dezintegraciju u vodi praktična upotrebljivost ovako dobijenih „zelenih“ peleta je dosta limitirana.

ZAKLJUČAK

Eksperimenti peletizacije litotamnijske krečnjačke prašine i morske alge, krupnoće 100% - 100 µm, obavljeni su na peletizacionom tanjiru diskontinualnom i kontinualnom postupkom. Peleti dobijeni na ovaj način su ispitivani na otpornost na udar, otpornost na pritisak, otpornost na abraziju i vreme potrebno za dezintegraciju peleta u vodi. Ispitivanja mehaničkih osobina peleta su pokazala da dobijeni peleti ne ispunjavaju u potpunosti uobičajene norme za pelete koji se koriste u poljoprivredi (za kalcizaciju kiselih zemljišta), a da među ispitivanim najbolje rezultate pokazuju peleti uzorka 4K, koji su dobijeni kontinualnim postupkom peletizacije sa međusobnim odnosom morske alge i krečnjaka 70:30%. Naime, otpornost na udar peleta uzorka 4K je iznosila 5,6% (klase - 2mm, a maksimalna dozvoljena vrednost je do 10%), otpornost na pritisak iznosila je 3,51 kg/pelet (minimalno potrebno 0,5 kg/pelet), dok je otpornost na abraziju iznosila 4,22% (maksimalno do 5%), a vreme dezintegracije u vodi je veoma kratko i iznosilo je 74 s. Dobijeni rezultati pokazuju da je zelene pelete neophodno sušiti kako bi im se mehaničke osobine poboljšale, ali to dovodi do značajnog povećanja troškova peletizacije. Takođe je potrebno proširiti ispitivanja sa drugim međusobnim odnosima ulaznih komponenti, kako bi se dobio optimalan odnos za potreban kvalitet dobijenih peleta.

REFERENCE

1. H R von Uexküll, E. Mutert: Global extent, development and economic impact of acid soils, *Plant and Soil*, Volume 171, Issue 1, 1-15, 1995.
2. D. Vidojević, Izveštaj o stanju zemljišta u Srbiji, Ministarstvo za zaštitu životne sredine i prostorno planiranje, Beograd, 2009.
3. S. Milić, Plodnost zemljišta u privatnom vlasništvu različitih ratarskih proizvodnih reiona Vojvodine, 45. Savetovanje agronoma, Zlatibor, 2001.
Error! Hyperlink reference not valid.
4. B. C. Nyle: *The Nature and Properties of Soils*“, 10th edition, p. 232-235, Macmillan Publisher, 2000.
5. V. D. Jovanović, D. N. Knežević, Ž. T. Sekulić, M. M. Kragović, J. N. Stojanović, S. R. Mihajlović, D. D. Nišić, D. S. Radulović, B. B. Ivošević, M. M. Petrov, Effects of bentonite binder dosage on the properties of green limestone pellets, *Chem. Ind.* DOI: 10.2298/HEMIND160210023J, 2016.
6. Breaton stone, *The Complete guide to agricultural lime*, **Error! Hyperlink reference not valid.**
7. Ž. Sekulić, S. Mihailović, V. Kašić, V. Ćosić, Kalcizacija kiselih zemljišta korišćenjem litotamnijskog krečnjaka, Simpozijum: «Prirodne mineralne sirovine i mogućnost njihove upotrebe u poljoprivrednoj proizvodnji i prehrambenoj industriji, Ed: Savez inženjera i tehničara i Geoinstitut, Beograd, 113-123, 2006.
8. Norrie, J. and D.A. Hiltz. 1999. Agricultural applications using *Ascophyllum* seaweed products. *Agro-Food Industry High-Tech.* 2:15-18.
9. K.B. Albert, D. Langford: *Pelletizing limestone fines*“, Mars Mineral, Pennsylvania, 12-29, 1998.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

622(082)

502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (12 ; 2021 ; Врњачка Бања)

Održivi razvoj u rudarstvu i energetici : zbornik radova / 12.

simpozijum sa međunarodnim učešćem "Rudarstvo 2021", Vrnjačka Banja 1. - 4. juna 2021. = Sustainable development in mining and energy : proceedings = 12th Symposium with International Participation "Mining 2021" ; [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 : Privredna komora Srbije, 2021 (Beograd : Akademska izdanja). - 274 str. : ilustr. ; 25 cm

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

ISBN 978-86-80420-24-0 (PKS)

1. Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (Београд) 2. Привредна комора Србије (Београд)

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

COBISS.SR-ID 40508425