

JU ZAVOD ZA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA CRNE GORE
GEOLOGICAL SURVEY OF MONTENEGRO

UDK: 55/56

ISSN 0435-4249

GEOLOŠKI GLASNIK

GEOLOGICAL BULLETIN

KNJIGA XVII BOOK

GEOLOŠKI GLASNIK

KNJIGA XVII

str. 273

PODGORICA, 2019

Uređivački odbor - Editorial Board

dr Marko Pajović, prof. dr Branislav Glavatović, prof. dr Milan Radulović, mr Vladan Dubljević, mr Momčilo Blagojević, mr Neda Dević, dr Darko Božović, dr Martin Đaković, dr Slobodan Radusinović

Glavni urednik - Chief Editor
dr Slobodan Radusinović

Tehnički urednici - Technical Editor
Dr Martin Đaković i Mr Neda Dević

Autori su naučno odgovorni za sadržaj svojih radova
The author are responsible for the content of their papers

*Adresa - Adress: Geološki glasnik, JU Zavod za geološka istraživanja,
Naselje Kruševac bb, 81 000 Podgorica, Crna Gora*

Grafičko uređenje - Graphical design
mr Marinko Račić

Štampa: Art Grafika, Podgorica
Tiraž: 500 primjeraka

Darko Božović¹, Dragan S. Radulović², Ljubiša Andrić³, Marija Marković⁴

DEFINISANJE TEHNOLOŠKE ŠEME DOBIJANJA PUNIOCA ZA RAZLIČITE INDUSTRIJE NA BAZI KREČNJAKA "VISOČICA"-BJELOPAVLIĆI

Apstrakt:

Ispitivana je mogućnost korišćenja krečnjaka "Visočica" za dobijanje punioca. Ispitivani su mikronizacija, granulost-sastav, upijanje vode i ulja, i stepen bjeline. Urađena je hemijska i DTA/TG analiza. Na osnovu fizičko-hemijskih karakteristika ovaj krečnjak se može koristiti kao punioc u sledećim industrijama: za boje i lakove, kozmetičkoj i farmaceutskoj, papirnoj, gume i PVC-a, stakla, za proizvodnju životinjske hrane, livarskoj, šećera i metalurgiji. Zbog povišenog sadržaja MgO i G.Ž, ne može se koristiti u proizvodnji mineralnih đubriva. Zbog prisustva Cd, ne može se koristiti za neutralizaciju kiselih zemljišta.

***Ključne riječi:** krečnjak, punioci, industrijska tehnološka šema, standardi*

DEFINING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING FILLERS FOR USE IN VARIOUS INDUSTRIES ON THE BASIS OF LIMESTONE "VISOCICA" - BJELOPAVLIĆI AREA

Abstract:

The possibility of using "Visočica" limestone as filler was investigated. Micronization, granulo-composition, oil and water absorption and degree of whiteness were investigated, and chemical and thermal analyses were performed. On the basis of physicochemical properties of this limestone, it can be used as filler in following industry: paints and coatings; pharmaceutical and cosmetics; paper; for production of animal feed, rubber and PVC; glass; foundry; sugar; metallurgy. Due to the increased content of MgO, it cannot be used in production of animal feed. Due to content of Cd it cannot be used for neutralization of acidic soils.

***Key words:** limestone, filler, industrial technological scheme, standards*

¹ Dr, naučni saradnik, Zavod za geološka istraživanja Podgorica, bozovic.d@geozavod.co.me

² Dr, viši naučni saradnik, ITNMS -Beogra, Srbija, d.radulovic@itnms.ac.rs

² Prof dr, naučni savetnik, ITNMS -Beograd, Srbija, lj.andric@itnms.ac.rs

³ Dipl. ing., istraživač saradnik, ITNMS -Beograd, Srbija, m.markovic@itnms.ac.rs

UVOD

Predmet tehničkog rešenja, je definisanje optimalnih parametara tehnološkog postupka dobijanja punioca na bazi krečnjaka, lokaliteta „Visočica“- Danilovgrad, za primjenu u različitim granama industrije a prema važećim standardima koji regulišu tu oblast (Božović, 2016).

Država Crna Gora posjeduje velike rezerve krečnjaka, koje su vezane za veliki deo njene teritorije. I pored svega toga one se do današnjih dana relativno malo koriste. Uglavnom se krečnjak na teritoriji Crne Gore koristi u građevinarstvu kao tehničko-građevinski (TG) i donekle kao arhitektonsko-građevinski (AG) kamen. Obzirom na sve veću upotrebu krečnjaka u svijetu, u različitim granama industrije, kako u mikroniziranom, tako i u komadastom stanju, to su i nadležna Ministarstva Crne Gore počela da razmatraju ovu problematiku.

Svjetska proizvodnja krečnjaka za različite namjene je bila 2010. godine na nivou od oko 4 milijarde tona, od čega je oko 60 miliona tona bilo korišćeno kao punilac za različite industrijske grane. Cijena krečnjaka zavisi od kvaliteta sirovine kao i njene granulacije. Tako je cijena drobljenog isklasiiranog krečnjaka oko 7 €/t, dok je cijena mljevenog krečnjaka visoke bjeline i finoće - 40 μ m (50% -10 μ m) od 80-90 €/t, finoće -10 μ m (50% - 2 μ m) oko 130 €/t. Sve više se primjenjuju i kalcijum-karbonati nano finoće koji mogu biti dobijeni od prirodne sirovine ili precipitacijom čija se vrijednost na svjetskom tržištu kreće oko 240 €/t. Pošto je očigledno da kalcijum-karbonat kao punilac ima daleko veću cijenu nego u komadastom stanju, to su i nadležne Institucije Crne Gore inicirale ispitivanja upotrebe krečnjaka preko JU Zavoda za geološka istraživanja Podgorice, koji kao eminentna stručna institucija vodi računa o svim mineralnim resursima na teritoriji Crne Gore. Na ovaj način je JU Zavod za geološka istraživanja preuzeo ključnu ulogu u ispitivanju dodatnih mogućnosti valorizacije ovog potencijalno veoma značajnog mineralnog resursa (Božović, 2016).

Da bi se utvrdila mogućnost primjene krečnjaka iz različitih ležišta sa teritorije Crne Gore kao punioca obavljena su sledeća ispitivanja: mogućnosti njihove mikronizacije i određivanja granulometrijskog sastava, hemijske analize, upijanja ulja i vode, TG i DT analize kao i određivanje stepena bjeline. Na osnovu dobijenih rezultata obavljenih analiza, vršena je procjena mogućnosti njegove primjene u skladu sa standardima (JUS) kojima su propisani kvaliteti i osobine koje mora da zadovolji krečnjak da bi se mogao koristiti kao punioc u sledećim granama industrije:

- u industriji boja i lakova; u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji; u industriji papira; u industriji gume i PVC; u livarstvu; u industriji šećera; za metalurške svrhe; za proizvodnju stakla; za mineralno đubrivo (Azotara Pančevo); kvalitet kalcijum-karbonata za primjenu u industriji stočne hrane; kvalitet kalcijum-karbonata za neutralizaciju kiselih zemljišta.

Pošto je ovim ispitivanjima utvrđeno da pojedini uzorci krečnjaka zadovoljavaju svojim kvalitetom i osobinama primjenu u određenim granama industrije, to je JU Zavod za geološka istraživanja iz Podgorice zatražio od ITNMS-a da ispita mogućnost dobijanja tih i takvih proizvoda u industrijskim uslovima iz ležišta krečnjaka „Visočica“. Na osnovu obavljenih ispitivanja primjenom postupaka pripreme mineralnih sirovina, pre svih drobljenja, mikronizacije i klasiranja (separacije), definisane su inovirane tehnološke šeme procesa u kojima su predviđeni svi uređaji i oprema kao i njihova dispozicija u cilju dobijanja proizvoda prema gore navedenim standardima za punioce.

2. KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO- GRAĐEVINSKOG KAMENA VISOČICA

2.1. GEOLOŠKA GRADA LEŽIŠTA

Ležište arhitektonsko-građevinskog kamena "Visočica" izgrađuju svijetlosmeđi, svijetlosivi do bjeličasti, bankoviti, ređe masivni, grubo gradirani bioklastični: biospariti, biointraspariti, biosparuditi, biopelspariti, biointrapelsparuditi, biomikrospariti, biomikropelspariti i biomikriti. Ovi karbonatni sedimenti su predstavljeni krečnjacima, retko dolomitima i njihovim prelaznim oblicima. Mikroskopski posmatrano krečnjaci su predstavljeni biogenim stijenama. Ovi krečnjaci se mogu koristiti za proizvodnju komercijalnih blokova za dobijanje AG kamena, a da se ostatak koji se ne može koristiti kao arhitektonsko-građevinski kamen, koristi i kao tehničko-građevinski kamen (Božović, 2016).

2.2. REZERVE I KVALITET

Rezerve u ležištu izračunate su po metodi paralelnih vertikalnih profila i rezerve komercijalnih blokova su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Rezerve krečnjaka u blokovima ležišta "Visočica"-Danilovgrad

Kategorija rezervi	Geološke rezerve (m ³)	Iskorišćenje stenske mase u blok (%)	Rezerve blok mase (m ³)
A	432 000	23	99 360
B	654 800	23	150 604
C₁	436 300	23	100 349
A+B+C₁	1 523 100	23	350 313

Saglasno utvrđenim mineraloško-petrografskim i fizičko-mehaničkim svojstvima i odredbama standarda, kamen ležišta "Visočica" može se koristiti za:

- proizvodnju ploča za oblaganje unutrašnjih (UV) i horizontalnih površina (UH-2 i UH-3), gde se obavlja intezivan i umjeren pješački saobraćaji;

- proizvodnju ploča za oblaganje spoljašnjih vertikalnih površina objekata do 30 m visine iznad terena (SV-2 SV-3) (Božović, 2016).

Kada se od ukupno eksploatisane stijenske mase odbiju rezerve komercijalnog bloka (iskorišćenje 23%) od 350.313 m³, ostatak od 77%, koji iznosi 1.172.787 m³, biće smatran kao rezerva stijenske mase za proizvodnju tehničko-građevinskog kamena.

3. EKSPERIMENTALNI RAD

Pošto je utvrđeno da bi iskorišćenje stijenske mase (krečnjaka) iz ležišta „Visočica“ u komercijalni blokovima iznosilo samo 23 % krečnjaka (tabela 1), to je odlučeno da se ispita mogućnost korišćenja ostatka sirovine (77 %) koji ne zadovoljava primjenu kao arhitektonsko-građevinski kamen, za dobijanje tehničko-građevinskog kamena - agregata različitih frakcija, i kao punioca u različitim granama industrije.

Polazni uzorak je raspakovan i iz njega je uzet primarni uzorak za određivanje grube vlage, ostatak uzorka je homogenizovan i skraćen metodom četvrtanja. Na jednoj polovini je određen granulato-sastav polaznog uzorka, a druga polovina je sačuvana kao rezerva (Milosavljević, 1985).

Za ispitivanja mogućnosti primene krečnjaka kao punioca uzorak je pripremljen i obrađen standardnim metodama pripreme mineralnih sirovina. Na primarnom uzorku je određivan granulometrijski sastav, gruba vlaga i specifična zapreminska masa (Čalić, 1990; Lešić i Marković, 1968; Pavlica i Drašković, 1997).

3.1. ODREĐIVANJE FIZIČKIH OSOBINA POLAZNOG UZORKA

Sva tri uzorka na kojima je određivana gruba vlaga uzorka krečnjaka "Visočica" su sušena na sobnoj temperaturi u vremenu trajnja od 24 h, i ni u jednom nije izmerena gruba vlaga.

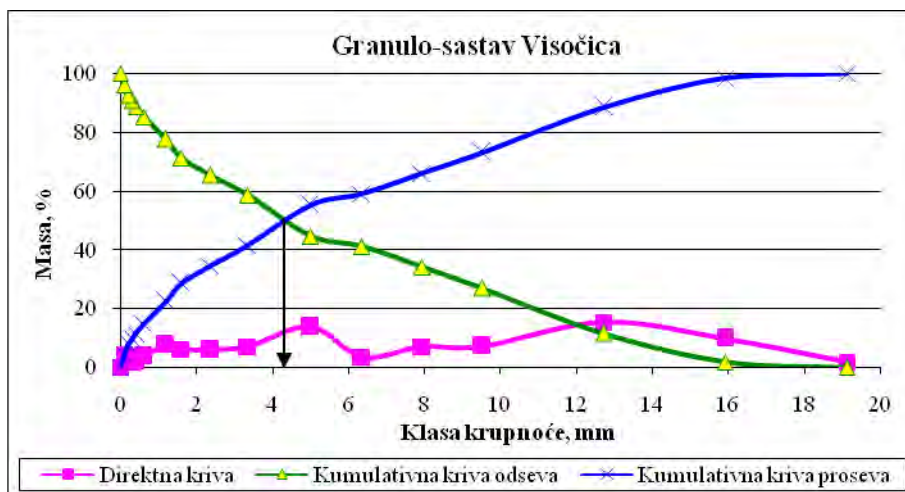
Specifična zapreminska masa (gustina) uzorka krečnjaka "Visočica" je određivana sandardom metodom sa piknometrima (Milosavljević, 1985). Kao fluid za određivanje gustine, zbog rastvorljivosti krečnjaka, korišćen je ksilol. Specifična zapreminska masa je određivana na tri uzorka i podatak koji je prikazan predstavlja u stvari srednju vrijednost $\gamma = 2,654 \text{ g/cm}^3$.

Granulometrijski sastav polaznog uzorka određivan je standardnom metodom prosijavanja u Tyler-ovoj seriji sita (Milosavljević, 1985; Lešić i Marković, 1968).

Svi otsevi sita zajedno sa prosevom poslednjeg sita su izmereni, a podaci su sređeni i prikazani u obliku tabele 2. Na osnovu podataka iz tabele nacrtan je dijagram granulometrijskog sastava Visočica prikazan na slici 1.

Tabela 2. Granulo-sastav polaznog uzorka "Visočica"

Klasa krupnoće [mm]	M, %	↓ΣM, %	↑Σ M, %
- 19,1 + 15,9	1,75	1,75	100,00
- 15,9 + 12,7	9,82	11,57	98,25
- 12,7 + 9,52	15,21	26,78	88,43
- 9,52 + 7,93	7,28	34,06	73,22
- 7,93 + 6,35	7,03	41,09	65,94
- 6,35 + 5,0	3,52	44,61	58,91
- 5,0 + 3,36	13,86	58,47	55,39
- 3,36+ 2,38	6,95	65,42	41,53
- 2,38+ 1,6	5,91	71,33	34,58
- 1,6+ 1,19	6,18	77,51	28,67
- 1,19+ 0,63	7,64	85,15	22,49
- 0,63 + 0,4	3,61	88,76	14,85
- 0,4 + 0,3	1,85	90,61	11,24
- 0,300 + 0,200	1,78	92,39	9,39
- 0,200 + 0,100	3,81	96,20	7,61
- 0,100+ 0,00	3,80	100,00	3,80
Ulaz	100,00		



Slika 1. Krive granulometrijskog-sastav polaznog uzorka "Visočica"

Na slici 1 su prikazane direktna kriva granulometrijskog sastava, kao i kumulativne krive proseva i odseva polaznog uzorka krečnjaka ležišta "Visočica". Iz preseka kumulativnih krivih proseva i odseva određeno je da je srednji prečnik ovog uzorka krečnjaka $d_{sr} = 4,29$ mm.

3.2. PRIPREMA UZORKA ZA TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA

Pošto je trebalo ispitati mogućnost korišćenja krečnjaka kao punioca u različitim granama industrije uzorci krečnjaka ležišta "Visočica" korišteni za ispitivanje usitnjeni (mikronizirani) i kao takvi uzorci su poslani na sledeće analize: granulometrijskog-sastava, hemijska, TG i DTA, kao i određivanje stepena bjeline i upijanja ulja i vode.

Granulometrijski-sastav je određivan prosijavanjem usitnjenog početnog uzorka na situ otvora 63 μm , a zatim je prosev sita klasiran na uređaju Cyclosizer. Otok klasiranja na Cyclosizer-u zatim je tretiran na Bacho-vom elutriatoru u cilju dobijanja klasa - 11 + 5,7 μm i klase - 5,7 + 0,00 μm . Skupni bilans granulometrijskog sastava samlevenog uzorka krečnjaka "Visočica" je prikazan u tabeli 3.

Tabela 3. Granulo-sastav usitnjenog uzorka Visočica

Klasa krupnoće [μm]	M, %	$\downarrow\sum\text{M, \%}$	$\uparrow\sum\text{M, \%}$
-63+44	0.94	0,94	100,00
-44+33	1.85	2,79	99,06
-33+23	3.83	6,62	97,21
-23+15	5.10	11,72	93,38
15+11	9.07	20,79	88,28
-11+5,7	21,86	42,27	79,21
-5,7+0	57,35	100,00	57,73
Ulaz	100,00	/	/

Za određivanje stepena bjeline korišćen je Belinometar. Bjelina je određivana na tri uzorka krečnjaka iz ležišta „Visočica“, rezultat prikazan u tabeli 4 je srednja vrednost dobijenih merenja. Stepenn bjeline se određuje prema standardu MgO – 100%.

Tabela 4. Stepenn bjeline uzoraka krečnjaka

Broj	Oznaka uzorka	Bjelina prema MgO– 100%
1.	Visočica-1	92,90
2	Visočica-2	92,30
3	Visočica-3	92,60
	Srednja vrijednost	92,60

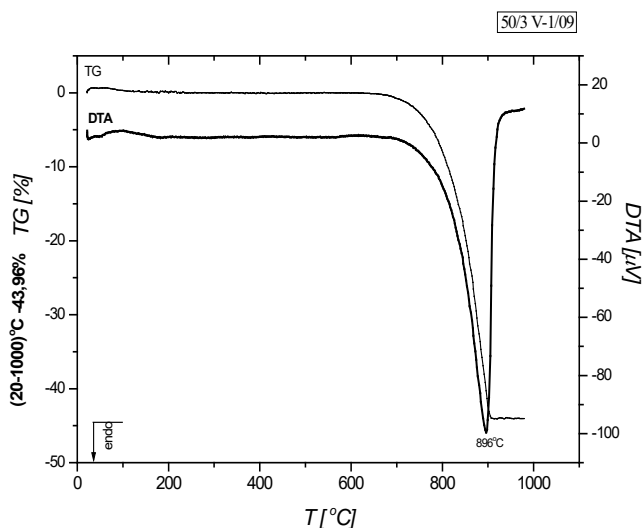
Rezultati određivanja upijanja ulja i vode takođe su rađeni na po tri uzorka krečnjaka iz ležišta „Visočica“, a rezultati su prikazani u tabeli 5.

Termičke (TG i DT) analize uzoraka su urađene na uređaju Netzsch-Simultaneous Thermal Analysis STA 409 EP, sa brzinom grejanja od $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, u temperaturnom intervalu od 0 do 1000 $^{\circ}\text{C}$. Masa uzoraka korišćena za analizu

bila je 100 mg. Rezultati DTA i TG analize za uzorak krečnjaka iz ležišta „Visočica” prikazani su u obliku dijagrama, na slici 2.

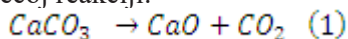
Tabela 5. Upijanje ulja i vode uzoraka krečnjaka

Broj	Oznaka uzorka	Upijanje ulja, %	Upijanje vode
1.	Visočica-1	14,02	19,11
2.	Visočica-2	14,85	19,27
3.	Visočica-3	14,33	19,23
	Srednja vrijednost	14,40	19,20



Slika 2. DTA/TG dijagram krečnjaka "Visočica"

Na slici 2 su prikazani TG i DTA dijagrami polaznog uzorka kalcita. Na DTA dijagramu se uočava endotermni pik na 896 °C koji se pripisuje faznoj transformaciji CaCO_3 u CaO , prema sledećoj reakciji:



Ova fazna transformacija praćena je gubitkom mase od 43,96 % (TG dijagram, slika 2) u temperaturnoj oblasti od 650 do 900 °C.

3.3. HEMIJSKA ANALIZA

Hemijska analiza uzorka krečnjaka "Visočica" je obavljena u laboratoriji za analitičku hemiju ITNMS-a. Rezultati hemijske analize mikroniziranih uzoraka krečnjaka sa sadržajem glavnih i štetnih komponenti su prikazani u tabelama 6 i 7. Takođe je određivana pH vrednost, koja je relevantna za primenu krečnjaka u nekim granama industrije.

Tabela 6. Hemijski sastav glavnih komponenti uzorka krečnjaka

Komp.	CaO	CaCO ₃	CO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI
Sadr., %	55,27	98,70	43,77	0,31	0,028	0,011	0,039	<0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	43,88

Tabela 7. Hemijski sastav štetnih komponenti uzorka krečnjaka

Komp.	Cu	Zn	S	P	Ni	Mo	Sb	Pb	Cd	pH	Fe solu.	As	Hg
Sadr. ppm	0,1	<1	<0,02	<0,004	1,5	<0,1	<0,1	0,1	0,2	9,4	0,0157	<0,5	<0,01

4. PROCJENA KVALITETA I MOGUĆNOSTI PRIMJENE KREČNJAKA “VISOČICA” KAO PUNIOCA

Kvalitet krečnjaka kao punioca, za svaku granu industrije, određen je sadržajem korisnih i štetnih komponenti, odnosno hemijskim sastavom krečnjaka, kao i potrebnom krupnoćom što je sve propisano standardima ili zahtevima proizvođača koji krečnjak u svom ciklusu proizvodnje koristi kao sirovinu.

4.1. PROCJENA KVALITETA KREČNJAKA “VISOČICA” NA OSNOVU HEMIJSKOG SASTAVA

Prema obavljenim ispitivanjima na uzorku krečnjaka “Visočica” i zahtijevanom kvalitetu za punioce datim u tabelama 6 i 7, može se konstatovati da je krečnjak iz ležišta “Visočica” dobrog kvaliteta sa visokim sadržajem CaCO₃ od 98,70 %, sa malim sadržajem MgCO₃ od 0,65 %, kao i niskim sadržajem silikata SiO₂ od 0,210 %. Na osnovu sadržaja glavnih komponenti ovaj krečnjak bi mogao da se primjenjuje kao punioc u svim navedenim granama industrije. Međutim sadržaj teških metala u njemu, pre svih Cd (0,2 ppm) koji nije visok, mu unekoliko ograničava primenu kao punioca u određenim granama industrije.

Prema svemu navedenom krečnjak iz ležišta “Visočica” se može primijeniti:

- u industriji boja i lakova, gde se prema osobinama i sadržaju korisnih i štetnih komponenti može svrstati u skladu sa zahtjevima tržišta u visokokvalitetnu sirovinu;
- u industriji papira, gde se prema osobinama i sadržaju korisnih i štetnih komponenti može svrstati u skladu sa zahtjevima tržišta u A, B i C klasu kvaliteta, dok za najvišu D klasu ne zadovoljava stepenom bjeline;

- u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji, jer zbog niskog sadržaja teških metala i barijuma zadovoljava zahtjeve tržišta;
 - u industriji gume i PVC-a, gde zadovoljava najvišu klasu kvaliteta u skladu sa zahtjevima tržišta;
 - u livarskoj industriji, gde se prema osobinama i sadržaju korisnih i štetnih komponenti može svrstati u skladu sa zahtjevima tržišta u najkvalitetniju I klasu;
 - u industriji šećera, gde se prema osobinama i sadržaju korisnih i štetnih komponenti može svrstati u skladu sa zahtjevima tržišta u najkvalitetniju I klasu;
 - u metalurgiji, gde se prema osobinama i sadržaju korisnih i štetnih komponenti može svrstati u skladu sa zahtjevima tržišta u najkvalitetniju I klasu;
 - u proizvodnji stakla, zbog povećanog sadržaja Fe_2O_3 može se svrstati u IV i V klasu u skladu sa zahtjevima tržišta;
 - u proizvodnji stočne hrane, takođe se može koristiti zbog visokog sadržaja povećanog $CaCO_3$ i niskog sadržaja štetnih komponenti što je za ovu svrhu veoma strogo definisano;
- Krečnjak iz ležišta "Visočica se ne može primijeniti:
- za proizvodnju mineralnih đubriva, gde se prema osobinama i sadržaju korisnih i štetnih komponenti ne može primijeniti u skladu sa zahtjevima proizvođača đubriva (Azotara Pančevo);
 - za neutralizaciju kiselih zemljišta, zbog sadržaja teškog elementa Cd, čiji je sadržaj veoma strogo definisan.

4.2. PROCJENA KVALITETA KREČNJAKA "VISOČICA" NA OSNOVU ZAHTJEVA POTROŠAČA ZA POTREBNOM KRUPNOĆOM (FINOĆOM) SIROVINE

Da bi se krečnjak iz ležišta "Visočica" mogao primeniti kao punioc u gore navedenim industrijama za koje kvalitetom zadovoljava, potrebno je da pored sadržaja korisnih i štetnih komponenti, za ove namjene zadovoljava i određenom krupnoćom odnosno finoćom sirovine. Neke grane industrija zahtijevaju da krečnjak koji se primjenjuje bude veoma fino mikroniziran, dok druge zahtijevaju sirovinu veće krupnoće čak krupno komadastu. Tako je za sledeće grane industrije potreban mljeveni i mikronizirani krečnjak:

- za industriju boja i lakova, za A klasu 99,5% - $20\mu m$, za B klasu 97% - $20\mu m$ i 0,01% + $44\mu m$;
- za industriju papira, za sve klase (A, B i C) finoća mora da bude 100% - $45\mu m$, pri tome za A klasu 75% - $10\mu m$, za B klasu 80 %, dok je za C klasu finoća 95 % - $10\mu m$ i 90 % - $2\mu m$;
- za industriji gume i PVC, zahteva se za A i B klasu kvaliteta da sirovina mora da bude finoće 99,5 % - $45\mu m$, dok za C i D klasu gornja granična krupnoća krečnjaka kao sirovine treba da bude $45\mu m$;
- za industriju stakla, pošto krečnjak "Visočica" odgovara IV i V klasi kvaliteta po hemijskom sastavu to je za ove klase kvaliteta krupnoća sirovine treba

da bude sastavljena u 6 potklasa koje se kreću u rasponu od - 1 + 0,1 mm;
- za proizvodnju mineralnih đubriva, „Azotara” Pančevo ne definiše posebno klasu krupnoće koju krečnjak treba da zadovolji za ovu namenu.

Za sledeću primjenu potrebno je da krečnjak bude krupniji, čak i komadast:

- za livarsku industriju, sirovina treba da bude krupnoće - 50 + 30 mm, s tim da sadržaj sitneži - 30 mm može da bude do 5%;

- za industriju šećera, krečnjak treba da bude klasiran u 6 različitih potklasa krupnoće koje su u rasponu od - 215 + 63 mm, s tim da maksimalni sadržaj sitneži u potklasi može da bude do 8%;

- za metalurgiju se primenjuje krečnjak koji je sastavljen od 5 potklasa koje se kreću u rasponu od - 70 + 0,1 mm.

Na osnovu ovih različitih zahtjeva za krupnoćom sirovine, a obzirom na potrebu da šema tehnološkog postupka pripreme krečnjaka iz ležišta „Visočica”, bude kopicirana tako da omogućava dobijanje najšire moguće palete proizvoda i njihovu primjenu u što većem broju industrijskih grana, to je potrebno da se krupne klase krečnjaka, prema zahtevanim sortimanima, izdvoje pre mljevenja.

5. OPIS NOVOG TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRERADE KREČNJAKA „VISOČICA” U CILJU DOBIJANJA PUNIOCA ZA RAZLIČITE GRANE INDUSTRIJE

Krečnjak iz ležišta „Visočica” se može koristiti za eksploataciju krečnjačkih blokova, a osim toga zbog svog dobrog hemijskog sastava (tabela 6) može da se koristi i kao sirovina za dobijanje punioca za različite industrijske grane. Zato je potrebno da tehnološka šema pripreme krečnjaka „Visočica” pored predviđene eksploatacije blokova sadrži i dio postrojenja prerade kojim bi se dobijali proizvodi različite krupnoće za široku primjenu u više grana industrije.

Način eksploatacije krečnjaka i dobijanje blokova u ležištu „Visočica” je prikazan na slici 3. Eksploatacija blokova se obavlja standardnim postupkom bušenja lafetnom bušilicom i otsijecanjem blokova dijamantskom testerom. Blokovi koji se otsijecaju su u obliku prizme sa pravouganom osnovom stranica 3x1,5 m, dužina 6 m. Dobijeni blokovi se zatim sijeku na dva bloka dimenzija 3x1,5x3 m, a zatim se još jednom sijeku po dužini i dobijaju se konačni komercijalni blokovi spremni za transport dimenzija 1,5x1,5x3 m. Ovakvi proizvodi predstavljaju završno obrađene kamene blokove koji se dobijaju na kopu. Blokovi se transportuju do postrojenja za preradu, gde se dobijaju ploče koje se koriste za oblaganje kao arhitektonski kamen i koje se kasnije poliraju.

5.1. TEHNOLOŠKE ŠEME DOBIJANJA PUNIOCA NA BAZI KREČNJAKA „VISOČICA“

5.1.1. Dobijanje punioca postupkom drobljenja i prosijavanja

Kao sirovina za pripremu bi trebala da posluži ostatak posle rezanja blokova,

sitnež nastala lomjenjem i rezanjem, djelovi ležišta iz kojih se ne mogu vaditi blokovi kao i rubni delovi ležišta, iz kojih eksploatacija blokova nije moguća. Sirovina koja ne može da se eksploatiše u obliku blokova klase krupnoće - 450 + 0,00 mm odlazi u bunker primarne rude sa lančastim dodavačem (poz 1) ispod koga se nalazi vibrododavač sa rešetkom (poz 2) otvora 20 mm, koja služi da se na njoj odvoji jalovina (zemlja, glina i sitna frakcija kamena). Na ovaj način se na kopu dobija krečnjak klase krupnoće - 450 + 20 mm, koji se dalje prebacuje transportnom trakom T1 u deo pogona za drobljenje i prosijavanje.

Tehnološka šema je koncipirana na veoma fleksibilan način, tako da se u zavisnosti od potreba potrošača i kapaciteta prerade, proizvodnja odvija tako da se pojedine klase krupnoće dobijaju u određenom broju smjena, a onda se u skladu sa potrebama premošćavanjem i povezivanjem tehnoloških pozicija dobijaju drugi proizvodi različitih klasa krupnoće.

Materijal transportnom trakom T1 dolazi preko nepokretne rešetke otvora 450mm (poz. 3) u primarni bunker pre drobljenja (poz. 4). Ispod bunkera se nalazi vibro dodavač sa rešetkom veličine otvora 215 mm (poz. 5), na kojoj se vrši odvajanje klase - 215 + 20 mm. Ova klasa se transportnom trakom T2 transportuje na vibro sito (poz. 6) otvora 63 mm, kod koga nadrešetni proizvod (klasa - 215 + 63 mm) zadovoljava zahteve tržišta za industriju šećera. Ova klasa krupnoće se trakom T4 odvođa na sklad S1, gde se opciono koristi za dobijanje potrebnih sortimana za industriju šećera ili se može dalje usitnjavati i klasirati za primjenu u drugim industrijama. Kada se želi dobiti potreban sortiman za industriju šećera onda se sirovina sa sklada S1 transportuje u bunker sa vibrododavačem (poz. 10 i 11). Iz bunkera sirovina odlazi na klasiranje na seriji vibro sita (poz. 12 i 13) veličine otvora 160, 135 i 90 mm, na kojima se dobijaju četiri klase krupnoće - 215 + 160 mm; - 160 + 135 mm; - 135 + 90 mm i - 90 + 63 mm. Miješanjem ovih klasa u potrebnom odnosu dobija se proizvod koja predstavlja polaznu sirovinu u industriji šećera. Nadrešetni proizvod vibro rešetke (poz. 5) klasa krupnoće - 450 + 215 mm odlazi u čeljusnu drobilicu gde se usitnjava. Izdrobljena sirovina se trakom T3 odvođa na sklad S3 usitnjenog krečnjaka krupnoće - 150 + 0,00 mm. Sa sklada S3 ruda se prebacuje u sipku primarno izdrobljenog krečnjaka (poz. 14), odakle se preko člankastog dodavača dozira na transportnu traku T5 sa koje odlazi u pretovarni silos (poz. 16). Ispod pretovarnog silosa se nalazi vibracioni dodavač (poz 17.) pomoću koga se sirovina dozira na ulazu u udarnu drobilicu (poz. 18), gde dolazi do sekundarnog usitnjavanja krečnjaka na krupnoću - 63 + 0,00 mm. Usitnjen krečnjak - 63 mm, se posle udarne drobilice prebacuje transportnom trakom T6 u sabirni levak (poz. 19). Sa sklada S2 sirovina krupnoće - 63 + 20 mm se dodaje utovarnom lopatom u bunker (poz. 20) iz koga se preko vibracionog dodavača (poz. 21) dodaje na transportnu traku T8, koja ovu klasu prebacuje u sabirni levak (poz. 19), gde se miješa sa usitnjenom sirovinom krupnoće - 63 + 0,00 mm. Iz sabirnog lijevka (poz. 19) sirovina pomenute krupnoće odlazi na klasiranje na seriji sita. Prvo se sirovina klasira na dvoetažnom situ (poz. 22), čije su veličine otvora 63 mm gornje i 32 mm donje mreže. Nadrešetni proizvod gornje mreže klasa krupnoće + 63 mm se preko

transportne trake T9, pretovarnog silosa (poz. 23) i transportne trake T10 vraća u silos (poz. 16) iz koga odlazi na ponovno usitnjavanje na udarnu drobilicu. Podrešetni proizvod gornje mreže sita (poz. 22) i nadrešetni proizvod donje mreže sita (poz. 22), odnosno klasa krupnoće - 63 + 32 mm se izdvaja kao definitivni proizvod na sklad S13. Podrešetni proizvod donje mreže sita (poz. 22) klasa krupnoće - 32 + 0,00 mm, preko transportne trake T7 odlazi na dalje klasiranje na troetažnom situ (poz 24) kod koga su mreže veličine otvora 16; 8 i 4 mm. Na ovaj način se na ovom situ (poz. 24) kao nadrešetni proizvod gornje mreže dobija definitivni proizvod klase krupnoće - 32 + 16 mm, koji se preko transportne trake T11 odvozi na sklad S8. Podrešetni proizvod prve mreže sita (poz. 24), a nadrešetni proizvod druge mreže istog sita, krupnoće - 16 + 8 mm takođe predstavlja definitivni proizvod koji se preko transportne trake T12 skladišti na skladištu S9. Podrešetni proizvod druge mreže sita (poz. 24), a nadrešetni proizvod treće mreže pomenutog sita, je klase krupnoće - 8 + 4 mm i takođe predstavlja definitivni proizvod koji se preko transportne trake T13 odlaže na sklad S10. Podrešetni proizvod zadnje mreže sita (poz 24) je krupnoće - 4 + 0,00 mm i ovaj proizvod se dodatno klasira na jednoetažnom situ (poz. 25) kod koga je mreža veličine otvora 1 mm. Nadrešetni proizvod ovoga sita (poz. 25), predstavlja definitivni proizvod klase krupnoće - 4 + 1 mm, koji se preko transportne trake T14 skladišti na skladištu S12, dok prosej ovoga sita predstavlja klasu krupnoće - 1 + 0,00 mm, koja se izdvaja na skladištu S11, i ovaj proizvod predstavlja polaznu sirovinu za dobijanje potrebnih klasa krupnoće koje se koriste u industriji stakla. Da bi se dobile potrebne klase krupnoće za industriju stakla sirovina sa sklada S11, se klasira na troetažnom situ (poz. 26), čije mreže imaju veličine otvora 0,8, 0,63 i 0,4 mm, i dvoetažnom situ (poz. 27), čije mreže imaju veličine otvora 0,315 i 0,2 mm. Na ovaj način se na prvom situ (poz. 26) dobijaju prosejavanjem tri proizvoda sledećih klasa krupnoće - 1 + 0,8; - 0,8 + 0,63 i - 0,63 + 0,4 koje se skladište kao zasebni proizvodi na skladovima S14, S15 i S16. Prosjev zadnje mreže sita (poz. 26), klasa krupnoće - 0,4 + 0,00 mm, predstavlja ulaz za prosijavanje na dvoetažnom situ (poz. 27), gde se takođe posle prosijavanja dobijaju tri proizvoda različitih krupnoća. Prvo se na prvoj mreži izdvaja klasa krupnoće - 0,4 + 0,315 mm koja se odlaže na skladištu S17, na drugoj mreži se izdvaja klasa krupnoće -0,315 + 0,2 mm koja se odlaže na skladištu S18, i kao prosjev donje mreže se dobija klasa - 0,2 + 0,00 mm koja se izdvaja na skladištu S19.

Sirovina krupnoće - 32 mm iz pogona za drobljenje i prosijavanje odlazi na mljevenje radi dobijanja samljevenog proizvoda koji se koristi kao punioc u različitim granama industrije koje zahtijevaju mikroniziranu sirovinu i za koju krečnjak „Visočica“ odgovara svojim kvalitetom. Za mljevenje se kao polazna sirovina koristi prosjev sita (poz. 22) ili se opciono može slati na mljevenje isklasirana sirovina sa bilo kog sklada od S8 do S12.

5.1.2. Dobijanje punioca postupkom mljevenje i klasiranje

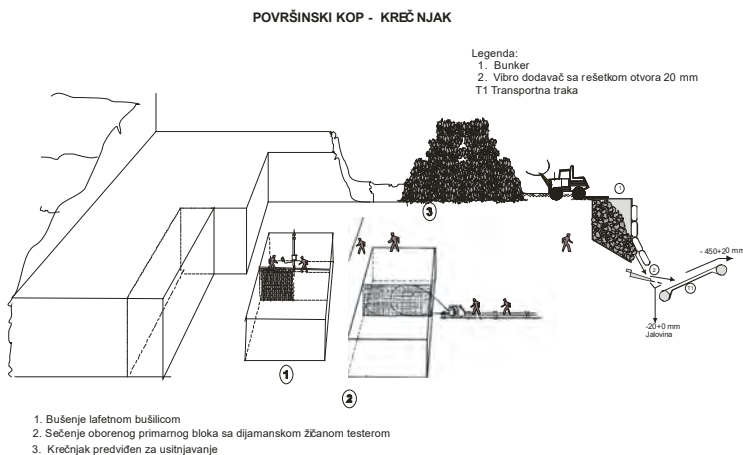
Dio sirovine posle drobljenja odlazi na mljevenje, a zatim na finu mikronizaciju i klasiranje u cilju dobijanja klasa krupnoće krečnjaka koje se mogu

primijeniti kao punioci u različitim granama industrije. Tehnološka šema mljevenja sa mikronizacijom i klasiranjem kojom je moguće dobiti sve ove proizvode prikazana je na slici 5.

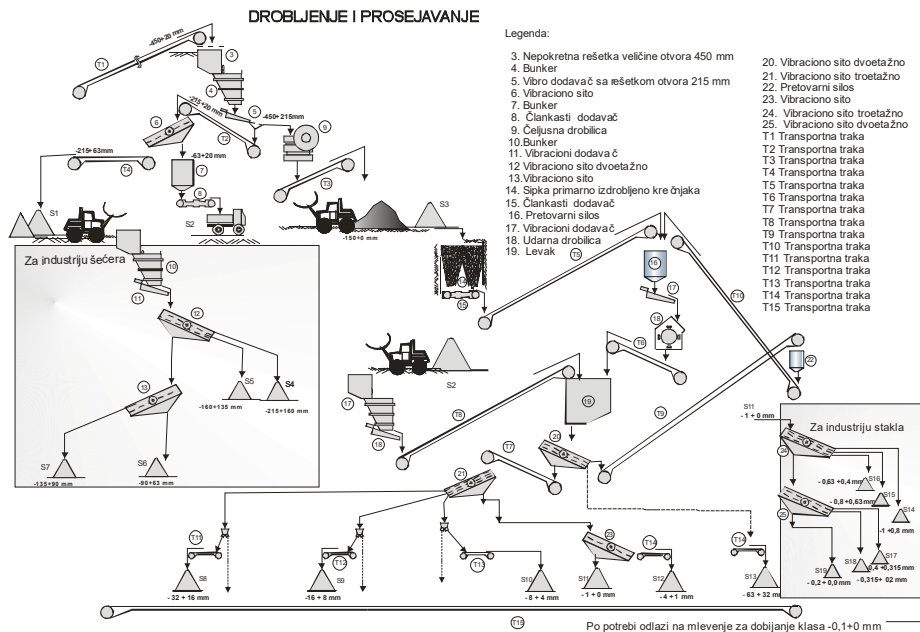
Sirovina krupnoće - 32 mm se transportnom trakom T16 skladišti u silos (poz. 28), iz koga transportnom trakom T17 odvozi u mlin (poz. 29) na mljevenje. Samljevena sirovina krupnoće - 100 μm se izvlači iz mlina ventilatorom (poz. 30) i transportuje na klasiranje aerociklonom (poz. 31). Preliv aerociklona (poz. 31) predstavlja klasu krupnoće - 40 + 0,00 μm i ovaj proizvod se ventilatorom (poz. 32) prebacuje u silos mikronizirane sirovine (poz. 37). Pijesak aerociklona (poz. 31) koji predstavlja klasu krupnoće - 100 + 40 μm , odlazi na skladištenje u silos (poz. 33), odakle se pneumatskim transportom pomoću ventilatora (poz. 34) transportuje do mikronizera (poz. 35) u kome se sirovina mikronizira na finoću - 40 + 0,00 μm i pomoću ventilatora (poz. 36) se prebacuje u silos mikronizirane sirovine (poz. 37). Iz silosa mikronizirane sirovine (poz. 37) sirovina se odvodi na klasiranje na seriju aerociklona (poz. 39, 40 i 41), gde su aerocikloni povezani tako da preliv prvog aerociklona (poz. 39) u seriji predstavlja ulaz drugog (poz. 40), a preliv drugog ulaz trećeg (poz. 41).

Na ovaj način se dobijaju četiri definitivna proizvoda od kojih tri predstavljaju pijesak svakog od aerociklona (poz. 39, 40 i 41), a četvrti proizvod je preliv trećeg aerociklona (poz. 41). Pijesak prvog aerociklona (poz. 39) je klasa krupnoće - 40 + 20 μm koja odlazi u silos sa mašinom za pakovanje (poz. 42), pijesak drugog ciklona (poz. 40) je krupnoće - 20 + 10 μm i on odlazi u silos sa mašinom za pakovanje (poz. 43), pijesak trećeg ciklona (poz. 41) je krupnoće - 10 + 5 μm i on odlazi u silos sa mašinom za pakovanje (poz. 44), preliv zadnjeg ciklona (poz. 41) je klasa krupnoće - 5 + 0 μm koja odlazi u silos sa mašinom za pakovanje (poz. 45).

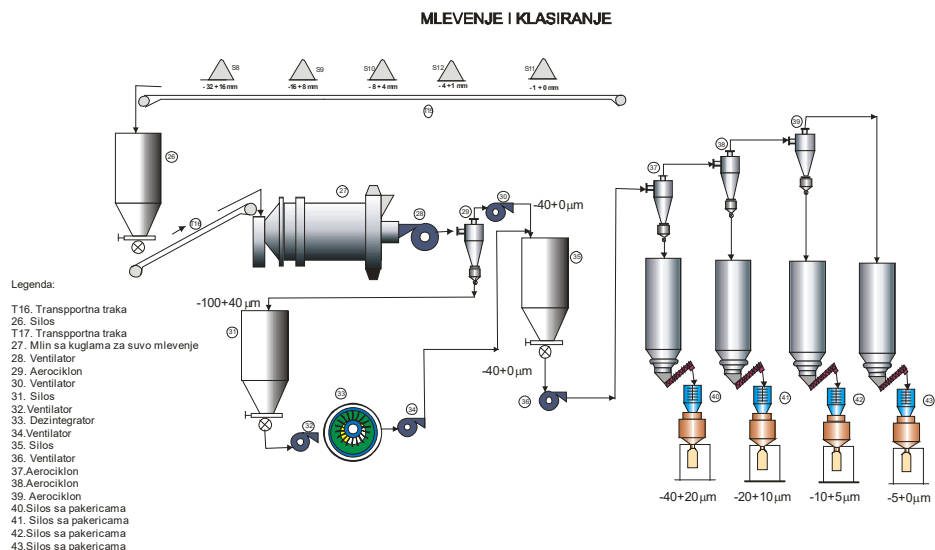
Da bi se dobili punioci od ovih klasa potrebno je: za industriju boja i lakova koristiti klase krupnoće - 20 + 0 μm ; za industriju papira za A klasu kvaliteta koristiti se finoća 75 % - 10 μm , a za C klasu kvaliteta finoća 100% - 10 μm ; za industriji gume i PVC koristiti klase krupnoće - 40 + 0 μm .



Slika 3. Eksploatacija krečnjaka i sječenje blokova na površinskom kopu ta "Visočica"



Slika 4. Tehnološka šema drobljenja i prosijavanja krečnjaka ležišta "Visočica" -Danilovgrad



Slika 5. Tehnološka šema mljevenja i klasiranja krečnjaka ležišta "Visočica"

ZAKLJUČAK

Krečnjak iz ležišta „Visočica“ sa svojim fizičko-hemijskim i mineraloškim osobinama zadovoljava uslove propisane standardima o korišćenju kalcijum-karbonata kao punioca u: industriji boja i lakova; industriji papira; farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji; industriji gume i PVC; industriji stakla; proizvodnji životinjske hrane; livarskoj industriji; industriji šećera i metalurgiji.

Na osnovu kvaliteta sirovine iz ležišta „Visočica“ dato je tehničko-tehnološko rešenje, u okviru koga su ispitani načini i mogućnosti da se iz ove sirovine dobiju punioci za nabrojane namjene. U skladu sa ovim ispitivanjima date su tehnološke šeme u kojima je obuhvaćena primjena sve potrebne opreme i uređaja kao i njihova dispozicija u cilju dobijanja punioca iz krečnjaka „Visočica“.

SUMMARY

The limestone from the Visočica deposit, with its physico-chemical and mineralogical properties, meets the regulations conditions by the standards for the use of calcium-carbonate as a filler in: the paint and varnish industry; the paper industry; the pharmaceutical and cosmetic industries; rubber and PVC industries; glass industry; the production of animal food; foundry industry; sugar industry and metallurgy.

Based on the quality of the raw material from the Visočica deposit, a technical and technological solution was given, within which ways and possibilities to obtain fillers for above mentioned purposes were examined. In accordance with these tests, technological schemes were given, which included the application of all necessary equipment and devices, as well as their disposition in order to obtain fillers from the Visočica limestone.

LITERATURA

Božović, D., 2016: *Mineragenija i potencijalnost karbonatnih sirovina rudnog reona Bjelopavlića*, Crna Gora. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 263 pp.

Čalić, N., 1990: *Teorijski osnovi pripreme mineralnih sirovina*. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 496 pp.

Lešić, Đ. i Marković, S., 1968: *Priprema mineralnih sirovina*. Građevinska knjiga, Beograd, 471 pp.

Milosavljević, R., 1985: *Metode ispitivanja mineralnih sirovina u pripremi mineralnih sirovina*, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, 152 pp.

Pavlica, J. i Draškić, D., 1996: *Industrijska primena pripreme mineralnih sirovina*, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 299 pp.