

Preliminarna ispitivanja kvarcnih sirovina sa područja opštine Rekovac

Slavica R. Mihajlović, Živko T. Sekulić, Jovica N. Stojanović, Vladan D. Kašić, Miroslav D. Sokić,
Marina S. Blagojev

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d' Eperea 86, 11000 Beograd, Srbija

Izvod

Kvalitet sirovina u prirodi, pa tako i kvarcnog peska i kvarcita, varira od ležišta do ležišta. U kojim industrijskim granama mogu da nađu svoju primenu nakon određenih postupaka pripreme, zavisi upravo od njihovog kvaliteta. Potencijalni aspekti primene materijala na bazi ovih sirovina su: u industriji građevinskih i vatrostalnih materijala, keramike i stakla, zatim u metalurgiji, livarstvu i za proizvodnju filtera za prečišćavanje vode. Geološka istraživanja na području centralne Srbije, u reonu opštine Rekovac rezultirala su identifikacijom pojava kvarcnog peska „Ursule“ i kvarcita „Velika Kruševica“. Preliminarna laboratorijska ispitivanja su potvrdila mogućnost primene kvarcnog peska u industriji građevinskih materijala za dobijanje betona, maltera, proizvoda za završne radove u građevinarstvu. Kvarcit se može koristiti u industriji vatrostalnih materijala i metalurgiji, dok je primena u industriji stakla moguća za obojeno staklo i to nakon uklanjanja oksida Fe. Rezultati istraživanja ukazuju na opravdanost daljih detaljnih geoloških istraživanja u cilju potpunije karakterizacije kvarcnog peska „Ursule“ i kvarcita „Velika Kruševica“.

Ključne reči: kvarcni pesak, kvarcit, građevinski materijali, vatrostalni materijali, staklo, metalurgija.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

STRUČNI RAD

622.362:550.8 (497.11)

Hem. Ind. 73 (4) 265-274 (2019)

1. UVOD

Na osnovu strukturno-teksturnih karakteristika rudne mase, grupacija kvarcnih sirovina je detaljnije podeljena na: kvarcni peščar, kvarcni pesak, kvarcni šljunak, kvarcit i hidrotermalni kvarc, [1]. Od navedenih sirovina, geološkim istraživanjima teritorije opštine Rekovac, Srbija, utvrđeno je postojanje kvarcnog peska i kvarcita. Predmet i sadržaj ovog rada su upravo njihove karakteristike i potencijalna primena materijala koji se mogu dobiti iz ovih sirovina postupcima pripreme mineralnih sirovina.

Kvarcni pesak. Pod pojmom kvarcni pesak podrazumeva se sitnozrni nevezani klastični sediment ili materijal, koji je najvećim delom izgrađen od zaobljenih ili nezaobljenih zrna kvarca [2]. Drugim rečima, kvarcni pesak je nevezana, rastresita stena, koja se u osnovi sastoji od kvarcnih zrna. Nastaje pri mehaničkom i hemijskom raspadanju stena koje sadrže kvarc. Određeni asortimani kvarcnog peska imaju veoma veliku i široku primenu u različitim industrijskim granama [3]. Najveći deo proizvedenog kvarcnog peska različitog kvaliteta koristi se u građevinarstvu (90-95 % svetske proizvodnje), a ostatak 5-10 % u industriji stakla, keramike, vatrostalnih opeka, zatim u pojedinim metalurškim procesima za dobijanje metala i nemetala, u livarstvu, u industriji abraziva, hemijskoj industriji i dr [2]. Upotreba i kvalitet kvarcnog peska definisani su njegovom krupnoćom, odnosno granulometrijskim sastavom, zatim fizičkim svojstvima, kao i mineralnim i hemijskim sastavom [4,5]. Korisnici kvarcnog peska u zavisnosti od namene koriste frakciju koja je definisana standardima [6-9].

Kvarcit predstavlja monomineralnu masivnu metamorfnu stenu koja nastaje metamorfozom kvarcnog peščara usled velikog pritiska i temperature [10]. Takvi termodinamički uslovi vezani su za tektonsku kompresiju u orogenim pojasevima. Kvarcit je stena koja je veoma otporna na eroziju. Imajući u vidu da je kvarcit veoma tvrda stena i teška za

Korespondencija: Slavica R. Mihajlović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d' Eperea 86., Beograd, Srbija;
Tel. +381 11 369 17 22

E-mail: s.mihajlovic@itnms.ac.rs

Rad primljen: 28 March 2019.

Rad prihvaćen: 09 August 2019

<https://doi.org/10.2298/HEMIND190328023M>



obradu, njegova upotreba u građevinarstvu je jako mala. Međutim, zbog svoje tvrdoće, može da ima primenu u industriji vatrostalnih materijala i silicijskih opeka, abraziva, stakla, kao i u metalurgiji [10]. Cena kvarcnih sirovina varira u zavisnosti od njihovih hemijskih i fizičkih svojstava. Međutim, ono što treba istaći, je činjenica da su ove sirovine veoma rasprostranjene u prirodi i da je njihova eksploatacija jednostavna. Nakon otkopavanja, sirovina se skladišti i dalje prosejava, pere, suši i obrađuje prema zahtevima kupca.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2. 1. Materijal i metode ispitivanja

Kvarcni pesak „Ursule“ – Pre početka ispitivanja kvaliteta uzorak je prosejan na sitima otvora 0,63 mm i 0,1 mm, pri čemu su dobijene tri klase krupnoće: +0,63 mm (maseni udeo u polaznom uzorku je 44 %); -0,63+0,1 mm (maseni udeo je 42 %) i -0,1 mm (maseni udeo je 14 %). Imajući u vidu da se najčešće u pogledu krupnoće zahteva klasa -0,63+0,1 mm to je upravo na ovoj klasi urađena hemijska, mikroskopska i rendgenska analiza.

Kvarcit „Velika Kruševica“ – Uzorak je osušen i samleven za hemijsku, rendgensku i mikroskopsku analizu.

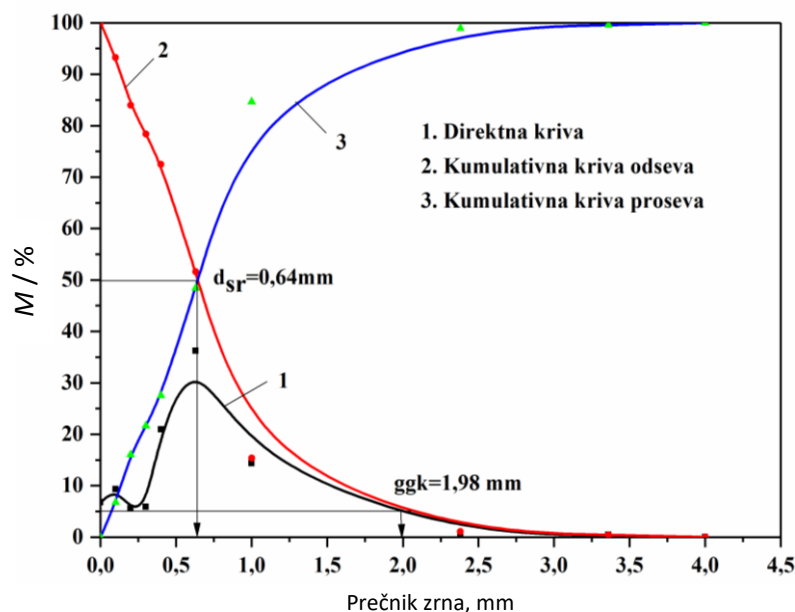
Granulometrijski sastav rovnog uzorka kvarcnog peska je određen na standardnoj seriji laboratorijskih sita mokrim prosejavanjem (otvori sita: 3,36; 2,38; 1,00; 0,63; 0,40; 0,30; 0,20; 0,1 mm). Hemijska analiza je urađena na atomskom adsorpcionom spektrofotometru Analyst 300 („Perkin Elmer“, SAD). Mineraloška analiza urađena je na polarizacionom mikroskopu za odbijenu i propuštenu svetlost JEOL JSM-6610LV („JEOL“, Japan), binokularna lupa firme "Leitz Wetzlar". Rendgenska difrakciona analiza praha (engl. X-ray Powder Diffraction-XRPD) je urađena na rendgenskom difraktometru PW-1710 („PHILIPS“, Holandija). Skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) korišćena je za dobijanje mikrofotografija na uređaju JEOL JSM-6610LV („JEOL“, Japan). Uzorci za SEM analize su naparavani zlatom.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3. 1. Karakterizacija kvarcnog peska „Ursule“ i kvarcita „Velika Kruševica“

Na rovnom uzorku kvarcnog peska određen je granulometrijski sastav, a na klasi -0,63+0,1 mm hemijska, mikroskopska i rendgenska analiza. Rovni uzorak kvarcita je analiziran hemijskom i rendgenskom analizom, kao i primenom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM).

Granulometrijski sastav rovnog kvarcnog peska je prikazan na slici 1.



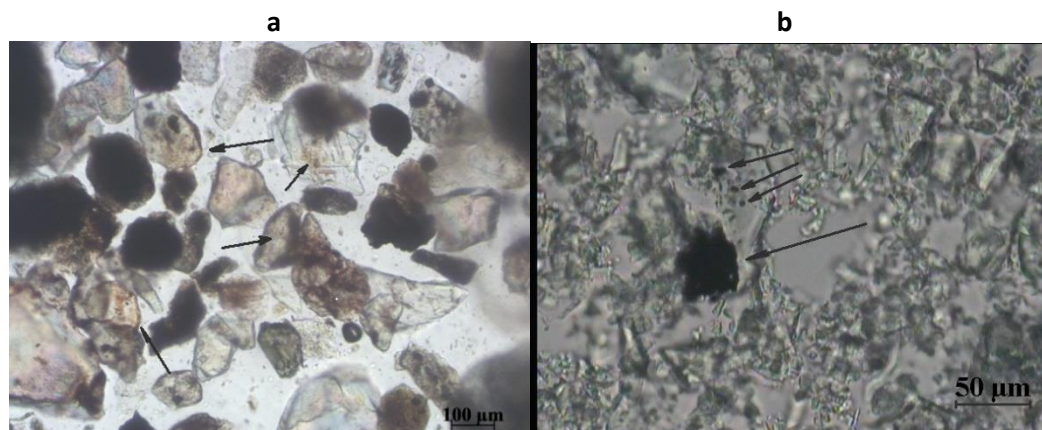
Slika 1. Dijagram granulometrijskog sastava rovnog kvarcnog peska „Ursule“

Rezultati granulometrijske analize rovnog kvarcnog peska su pokazali da je gornja granična krupnoća (ggk) kvarcnog peska „Ursule“ 1,98 mm, dok je srednji prečnik zrna (d_{50}) 0,64 mm. Rezultati hemijske analize klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“ i rovnog uzorka kvarcита „Velika Kruševica“ su prikazani u tabeli 1. Iz rezultata se vidi da je u kvarcnom pesku sadržaj SiO_2 83,99 %, dok je u kvarcitu 98,90 % što je i očekivano imajući u vidu da je kvarc glavni mineral u ovim sirovinama. Utvrđen je nešto veći sadržaj Fe_2O_3 u prvom redu kod kvarcnog peska, 1,82 %, dok je kod kvarcита 0,434 %. Sadržaj nosilaca gvožđa ističemo iz razloga što su veoma oštri kriterijumi u pogledu prisustva ovog elementa kod svih korisnika. Iz tih razloga je nekada neophodno izvršiti magnetnu separaciju kako bi se uklonili minerali nosioca gvožđa.

Tabela 1. Hemijska analiza klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“ i rovnog kvarcита „Velika Kruševica“

Komponenta	Kvarcni pesak	Kvarcít
	Sadržaj, %	
SiO_2	83,99	98,90
Al_2O_3	7,91	0,183
MgO	0,434	0,0094
CaO	1,344	0,238
Fe_2O_3	1,82	0,434
Na_2O	1,93	0,0076
K_2O	1,90	0,0165
TiO_2	0,34	<0,034
Gubitak žarenjem	1,71	0,20
Cr_2O_3	0,0044	0,0034

Mikroskopska analiza klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“ je pokazala sledeći mineralni sastav: kvarc, opaki (neprovidni) minerali, limonit-getit (skrame po primarnim mineralima), gline, liskuni, feldspati i karbonati (u tragu). Minerali kvarc i feldspati su najzastupljeniji u uzorku, uglavnom su alterisani (kaolinisani), slika 2, dok su liskuni i gline manje zastupljeni. Od akcesornih minerala prisutni su amfiboli, cirkon i apatit.

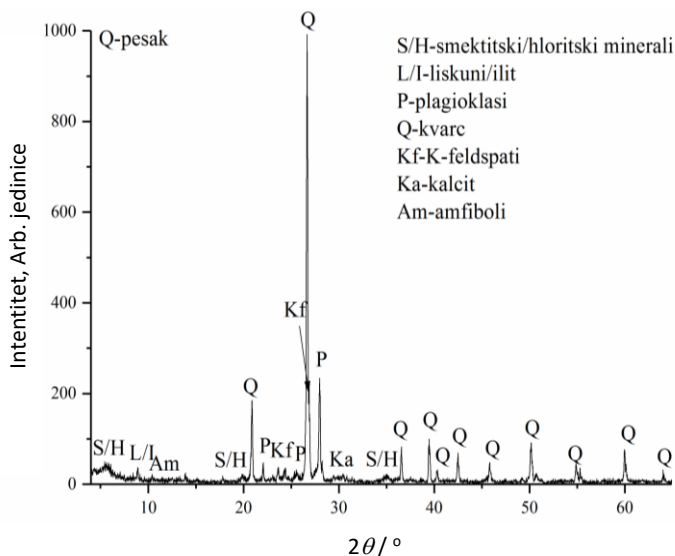


Slika 2. Mikrofotografije klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“ (imerzija ksilol): a) kvarc-feldspatska zrna (strelicama su obeležena alterisana zrna feldspata); razmernik: 100 μm ; b) inkluzija opakog minerala u kvarcu; razmernik: 50 μm

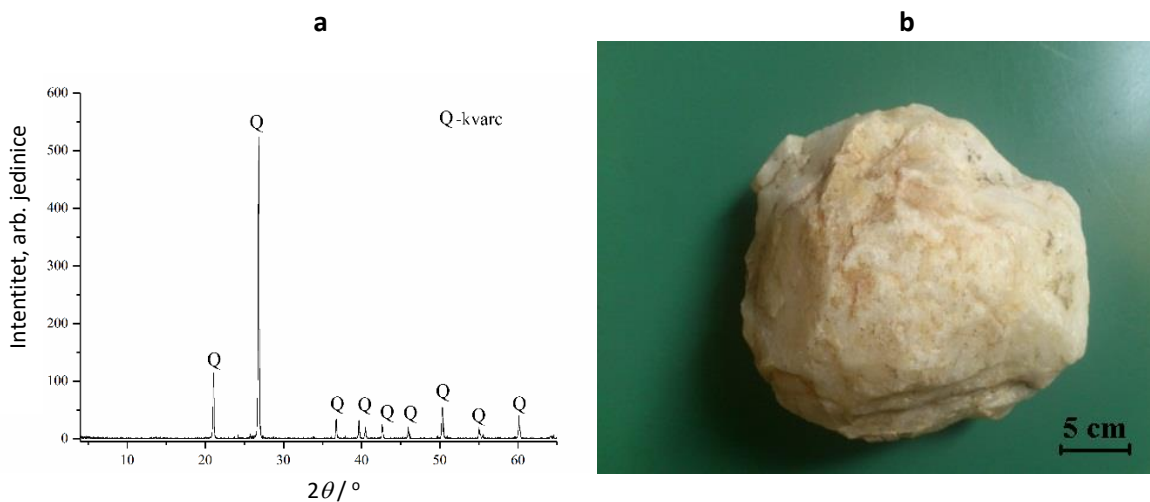
XRPD analizom klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska (slika 3) utvrđeno je prisustvo: kvarca, plagioklasa, K-feldspata, grupe smektitsko/hloritskih minerala, liskunsko/ilitске grupe minerala i kalcita. Najzastupljenija mineralna faza je kvarc. Plagioklasi su zastupljeniji u odnosu na K-feldspate, dok se minerali iz grupa smektiti/hloriti i liskuni/ilit javljaju u podređenim količinama. Kalcit je prisutan u tragovima.

Makroopis uzorka kvarcита „Velika Kruševica“: uzorak je bele boje sa vidljivim skramama oker minerala (limonit-getit), slika 4b. Reakcija na HCl ne postoji. Analizirani uzorak seče staklo, a boja ogreba je bela.

Metoda rendgenske difrakcije rovnog kvarcита „Velika Kruševica“ je pokazala prisustvo samo kvarca, dok su ostali minerali ispod praga detekcije za ovu metodu. Difraktogram ispitivanog uzorka dat je na slici 4a.

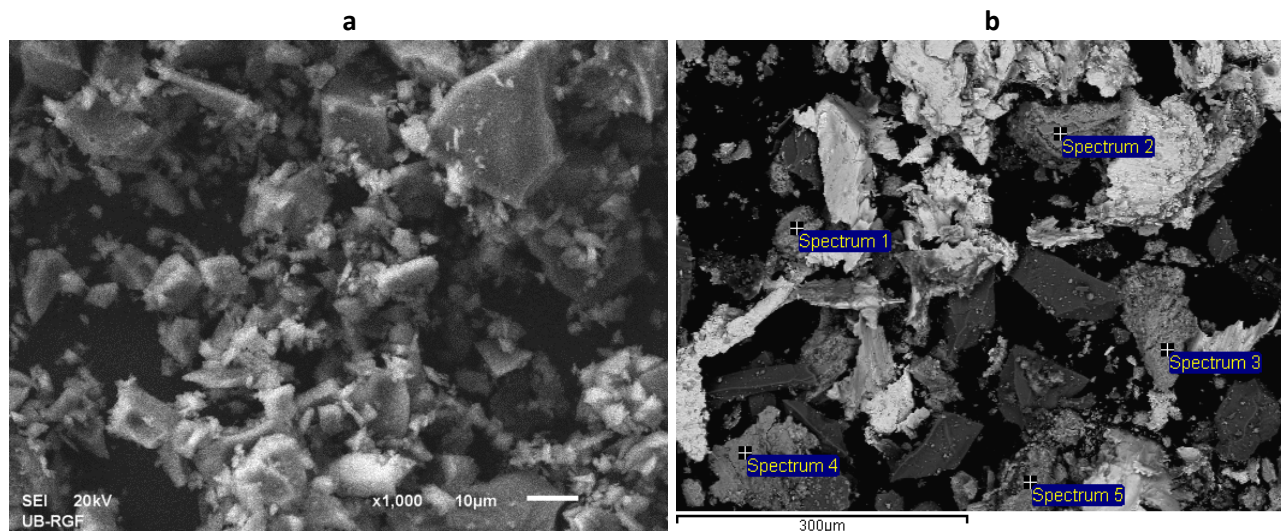


Slika 3. Difraktogram praha klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“



Slika 4. Rovni kvarciti „Velika Kruševica“: a) difraktogram praha; b) makrofotografija uzorka kvarcita „Velika Kruševica“

SEM analiza čistog uzorka kvarcita „Velika Kruševica“ i nečistoća prikazana je na slici 5.



Slika 5. SEM mikrografije rovnog kvarcita „Velika Kruševica“: a) čist uzorak kvarca i b) nečistoće limonit-getit

SEM je pokazala sledeći mineralni sastav: kvarc (najdominantniji), cirkon (akcesoran mineral), limonit-getit u tragovima (kao skrame po kvarcu) i opaki (neprovidni) minerali u tragovima (kao slobodni, ali i u vidu inkluzija u kvarcu).

3. 2. Primena kvarcnog peska „Ursule“ i kvarcita „Velika Kruševica“

U ovom delu rada prikazani su uporedo dobijeni rezultati hemijskih i mineraloških ispitivanja klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska i rovnog kvarcita kao i zahtevani kvalitet prema standardu za određenu primenu.

3. 2. 1. Primena kvarcnog peska u industriji građevinskih materijala

U oblasti građevinarstva kvarcni pesak se koristi za dobijanje betona, maltera, proizvoda za završne radove, kao silikatne komponente, zatim u proizvodnji silikatno krečne opeke i cementa [11,12]. Kao silikatni materijali najviše se upotrebljava kvarcni pesak sledećeg kvaliteta: 70-95 % SiO₂, max 2 % alkalija, max 5 % gline, max 3 % humusa i max 0,02 % hlorida [13]. Hemijska analiza klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“ je pokazala da u uzorku ima 83,99 % SiO₂ što znači da može da se koristi kao silikatna komponenta. Silikatno krečna opeka je proizvod koji se dobija na bazi kvarcnog peska, kreča i vode pod pritiskom u autoklavima. Da bi se kvarcni pesak koristio u ove svrhe ne sme da ima manje od 70 % SiO₂, sadržaj nečistoća max 8 % i krupnoću -2 mm [13]. Imajući u vidu da ispitivani kvarcni pesak ima 83,99 % SiO₂ (što je više od 70 %) konstatujemo da se može pripremiti i upotrebiti za dobijanje silikatno krečne opeke.

U proizvodnji cementa pored laporaca i krečnjaka, dodaje se i kvarcna sirovina zbog regulisanja neophodnog sadržaja SiO₂. Kvalitet kvarcnog peska za ove svrhe nije standardizovan, pa svaka fabrika cementa ima svoje kriterijume za njegov kvalitet. Iz tih razloga je neophodno kod korisnika izvršiti probu i tako ustanoviti primenjivost kvarcnog peska „Ursule“ za cementnu industriju.

3.2.2. Primena kvarcnog peska i kvarcita u industriji keramike

Kvarcne sirovine imaju primenu u industriji keramike [14]. U tabeli 2 su dati uporedo kriterijumi koje u pogledu hemijskog sastava moraju da ispune kvarcne sirovine da bi se koristile u industriji fine keramike i hemijski sastav kvarcnog peska i kvarcita koji su bili predmet ispitivanja u ovom radu.

Tabela 2. Tehnički uslovi kvaliteta u pogledu hemijskog sastava kvarcnog peska za dobijanje fine keramike

Uslovi kvaliteta kvarcnog peska sa nižim sadržajem karbonata prema SRPS B.B5.030							
R. Broj	Komponenta	Sadržaj, %			Ispitivanje prema standardu	Sadržaj dobijen u ovom radu, %	
		Klase				Kvarcni pesak „Ursule“	Kvarcit „Velika Kruševica“
		I	II	III			
1	SiO ₂ min	97,0	95,0	93,0	SRPS B.B8.050	83,99	98,90
2	Fe ₂ O ₃ , (najviše)	0,15	0,2	0,3		1,82	0,434
3	TiO ₂ (najviše)	0,1	0,1	0,15		0,34	0,034
4	CaO, (najviše)	0,3	0,6	1,0		1,344	0,238
5	MgO, (najviše)	0,2	0,5	0,5		0,434	0,0094
6	K ₂ O+Na ₂ O, (najviše)	0,2	0,3	0,5		1,93 +1,90	0,0165 +0,0076
7	Al ₂ O ₃ , (najviše)	1,0	1,2	1,5		7,91	0,183

Uslovi kvaliteta kvarcnog peska sa višim sadržajem karbonata prema SRPS B.B5.030						
R. Broj	Komponenta	Sadržaj, %		Ispitivanje prema standardu	Kvarcni pesak „Ursule“	Kvarcit „Velika Kruševica“
		Klase				
		I	II			
1	SiO ₂ min	97,0	95,0	SRPS B.B8.050	83,99	98,90
2	Fe ₂ O ₃ , (najviše)	0,1	0,1		1,82	0,434
3	K ₂ O+Na ₂ O, (najviše)	0,2	0,3		1,93+ 1,90	0,0165 +0,0076
4	CaO+MgO, (najviše)	1,5	3,5		1,344+0,434	0,238 +0,0094
5	Al ₂ O ₃ , (najviše)	0,7	0,2		7,91	0,183

Rezultati hemijske analize klase -0,63+0,1 mm kvarcnog peska „Ursule“ pokazuju da on nema potreban kvalitet da bi se koristio u proizvodnji keramike. Autori ovog rada smatraju da ni postupcima pripreme kao što su pranje i klasiranje nije moguće postići traženi kvalitet. Hemijski sastav kvarcita ukazuje na mogućnost primene u proizvodnji fine keramike pod uslovom da se prethodno visokogradijentnom magnetnom separacijom smanji sadržaj Fe_2O_3 sa 0,434 % na dozvoljeni sadržaj prema standardu.

3. 2. 3. Primena kvarcita u industriji vatrostralnih materijala

Kvarcit se koristi u industriji vatrostralnih materijala, pre svega proizvodnji silika proizvoda, [15], pri čemu mora da ispuni određene kriterijume u pogledu svog hemijskog sastava. U tabeli 3 su dati uporedo kriterijumi koje u pogledu hemijskog sastava mora da ispuni kvarcit da bi se koristio u vatrostralnoj industriji i hemijski sastav kvarcita koji je ispitivan u ovom radu.

Tabela 3. Tehnički uslovi kvaliteta kvarcita za upotrebu u proizvodnji silika proizvoda

Uslovi kvaliteta prema standardu SRPS B.F1.050			Ispitivanje prema standardu	Rezultat dobijen u ovom radu, kvarcit „Velika Kruševica“
Fizičko-hemijska svojstva	Oznaka			
	KI, (za silika proizvode)	KII, (za vatrostralne proizvode)		
Vatrostalnost	Najmanje 174	172	SRPS B.D8.301	
Gubitak žarenjem, %	Najviše 0,5	Najviše 0,5		0,2
Sadržaj SiO_2 , %	Najmanje 98,5	97,5		98,90
Sadržaj Al_2O_3 , %	Najviše 1,0	1,5		0,183
Sadržaj Fe_2O_3 , %	Najviše 0,6	1,0	SRPS B.D8.200	0,434
Sadržaj CaO, %	Najviše 0,3	0,5		0,238
Sadržaj MgO, %	Najviše 0,1	0,3		0,0094
Gustina, najmanje, g/cm^3	2,63	2,63	SRPS B.D8.301	

Na osnovu rezultata ispitivanja hemijskog sastava kvarcita „Velika Kruševica“ može se konstatovati da on može da se koristi u industriji vatrostralnih materijala uz dodatno određivanje vatrostalnosti i gustine [16]. Da bi se započela proizvodnja potrebno je sa jedne strane pronaći korisnika ili kupca i proveriti dodatne uslove koje oni eventualno postavljaju, a sa druge strane, obaviti istraživanje radi definisanja rezervi ove sirovine, načina eksploatacije i dr. Osim kvaliteta propisanog standardom svaka firma koja koristi kvarcit u oblasti proizvodnje vatrostralnih materijala zadržava pravo da za određene osobine ima svoje zahteve u pogledu kvaliteta koji su svojstveni samo za tu kompaniju. Tako na primer firma „Vatrom“ Busovača (Bosna i Hercegovina), [17], koja koristi mikronizirani kvarcit ima jasno definisan granulometrijski sastav i to: <20 μm min 50 %; <32 μm min 72 % i <63 μm min 90 %. Takođe, postoji tačno propisan hemijski sastav kvarcita: SiO_2 min 99 %; Al_2O_3 najviše 0,3 %; Fe_2O_3 najviše 0,16 %; CaO+MgO najviše 0,21 %; gubitak žarenjem najviše 0,3 %; vatrostalnost 32-34 SK.

3. 2. 4. Primena kvarcnog peska i kvarcita u industriji stakla

Kvarcni pesak i kvarcit imaju primenu i u indistriji stakla [18] ali je neophodno da ispunjavaju uslove kvaliteta koji su propisani određenim standardom. U tabeli 4 su prikazani tehnički uslovi kvaliteta u pogledu hemijskog sastava staklarskog peska, a prema standardu SRPS B B5 020.

Ispitivana klasa kvarcnog peska -0,63+0,1 mm ima značajna odstupanja u pogledu sadržaja pojedinih komponenti od potrebnih prema standardu SRPS B.B5.020 te se ne može koristiti u staklarskoj industriji bez prethodne koncentracije. Što se tiče hemijskog sastava kvarcita zapaža se veće prisustvo oksida metala koji daju boju staklu kao što su oksidi Fe i Cr, pa se iz tih razloga ne može svrstati ni u V klasu. Takođe, zbog visokog sadržaja oksida Fe ovaj kvarcit ne može da se koristi u industriji stakla. Neophodna su ispitivanja sa ciljem smanjenja sadržaja Fe_2O_3 .

Tabela 4. Tehnički uslovi kvaliteta u pogledu hemijskog sastava staklarskog peska

Klasa	Sadržaj, %								boja stakla
	SiO ₂ min.	Al ₂ O ₃ max.	Fe ₂ O ₃ max.	TiO ₂ max.	Cr ₂ O ₃ max.	CaO+MgO max.	K ₂ O + Na ₂ O max.	g. ž. max.	
I	99,90	100 ppm	50 ppm	30 ppm	0,30 ppm				
II	99,60	0,20	0,015	0,02	0,0001	0,05	0,03	0,10	
III	99,30	0,25	0,012	0,03	0,0002	0,08	0,05	0,15	bezbojno
IV	99,10	0,30	0,03	0,05	0,0003	0,12	0,10	0,20	
V	98,90	0,55	0,06	0,08	0,0008	0,15	0,12	0,25	
VI	98,50	0,70	0,08	0,10	0,001	0,20	0,15	0,28	belo
VII	98,00	0,85	0,10	0,15	0,02	0,30	0,25	0,35	polubelo
VIII	97,00	1,30	0,15	0,20	0,02	0,40	0,50	0,40	
IX	96,00	1,50	0,20	0,25	0,05	0,50	0,80	0,50	obojeno
X	95,00	2,50	0,30	0,30	0,08	0,60	1,00	0,60	
Kvalitet kvarcnog peska „Ursule“	83,99	7,91	1,82	0,34	0,0044	1,344 +0,434	1,90 +1,93	1,71	ne
Kvalitet kvarcита „Velika Kruševica“	98,90	0,183	0,434	0,034	0,0034	0,238 +0,0094	0,0165 +0,0076	0,2	V klasa

*Metoda određivanja hemijskog sastava je data u SRPS B.B8.050

3. 2. 5 Primena kvarcnog peska u proizvodnji vodenog stakla

Za proizvodnju vodenog stakla koristi se kvarcni pesak. Tako na primer firma „Alumina“ d.o.o. Zvornik (Bosna i Hercegovina) u okviru svog proizvodnog programa nudi između ostalog i vodenog staklo. Za njegovu proizvodnju koristi kvarcni pesak sa tačno definisanim hemijskim sastavom [19]. U tabeli 5 je uporedo prikazan zahtevani kvalitet kvarcnog peska za upotrebu u proizvodnji vodenog stakla u firmi „Alumina“ i kvalitet kvarcnog peska „Ursule“.

Tabela 5. Hemijski sastav kvarcnog peska klase -0,63+0,1 mm i zahtevani hemijski sastav od strane firme „Alumina“

Komponenta	Zahtevani kvalitet [19]	Kvarcni pesak „Ursule“
	Sadržaj, %	
SiO ₂	min 99,00	83,99
Fe ₂ O ₃	max 0,04	1,82
TiO ₂	max 0,10	0,34
Cr ₂ O ₃	max 0,0001	0,0044
Al ₂ O ₃	max 0,50	7,91
G.ž.	0,25	1,71
K ₂ O	max 0,3	1,90
MgO	max 0,02	0,434
CaO	max 0,2	1,344
Na ₂ O	max 0,1	1,93

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5 ispitivani uzorci kvarcnog peska imaju značajna odstupanja u pogledu sadržaja pojedinih komponenti od potrebnih za proizvodnju vodenog stakla i stoga se kao takav ovaj pesak ne može koristiti u ovom proizvodnom procesu [20].

3. 2. 6. Primena kvarcита u metalurgiji

Za dobijanje legure ferosilicijuma metalurškim postupkom koriste se kvarciti, redukciono sredstvo u vidu koksa i otpaci čelika [21]. U tabeli 6 je uporedo prikazan zahtevani kvalitet kvarcита za primenu u metalurgiji i kvalitet ispitivanog kvarcита „Velika Kruševica“.

Tabela 6. Kvalitet kvarcita za upotrebu u metalurgiji [21] i ispitivanog kvarcita u ovom radu

Komponenta	Zahtevani kvalitet kvarcita	Kvarcit „Velika Kruševica“
	Sadržaj, %	
SiO ₂	min 96,00	98,90
Al ₂ O ₃	0,50-1,00	0,183
Fe ₂ O ₃	0,30-1,00	0,434
CaO	0,20-1,00	0,238
MgO	0,05-5,00	0,0094
Vlaga	najviše 3,00	-
Veličina	25-120 mm	-

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 6 vidi se da kvalitet kvarcita zadovoljava kriterijume za primenu u metalurgiji.

3. 2. 7. Primena kvarcnog peska u livarstvu

U oblasti metalurgije za izradu kalupa za jednokratnu upotrebu koristi se mešavina kvarcnog peska i gline uz dodatak vode. Kvalitet kvarcnog peska definiše standard SRPS B.B5.011 [4]. U tabeli 7 su prikazani uslovi kvaliteta kvarcnog peska prema ovom standardu, kao i kvalitet peska „Ursule“. Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 7 može se konstatovati da ispitivani uzorak kvarcnog peska „Ursule“ ima značajna odstupanja u pogledu sadržaja pojedinih komponenti od potrebnih za livački pesak, a prema standardu SRPS B.B5.011, pe se zato ne može koristiti u ove svrhe.

Tabela 7. Uslovi kvaliteta i metode ispitivanja livačkog kvarcnog peska

Uslovi kvaliteta kvarcnog peska prema SRPS B.B5.011			
Svojstvo	Potreban uslov	Ispitivanje prema standardu	Kvalitet kvarcnog peska „Ursule“
Gubitak žarenjem na 900°C, %	Maksimalno 0,2	SRPS B.B8.050	1,71
Hemijski sastav			
Oznake peska prema hemijskom sastavu	Sadržaj SiO ₂ , %	Sadržaj štetnih primesa (K ₂ O, Na ₂ O, CaO, MgO, Fe ₂ O ₃), %	Ispitivanje prema standardu
Slab	<90	>5	SRPS B.B8.050
Dovoljan	>90	<5	
Dobar	>94	<3	
Vrlo dobar	>96	<2	
Odličan	>98	<1	
Kvalitet kvarcnog peska „Ursule“	83,99	1,9+1,93+1,344+0,344+0,344 = 5,862	

3.2.8. Primena kvarcnog peska za filtere za prečišćavanje vode

Kvarcni pesak se koristi za prečišćavanje vode namenjene za ljudsku upotrebu [4,22]. Kvalitet kvarcnog peska za ovu namenu je definisan standardima SRPS EN 12902:2010 i SRPS EN 12904:2010. Sadržaj SiO₂ prema standardu mora da bude veći od 96 %, međutim ispitivani uzorak ima 83,99 % SiO₂. Takođe, sadržaj primesa kao što su glina, krečnjak, liskun, feldspat i minerali Fe, je veći od 4 %, a uz to i sadržaj neorganskih primesa je veći od 0,5 %, što su maksimalno dozvoljene granice propisane standardom. Da bi kvarcni pesak „Ursule“ mogao, eventualno da se koristi za ovu namenu neophodno je primeniti postupke pripreme za ovu sirovinu kao što su: pranje, klasiranje i magnetna separacija.

3. 2. 9. Kvalitet kvarcnog peska za peskarenje

Kvalitet kvarcnog peska sa aspekta hemijskog sastava za peskarenje nije standardizovan, ali je važan oblik zrna. Bolji je kvarcni pesak koji se dobija drobljenjem ili mlevenjem kvarcita, jer ima oštrije ivice od prirodnog rastresitog peska koji uglavnom ima zaobljen oblik zrna [2]. U zavisnosti od površine koja se peskari koristi se kvarcni pesak određenog granulometrijskog sastava. Za tanje ili mekše površine koje se peskare koriste se sitniji asortimani, a za deblje i tvrđe

krupniji. Najčešće se koriste asortimani od 0,3 do 1,5 mm [23]. Za kvarcni pesak „Ursule“ potrebna je proba kod korisnika radi utvrđivanja njegove primene.

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati ispitivanja kvarcnih sirovina sa područja opštine Rekovac, kvarcnog peska „Ursule“ i kvarcita „Velika Kruševica“. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da se od kvarcnog peska ovog kvaliteta može dobiti materijal koji zadovoljava kriterijume za primenu u industriji građevinskih materijala za dobijanje betona, maltera i proizvoda za završne radove u građevinarstvu. Takođe, postoji mogućnost da se kvarcit ovog lokaliteta može koristiti u industriji vatrostalnih materijala i u metalurgiji. Potrebna su detaljna ispitivanja na ovim sirovinama da bi se dala konačna ocena o njihovoj eventualnoj valorizaciji za pojedine industrijske grane.

Zahvalnica: Rad je rezultat projekta br. TR 34013 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu 2011-2019.

LITERATURA

- [1] Ljubica M. Pavlović, Milenko V. Nikolić, Dragoljub A. Milić, Miodrag A. Gajić, Mirjana A. Djuričić, Božidar T. Branković, Predrag R. Martinović, Magdalena R. Tomašević, Milutin B. Dumić, Vladimir D. Živanović, Đorđe M. Skendžić, Miloš D. Opačić, Ljubiša D. Andrić, Petar S. Krstović, Branislav A. Matejević. Domaće nemetalne sirovine za primenu u privredi. Beograd: ITNMS; 1993. (in Serbian)
- [2] Pavlica J, Draškić D. Priprema nemetalnih mineralnih sirovina. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu; 1997. (in Serbian)
- [3] Platias S, Vatalis Kl. Charalampides G. Suitability of quartz sands for different industrial applications. *Procedia Econ. Financ.* 2014; 14: 491-498.
- [4] Sekulić Ž. Kalcijum karbonatne i kvarcne mineralne sirovine i njihova primena. Beograd: ITNMS; 2011. (in Serbian)
- [5] Sekulić Ž, Canić N, Ignjatović M. Improvement of technological process of quartz sand and feldspar production. In: *Proceedings of 5th Conference on Environment and Mineral Processing, Part II. Ostrava, Czech Republic, 2000*, pp. 677-680.
- [6] Sekulić Ž, Ignjatović M, canić N, Bartulović Z. The concentration procedure depending on mineralogical and chemical composition of raw quartz sand. In: *Proceedings of 36th International October Conference on Mining and Metallurgy. Bor, Serbia, 2004*, pp. 236-242.
- [7] Sekulic Ž, Canic N, Bartulovic Z, Mihajlovic S, Dakovic A. Valorization of Quartz sand from "Avala"- Ub Deposit with different Mineral Processing and Concentration Procedures. In: *Proceedings of X Balkan Mineral Processing Congress. Varna, Bulgaria, 2003*, pp. 627-632.
- [8] Sekulić Ž, Canić N, Bartulović Z, Milošević V, Mihajlović S. Kvarcni pesak ležišta "Avala"- Ub kao sirovina za staklarsku industriju. *Izgradnja.* 2002; 56: 415-418. (in Serbian)
- [9] Sekulić Ž, Bartulović Z, Canić N, Todorović D. Laboratorijska ispitivanja efikasnosti magnetske koncentracije kvarcnog peska za potrebe staklarske industrije. *Zbornik radova XVIII Simpozijum o pripremi mineralnih sirovina sa međunarodnim učešćem. Banja Vrujci, Srbija, 2002*, str. 181-185. (in Serbian)
- [10] Đorđević V, Đorđević P, Milovanović D. Osnovi petrologije. Beograd: Nauka; 1991. (in Serbian)
- [11] Kumar S, Gupta R, Shrivastava S, Csetenyi L. Preliminary study on the use of quartz sandstone as a partial replacement of coarse aggregate in concrete based on clay content, morphology and compressive strength of combined gradation. *Constr Build Mater.* 2016; 107: 103-108.
- [12] Kumar S, Gupta R, Shrivastava S. Long term studies on the utilisation of quartz sandstone wastes incement concrete. *J Clean Prod.* 2017; 143: 634-642.
- [13] Brzaković P. Priručniku za građevinske materijale. Beograd: Orion art; 2000. (in Serbian)
- [14] Kouras N, Harabi A, Bouzerara F, Foughali L, Policicchio A, Stelitano S, Galiano F, Figoli A. Macro-porous ceramic supports for membranes prepared from quartz sand and calcite mixtures. *J Eur Ceram Soc.* 2017; 37: 3159-3165.
- [15] Hussein Hameed K, Hisham K. A, Oday A. Using Quartzite Rocks for Manufacturing Refractory Silica Bricks To Resist Concentrated Acids. *Conference comprehensive research theses, Implementations of postgraduate s researches to serve the Society, Al-Mustansiriya University, College of Engineering. Volume: Special Issue Engineering and Development Journal, Al-Mustansiriya University, College of Engineering.* 2012.
- [16] Kostić-Gvozdrenović Lj, Ninković R. Neorganska hemijska tehnologija, Beograd: TMF; 1987. (in Serbian)
- [17] Vatrom, Busaovača. www.vatrom.webs.com. Accessed March 28, 2019
- [18] Dararutana P, Chetanachan P, Wathanakul P, Sirikulrat N. Investigations on local quartz sand for application in glass industry. *ADGEO.* 2009; 23-29.
- [19] Alumina d.o.o. <http://www.aluminazv.ba>. Accessed March 28, 2019



- [20] ITNMS, Glavni tehnološki projekat "Poluindustrijsko postrojenje za proizvodnju amorfnoq kvarcnog stakla", Beograd, 1987. (in Serbian)
- [21] Đorđević S. Elektrometalurgija. Beograd: TMF; 1972. (in Serbian)
- [22] Huisman L, Wood WE. Chapter 2. Filtration of Water Supplies. Slow sand Filtration. Geneva: World Health Organization; 1974.
- [23] Viskol. <http://www.visikol.com>. Accessed March 28, 2019

SUMMARY

Investigations of quartz raw materials from the locality of Rekovac municipality

Slavica R. Mihajlović, Živko T. Sekulić, Jovica N. Stojanović, Vladan D. Kašić, Iroslav D. Sokić, Marina S. Blagojev

Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Franchet d'Esperey 86, 11000 Belgrade, Serbia

(Technical paper)

Quality of raw materials, including quartz sand and quartzite, varies from one deposit to another. Furthermore, the material quality determines in which industrial branches it can be used after certain preparation processes. Potential applications of quartz raw materials are: in the construction and refractory industry, ceramics and glass industry, then in metallurgy, foundry and also in production of water treatment filters. Geological investigations of the central Serbia region, in the Rekovac municipality, resulted in identification of occurrence of quartz sand ("Ursula") and quartzite ("Velika Kruševica"). Preliminary laboratory tests and characterization of the quartz sand size fraction $-0.63+0.1$ mm confirmed the possibility of applying this size fraction in the construction materials industry, while the quartzite can be used in refractory, glass and metallurgy industries. After determining the geological reserve of quartz sand "Ursula" and quartzite "Velika Kruševica", detailed investigations are required. Quality conditions from the aspect of chemical composition and physical properties of quartz sand and quartzite are mostly clearly defined by a special standard for this purpose. On the other hand, there are also application areas where standards does not exist, but users define their quality conditions. This example is with the application of quartz sand in the production of water glass. Chemical composition as well is not always the determining factor for the application of quartz raw material. For example, for quartz sand used for sandblasting, grain form is essential. From the economic analysis point of view, the prices of quartz raw materials vary depending on their chemical and physical properties. After all, what needs to be pointed out is the fact that these raw materials are very widespread in nature and that their exploitation is quite simple. After the raw material is excavated, it is stored and further sieved, washed, dried and processed according to customer requirements. All of these processes are cheaper than preparing, for example, limestone, and significantly cheaper than preparation of metal ores.

Keywords: quartz sand, quartzite, construction materials, refractory materials, glass, metallurgy