

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog kamena (TGK) Hercegovine (i šire)

**Tomislav Marić**

„IGH“ d.o.o. Mostar, dipl. ing. građ., tomislav.marić@igh.ba

**Jelena Radić Kustura**

„IGH“ d.o.o. Mostar, dipl. ing. građ., jelena.radic\_kustura@igh.ba

**Sažetak:** Ovaj rad je nastavak radova objavljenih prije 10 godina koji su obuhvatili rezultate ispitivanja dobivene kroz razdoblje od 1997. do 2013. godine. Rad prikazuje rezultate ispitivanja dobivene kroz razdoblje od 2013. do 2023. godine. Autori temeljem znanstvene metodologije, korištenja relevantne literature kao i ispitnih laboratorijskih metoda analiziraju i vrjednuju dobivene rezultate ispitivanja prirodnog kamena kao elementarne sirovine za proizvodnju arhitektonsko-građevnog kamena (AGK) i tehničko-građevnog kamena (TGK). Rezultati ispitivanja temelje se na važećim ispitnim metodama. U radu su prikazana nalazišta prirodnog kamena za proizvodnju AGK i TGK, te rezultati ispitivanja njihovih fizikalno-mehaničkih svojstava kao osnovni kriterij za vrjednovanje.

**Ključne riječi:** arhitektonsko-građevni kamen, AG kamen, AGK, tehničko-građevni kamen, TG kamen, TGK, ispitivanje, Bosna i Hercegovina, kamenolomi

## Analysis and evaluation of dimension stone and crushed stone aggregate of Herzegovina (and beyond)

**Abstract:** This paper is a continuation of papers published 10 years ago, which covered the tests results obtained during the period from 1997 to 2013. The paper presents the test results obtained during the period from 2013 to 2023. Based on scientific methodology, the use of relevant literature as well as laboratory test methods, the authors analyze and evaluate the obtained results of testing natural stone as a basic raw material for the production of dimension stone (DS) and crushed stone aggregate (CSA). Test results are based on applicable test methods. The paper presents natural stone deposits for the production of DS and CSA, as well as the results of testing their physical and mechanical properties as the basic evaluation criteria.

**Keywords:** dimension stone, DS, crushed stone aggregate, CSA, testing, Bosnia and Herzegovina, quarries

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

### 1. UVOD

Rezultati ispitivanja arhitektonsko-građevnog kamena (AGK) i tehničko-građevnog kamena (TGK) iz ležišta s područja Hercegovine, središnje i jugozapadne Bosne, koja su izvršena u laboratoriju „IGH-Mostar“ d.o.o. Mostar u razdoblju od 1997. do 2013. godine prikazana su u radu na 1. simpoziju „Hercegovina - zemlja kamena“ (2013.).

U ovom radu su prikazani rezultati fizikalno-mehaničkih ispitivanja svojstava AGK i TGK provedenih posljednjih 10 godina (2013.-2023.) u Centralnom laboratoriju (CL) „IGH“ d.o.o. Mostar, koje je nasljednik poduzeća „IGH-MOSTAR“, te kontinuirano radi na poboljšanju i povećanju obima laboratorijskih usluga. Poduzeće ima status akreditacije prema *BAS EN ISO/IEC 17025:2018 - Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija*, sa 22 akreditirane ispitne metode od njih ukupno preko 80. U CL-u se većinom ispituju uzorci prirodnog kamena iz Hercegovine (od Gruda na zapadu do Foče na istoku), jugozapadne i središnje Bosne, te kamenoloma u okolici Sarajeva. Također se ispituju i uzorci uvoznog kamena.

### 2. O AGK I TGK

Prema osnovnoj definiciji, AGK je kruta nemetalna mineralna sirovina koja se koristi u građevinarstvu za uređivanje unutarnjih i vanjskih, vodoravnih ili okomitih površina, ovisno o svojstvima i zahtjevima. Kroz povijest, prirodni kamen je dugo vremena se koristio kao glavni nosivi element pri izgradnji brojnih građevina (vjerski objekti, stambeni objekti, objekti infrastrukture - mostovi, amfiteatri, potporni zidovi,...). U posljednje vrijeme glavna uloga kamena, odnosno AGK je oblaganje vodoravnih i okomitih površina odnosno korištenje za zaštitu i dekorativno uređenje nosivih konstrukcija izgrađenih od drugih konstruktivnih materijala.

Obzirom na petrografsku građu, svojstva i trajnost, razlikuju se:

- karbonatni kamen (vapnenac, dolomit, mramor) koji je nepostojan u kiselim medijima, brzo korodira u industrijskoj atmosferi koja sadrži  $SO_2$ , polagano se otapa u prirodnim vodama u kojima ima slobodnog  $CO_2$ , te se raspada na visokim temperaturama oslobađajući  $CO_2$ ;
- silikatni kamen (granit, gnajs, gabro), koji ima veliku korozivnu postojanost u atmosferi i u vodi, a sa sadržajem slobodnog i vezanog  $SiO_2$  povećava se i njegova otpornost na kisele sredine (iznimka su otopine HF koje otapaju  $SiO_2$ ).

Komercijalno, na našem i inozemnom tržištu uobičajena je podjela:

- graniti obuhvaćaju sve silikatne stijene bez obzira na njihovu genezu, prvenstveno magmatske i metamorfne. Osim rijetkih iznimki mogu zadovoljiti i najstrože tehničke kriterije interijera i eksterijera, bez obzira na veličinu opterećenja. Ova skupina ujedinjuje sve izrazito tvrde silikatne stijene za obradu kojih se koristi tehnologija obrade granita. Zajedničko im je svojstvo trajnost, nepromjenjivost izgleda, čak i obojenih varijeteta koji sadrže stabilne prirodne pigmente. Najvećim dijelom glačaju se i poliraju do visokog sjaja, ali im se površine lica mogu obraditi i na druge načine, primjerice termički. Obzirom na fizikalno-mehanička svojstva, imaju vrlo široku primjenu za oblaganje vodoravnih i okomitih površina eksterijera i interijera, za spomen-obilježja i arhitekturu groblja;
- mramori obuhvaćaju sve karbonatne stijene bez obzira na genezu, kako sedimentne (vapnenci i dolomiti), tako i mramore u petrološkom smislu, dakle metamorfne stijene. Zbog izraženih različitih fizikalno-mehaničkih svojstava u odnosu na silikatni kamen, karbonatni kamen zahtjeva dobro poznavanje razlika među pojedinim varijetetima što uzrokuje različito ponašanje na objektima. Tako na pr., isti varijetet kamena (komercijalno "mramor") različito se troši i oštećuje na različitim mjestima ugradbe. Dakle, karbonatni kamen se odlikuje velikom anizotropnošću koja se ogleda u (mikro) slojevitosti, stilolitizaciji i škrljavosti, te sadržaju

Marić, T., Radić Kustura, J.

## **Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

sastojaka različitih veličina i oblika. Najveće razlike su u upijanju vode i otpornosti na habanje, što pored mineralnog sastava, odlučujuće utječe na njegovu primjenu. Ova skupina ujedinjuje kategorije tvrdih i srednje tvrdih karbonatnih, kalcitnih i dolomitnih stijena sedimentnog i metamornog postanka. To su stijene koje se vrlo dobro i relativno lako obrađuju tehnologijom obrade mramora. Ovisno o fizikalno-mehaničkim svojstvima, imaju užu ili širu primjenu. Nepostojani su prema djelovanju atmosferilija, posebno u urbanom okolišu, kad glačane površine gube sjaj, a stalnost boje ovisi o stabilnosti prirodnog pigmenta. Kamen ove skupine u prvom redu je je kamen interijera, bez obzira na to što se veći broj vrsta obilno koristi i za oblaganje eksterijera.

Prema drugoj podjeli, koja je znatno proširena i praktičnija za primjenu (autor N. Bilbija), razlikujemo sedam grupa stijena: graniti, mramori, meke stijene, travertini, oniksi, škriljavci i pješčenjaci.

Smisao ovih i drugih podjela je bolje upoznavanje i pravilan odabir vrste kamena kako bi se bolje očuvala njegova nosivost, trajnost i dekorativnost, te da se izbjegnju greške u izboru i načinu uporabe.

Tehničko-građevni kamen (TGK) je kamen koji se minira, mehanički drobi i usitnjava, a koristi se kao: drobljeni kamen za održavanja cesta, drobljeni kamen za izradu donjeg ustroja cesta (nosivih slojeva), kamena sitnež za izradu bitumeniziranog materijala na cestama, kameni agregat za izradu betona, tucanik za izradu zastora željezničkih pruga, lomljeni kamen za zidanje, za izradu obaloutvrda i vodopropusta, te kao sirovina za proizvodnju drugih raznih građiva, poput veziva i termoizolacijskih materijala. Osim u građevinarstvu, koristi se u metalurgiji, proizvodnji abrazivnih sredstava, poput punila u proizvodnji boja, lakova, polimera i papira, za mineralna gnojiva, keramiku, lijekove, itd. Za svaki slučaj namjene taj je kamen zdrobljen, mljeven, usitnjen ili lomljen u nepravilne komade većih dimenzija. Mora imati određena fizikalno-mehanička svojstva, granulometrijski sastav i čistoću.

### **3. GLAVNI NOSITELJI EKSPLOATACIJE AGK I TGK NA PODRUČJU HERCEGOVINE**

Teritorijalno najviše rasprostranjen kamen na području Hercegovine (gotovo 80 %), i šire, koji se i najviše koristi u građevinarstvu je vapnenac. Na području Hercegovine djeluje više tvrtki koje se bave eksploatacijom i preradom AGK.

<b>Općina / Grad</b>	<b>Kamenolomi</b>
Općina Posušje	Paljevine Vlake, Vinjani, Dočić-Ričina, Bukovac B, Bosiljna, Radovanj, Rakitno
Grad Ljubuški	Crveni Grm, Bokočuša - Crveni Grm, Cerno
Grad Široki Brijeg	San - lokalitet Muša, Ivankovića Dolac, Kusačko Brdo, Vidikovac - Polugrno
Općina Jablanica	Ploče, Car, Suljo Čilić
Grad Mostar	Ortiješ
Općina Ravno	Ivanica - Štitar
Općina Berkovići	Lokalitet Rudine (Kremnice)

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrijednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

Važnije lokacije i eksploatacijski objekti AGK u Hercegovini i šire prikazani po poduzećima nositeljima koncesija su:

Poduzeće / tvrtka	Kamenolom i geodetski položaj X; Y
Ukraskamen d.d. Posušje	Ćesića Draga (stara eksploatacijska polja bez trenutne eksploatacije, X=4 809 420; Y=6 449 950)
Ukraskamen d.d. Posušje	Gradac (stara eksploatacijska polja bez trenutne eksploatacije, X=4 809 420; Y=6 449 950)
Sediment d.o.o. Posušje	Strana-Ćesića Draga (istraženi prostor u fazi ishođenja dozvola površine 0,7 ha, X=4 809 755; Y=6 448 650)
Plava vječnost d.o.o.	Vignjiština (istraženi prostor u fazi ishođenja dozvola površine 2,4 ha, X=4 808 848; Y=6 449 974)
Lager d.o.o.	Osoje (istraženi prostor u fazi ishođenja dozvola površine 3,9 ha, X=4 812 28; Y=6 443 461)
INKA d.o.o. Ljubuški	Crveni Grm P (površina eksploatacijskog polja 1,0 ha, X=4 718 000; Y=6 459 950)
DINARAKAMEN d.o.o. Široki Brijeg	Tvrda Ljut-Kusačko Brdo (površina eksploatacijskog polja 7,2 ha, X=4 807 945; Y=6 461 335)
DINARAKAMEN d.o.o. Široki Brijeg	San (površina eksploatacijskog polja 4,3 ha, X=4 811 945; Y=6 455 956)
T.A.J.M. d.o.o. Široki Brijeg	Osoje (površina eksploatacijskog polja 2,1 ha, X=4 807 500; Y=6 453 100)
Kamenica d.o.o. Široki Brijeg	Kamenice (istraženi prostor u fazi ishođenja dozvola površine 2,4 ha, X=4 807 890; Y=6 462 299)
Granit d.d. u stečaju Jablanica	Majdan, Ploča, Bukov Pod
Granit Industry d.o.o. Jablanica	Ploča, Staro Haldovište
Štitar d.o.o. Ravno	Začula - Ivanica
Kremnice d.o.o.	Rudine

TGK se istražuje i eksploatira na velikom broju ležišta širom Hercegovine. Praktično neograničene su zalihe vapnenca, iako postoje detaljno propisani uvjeti koje treba zadovoljiti prije sustavne eksploatacije. No vrijednost agregata, kao finalnog proizvoda, ne podnosi duge transportne duljine, te mu je potrošnja regionalnog karaktera. Odobrena eksploatacijska ležišta tehničko-građevnog kamena po općinama su:

Općina / Grad	Kamenolomi
Općina Posušje	Paljevine Vlake, Vinjani, Dočić-Ričina, Bukovac B, Bosiljna, Radovanj, Rakitno
Općina Grude	Platica Otok, Cerov Dolac
Grad Ljubuški	Crveni Grm, Bokočuša - Crveni Grm, Cerno
Grad Široki Brijeg	San - lokalitet Muša, Ivankovića Dolac, Kusačko Brdo, Vidikovac - Polugrno
Općina Čitluk	Dubrave - lokalitet Blizanci, Vlake - lokalitet Cerno
Općina Tomislavgrad	Cebara
Općina Livno	Lazine, Podgradina
Općina Kupres	Grguljača, Lisičić

Marić, T., Radić Kustura, J.

**Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

Općina Prozor-Rama	Podbor
Grad Mostar	Mokri Do - Miljkovići, Krivodol, Bijela, Grabovica, Sirge - Raška Gora, Zukulja (Kuti Livač)
Općina Ravno	Orahov Do, Začula
Općina Ljubinje	Vođeni i Strujići
Općina Bileća	Drakuljica
Grad Trebinje	Lučin Do
Općina Nevesinje	Majdan Bojište
Općina Berkovići	Lokalitet Rudine (Kremnice)

Važnije lokacije i eksploatacijski objekti TGK u Hercegovini i šire prikazani po poduzećima nositeljima koncesija su:

**Poduzeće / tvrtka**

**Kamenolom i geodetski položaj X; Y**

Mrvelji d.o.o. Posušje	Paljevine–Vlake 7-14 (površina eksploatacijskog polja 8,9 ha, X=4 817 725; Y=6 441 800)
Point d.o.o. Posušje	Paljevine–Vlake 1-7 (površina eksploatacijskog polja 5,6 ha, X=4 818 027; Y=6 441 800)
KTM-Brina d.o.o.	Vinjani (površina eksploatacijskog polja 2,4 ha, X=4 818 380; Y=6 441 210)
Lager d.o.o. Posušje	Bosiljna (površina eksploatacijskog polja 4,9 ha, X=4 822 565; Y=6 458 884)
Putovi d.o.o. Grude	Cerov Dolac (površina eksploatacijskog polja 5,4 ha, X=4 797 857; Y=6 454 765)
Platica Žurkovača d.o.o. Grude	Platica-Otok (površina eksploatacijskog polja 6,8 ha, X=4 801 752; Y=6 442 988)
INKA d.o.o. Ljubuški	Crveni Grm (površina eksploatacijskog polja 7,5 ha, X=4 780 300; Y=6 460 000)
Graming d.o.o. Široki Brijeg	Polugrno (istraženi prostor u fazi ishoda dozvola, X=4 797 857; Y=6 454 765)
HP Investing d.o.o. Mostar	Bijela
Vran Dukić d.o.o. Tomislavgrad	Cebara
Livnoputovi d.o.o. Livno	Lazine
Promark d.o.o. Mostar	Mokri Do - Miljkovići (površina eksploatacijskog polja 8,16 ha, X=4 818 380; Y=6 481 201)
Beton Kop d.o.o. Mostar	Krivodol
GS Građenje d.o.o. Prozor - Rama	Podbor
Granit d.d. u stečaju Jablanica	Polje 1: Suljo Čilić, Car, Ploče (površina eksploatacijskog polja 65,24 ha, X=4 837 194; Y=6 478 450)
	Polje 2: Padešnica, Velja Stijena (površina eksploatacijskog polja 69,8 ha, X=4 837 356; Y=6 479 000)
Granit Industry d.o.o. Jablanica	Ploča, Staro Haldovište (površina eksploatacijskog polja 4,96 ha, X=4 836 963; Y=6 478 798)
Herc gradnja d.o.o. Bileća	Drakuljica

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

Dolomit d.o.o. Kupres

Grguljača

Građevinar d.o.o. Ljubinje

Vođeni i Strujići

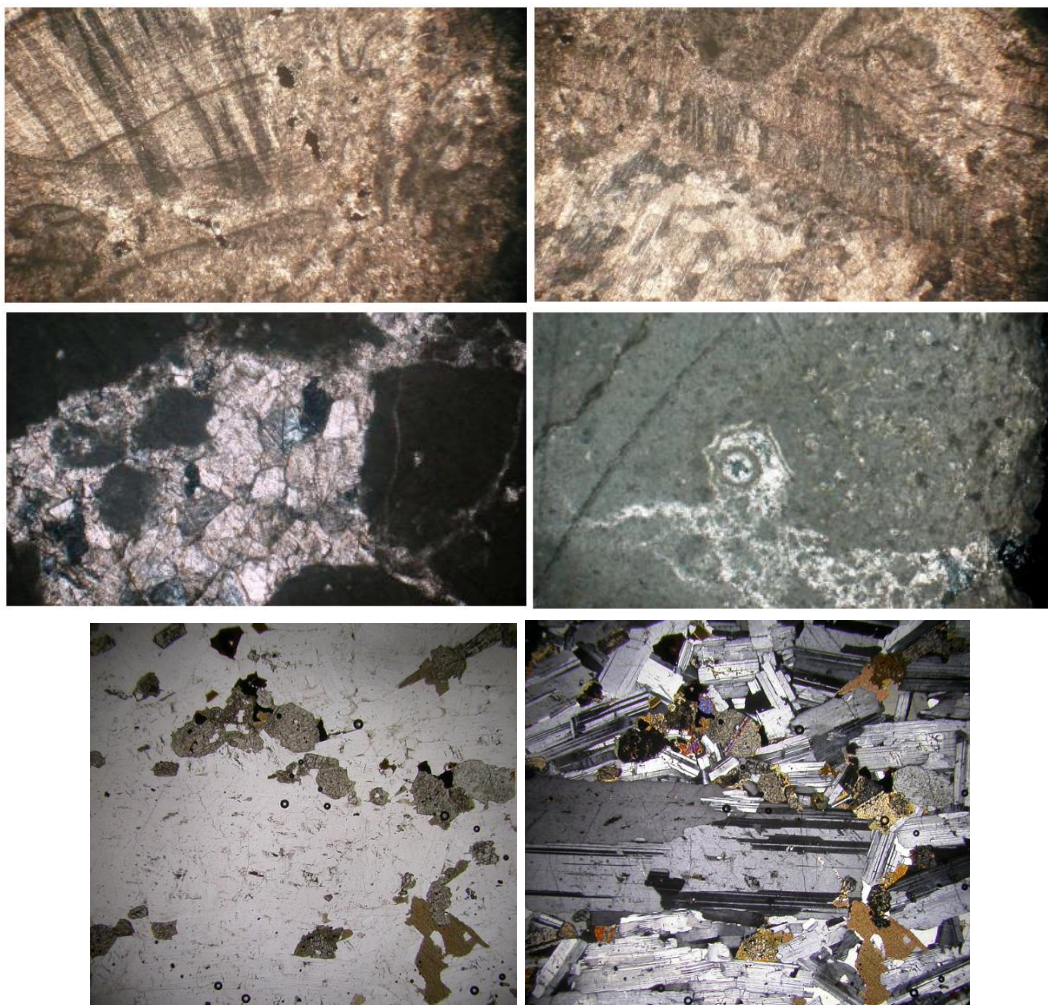
Štitar d.o.o. Ravno

Začula

### 4. MINERALOŠKO-PETROGRAFSKA ANALIZA

Ispitivanje se provodi prema normi *BAS EN 12407:2020 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Petrografsko ispitivanje*. Kod petrografskog opisa koriste se klasifikacije uzoraka prema tablicama odnosno klasifikacija prema Folku (1962.), Flugelu (1982.), Dunhamu (1962.) odnosno Embry i Klován klasifikacija (1972.) i njihove modifikacije Wright (1981.).

Mineraloško-petrografski sastav nije ispitan za svaki uzorak. Iz analiza koje smo dobili može se zaključiti da se najčešće radi o raznim vrstama vapnenca, organogenom vapnencu ili biomikritu, biopelmikritnom vapnencu, zatim laminiranom do masivnom vapnencu, sitnozrnatom vapnencu i oolitskom vapnencu. Sljedeća vrsta su dolomiti dolosparitne strukture („rujan“), te gabra kao predstavnik eruptivnih stijena.



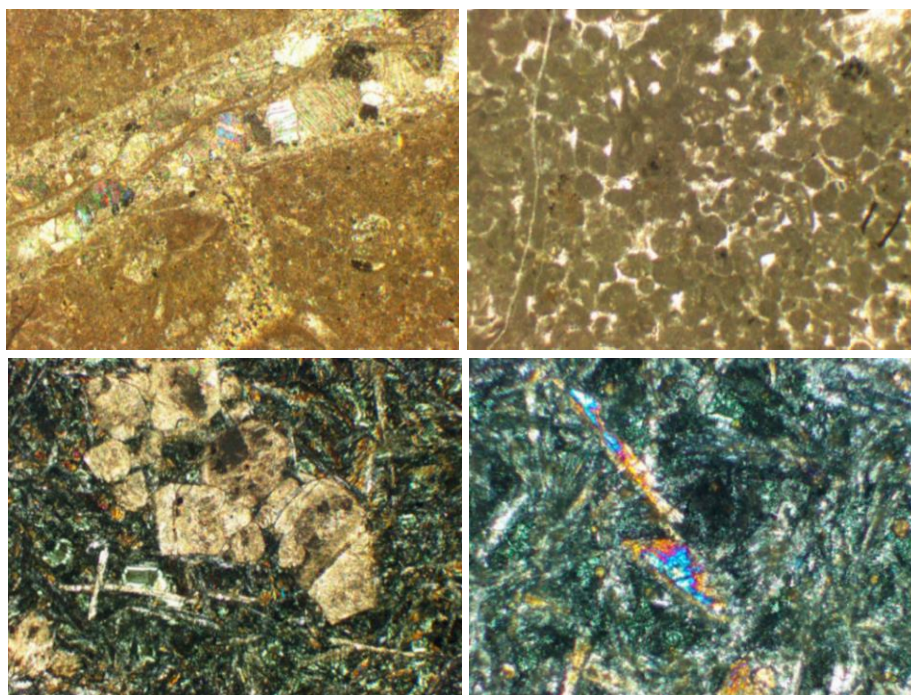
Slike 1.-6. Mikrofotografije preparata

Marić, T., Radić Kustura, J.

**Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

Tablica 1. Mineraloško-petrografski opisi ispitanih uzoraka kamena AGK

Kamenolom	Mineraloško petrografski opis
Ladina	Stijena: Sedimentna, vezana, karbonatna: vapnenac, organogeni, kavernozi. Struktura: Kristalasta; Tekstura: Homogena, u manjoj mjeri kavernoza (Slike 1 i 2)
Crveni Grm	Stijena: Sedimentna, karbonatna: vapnenac - biomikrit; Struktura: Mikritna do mikrokristalasta. Tekstura: Masivna (Slike 3 i 4)
Gabro	Makroskopski, kamen je tamno sive boje i homogene teksture. Na piljenoj površini vidljiva je zrnata struktura izgrađena od tamnih crnih sivozelenih nepravilnih kristala veličine presjeka do 1 x 2 mm i svijetlosivih pločastih do nepravilnih kristala veličine presjeka do 3 x 5 mm. Kamen je nepravilnog loma, prijelomna površina mu je grubo hrapava, a s hladnom, razrijeđenom HCl (5 %) ne reagira. Relativne je tvrdoće po Mohs-u oko 6, nema okusa niti mirisa. U mikroskopskom preparatu je zrnata kristalasta struktura izgrađena od kristala plagioklasa i klinopiroksena. Presjeci plagioklasa su pločasti i prizmatski, hipidiomorfni do idiomorfni, i veliki između 0,5x1,0 mm i 2,5x4,5 mm. Presjeci klinopiroksena su nepravilni, alotriomorfni, a veličine im se kreću od 0,25x0,35 mm do 1,0x1,5 mm. Kristali klinopiroksena su uglavnom nealterirani, samo mjestimično su vidljiva zrna koja su kloritizirana. Kristali plagioklasa su u potpunosti svježi, nealterirani. Kao akcesorni minerali u preparatu se javljaju biotit i opaki minerali. Kamen je determiniran kao gabro (Slike 5 i 6)



Slike 7.-10. Mikrofotografije preparata

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

Tablica 2. Mineraloško-petrografski opisi ispitanih uzoraka kamena TGK

Kamenolom	Mineraloško petrografski opis
Miljkovići	Stijena: Sedimentna, vezana, karbonatna: vapnenac, mikrokristalsti do mikritni
Crveni Grm	Stijena: Sedimentna, karbonatna: vapnenac - biomikrit; Struktura: Mikritna do mikrokristalasta. Tekstura: Masivna.
Kota -Spilit	Stijena: Magmatska, mafitna, ekstruzivna: spilit; Struktura: Hipokristalasto porfiriska; Tekstura: Mandulasta (slika 7 i 8)
Kota Vapnenac	Stijena Sedimentna, vapnenac mikritni s znakovima rekristalizacije; Struktura: Kristalasta; Tekstura; Masivna
Lazine	Stijena: Sedimentna, karbonatna stijena: vapnenac, mikritni, fosilonosni - Biomikrit; Struktura: Mikrokristalasta do kristalasta; Tekstura: Masivna (slika 9 i 10)

### 5. KEMIJSKA ANALIZA

Kod kemijske analize provodi se određivanje sadržaja glavnih oksida kao što su:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , ... Koriste se razne kemijske metode kao npr. metoda rendgenske difrakcije na prahu i metoda emisijske i masene spektrometrije, te kemijske tehnike kao što su potencijometrija, volumetrija, gravimetrija. Kako je najčešći uzorak vapnenac tako je najzastupljeniji oksid prema rezultatima ispitivanja kalcijev oksid ( $\text{CaO}$ ). Uz glavne okside ovom analizom se ispituje gubitak žarenjem (GŽ) na  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  (eng. loss on ignition - LOI). Također, kemijskom analizom se mogu odrediti udio sulfata, sulfida i klorida.

Tablica 3. Kemijski sastav uzorka iz lokaliteta Miljkovići kod Mostara

Glavni oksidi	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	Sulfati	Sulfidi	Kloridi	GŽ
Rezultat (%)	0,24	0,00	0,04	55,33	0,18	0,19	0,001	0,0005	0,0001	43,92

Nadalje, stehiometrijom se dobije udio  $\text{CaCO}_3$  (%) tako što se iznos  $\text{CaO}$  množi s koeficijentom 1,78462 a udio  $\text{MgCO}_3$  (%) tako što se udio  $\text{MgO}$  množi s koeficijentom 2,01968. Za prikazani uzorak u tablici iznad sadržaj  $\text{CaCO}_3$  iznosi 98,74 % a sadržaj  $\text{MgCO}_3$  iznosi 0,36 %.



Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)



Slike 11.-12. Oprema za kemijsku analiza (lijevo); Kalcimetar (desno)

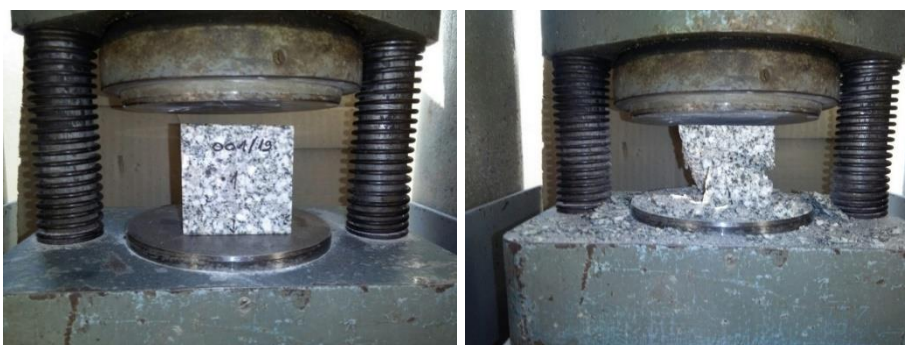
## 6. TLAČNA ČVRSTOĆA

Ispitivanje se provodi prema *BAS EN 1926:2009 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje jednoosne tlačne čvrstoće*. Ispituju se uzorci oblika kocke ili oblika pravilnog valjka. Prema literaturi tlačne čvrstoće vapnenaca kreću se u intervalu od 30 do 250 MPa, dolomiti između 80 i 250 MPa, a gabra između 180 i 300 MPa. Ispitivanje se provodi u suhom (S) i vodozasićenom (VZ), te u stanju nakon određenog broja ciklusa smrzavanja / odmrzavanja (M). Ova metoda opisuje suho i vodozasićeno stanje a ispitivanja tlačne čvrstoće nakon smrzavanja / odmrzavanja se provodi nakon postupka prema metodi *BAS EN 12371:2011 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje otpornosti na mraz*.

Kod ispitivanja prirodnog kamena u različitim stanjima, najvažniju ulogu ima odabir i priprema ispitnih uzoraka.

Zbog svoje heterogenosti, načinu eksploatacije, prilagođavanja na dimenzije i sl. kamen se ne ponaša uvijek na predvidiv način.

Najveće rezultate trebali bi dobiti kod uzoraka u suhom stanju, pa slijede uzorci u vodozasićenom stanju (pad tlačne čvrstoće do 20 % u odnosu na suho stanje) a najmanje vrijednosti tlačne čvrstoće na uzorcima nakon izlaganja određenom broju ciklusa smrzavanja (pad tlačne čvrstoće do 20 % u odnosu na vodozasićeno stanje).



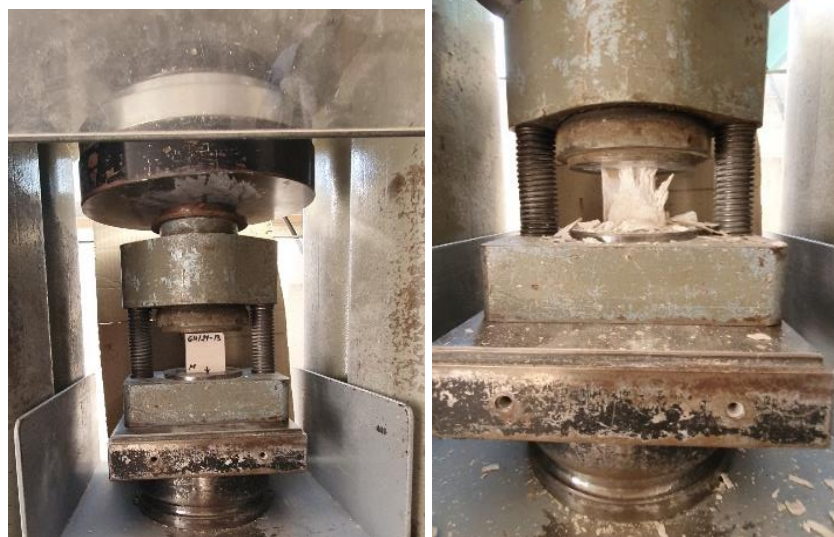
Slike 13.-14. Uzorak prije ispitivanja (lijevo) i poslije ispitivanja (desno) uzorka AGK

Marić, T., Radić Kustura, J.

**Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

Tablica 4. Neke vrijednosti tlačne čvrstoće AGK

Kamenolom	Vrsta AGK	Tlačna čvrstoća (MPa)			Koeficijent razmekšanja	
		S	VZ	M	Kvašenje (4/3)	Smrzavanje (5/3)
1	2	3	4	5	6	7
Crveni Grm	Vapnenac	216,0	211,0	203,0	0,98	0,94
Bokočuša - Crveni Grm	Vapnenac	172,0	170,0	169,0	0,99	0,98
Česića Draga	Vapnenac	161,0	154,0	147,0	0,96	0,91
Ladina	Vapnenac	186,0	173,0	-	0,93	-
Štitar, Ivanica	Vapnenac	199,0	178,0	162,0	0,89	0,81
Osoje	Vapnenac	170,0	160,0	140,0	0,94	0,82
Staro Haldovište	Gabro	243,0	197,0	184,0	0,81	0,76
Ploče, Jablanica	Gabro	241,0	202,0	192,0	0,84	0,80
Car, Jablanica	Gabro	242,0	231,0	217,0	0,95	0,90
Suljo Čilić, Jablanica	Gabro	267,0	251,0	221,0	0,94	0,82



Slike 15.-16. Uzorak prije ispitivanja (lijevo) i poslije ispitivanja (desno) uzorka TGK

Marić, T., Radić Kustura, J.

**Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

Tablica 5. Neke vrijednosti tlačne čvrstoće TGK

Kamenolom	Vrsta TGK	Tlačna čvrstoća (MPa)			Koeficijent razmekšanja	
		S	VZ	M	Kvašenje (4/3)	Smrzavanje (5/3)
1	2	3	4	5	6	7
Crveni Grm	Vapnenac	216,0	211,0	203,0	0,98	0,94
Kota	Spilit	210,0	185,0	164,0	0,88	0,78
Kota	Vapnenac	138,0 - 170,0	113,0 - 155,0	-	0,82 - 0,91	-
Ulog	Vapnenac	155,0	134,0	119,0	0,86	0,77
Lapišnica	Vapnenac	148,0	145,0	130,0	0,98	0,88
Lazine	Vapnenac	192,0	173,0	167,0	0,90	0,87
Lisičić, Kupres	Dolomit	218,0	191,0	179,0	0,88	0,82
Štitar, Ivanica	Vapnenac	199,0	178,0	162,0	0,89	0,81
Vlake, Cerno	Vapnenac	185,0 - 195,0	155,0 - 185,0	-	0,84 - 0,95	-
Zukulja, Mostar	Dolomit	186,0	146,0	-	0,78	-
Zukulja, Mostar	Vapnenac	175,0	156,0	-	0,89	-
Ploče, Jablanica	Gabro	241,0	202,0	192,0	0,84	0,80

Na osnovu dobivenih rezultata ispitivanja tlačne čvrstoće može se zaključiti da se radi o AG kamenu i TG kamenu srednje i visoke tlačne čvrstoće. Dobiveni koeficijenti razmekšanja su u očekivanim granicama.

## 7. ODREĐIVANJE UPIJANJA VODE

Upijanje vode pod atmosferskim tlakom se određuje prema metodi *BAS EN 13755:2009 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje upijanja vode pod atmosferskim tlakom*. Određuje način na koji se mjere mase u suhom i vodozasićenom stanju i računa postotak povećanja mase odnosno upijanje vode.

Upijanje vode se klasificira u opisne grupe kao što su: vrlo malo (ispod 0,5 %), malo, umjereno, osjetno veliko, vrlo veliko, iznimno veliko (iznad 30,0 %). Velik broj uzoraka pripada u grupu s vrlo malim i malim upijanjem ( $Ab < 0,5 \%$ ). Neki od rezultata ispitivanja upijanja vode prirodnog kamena (AGK i TGK) su prikazani u tablicama ispod.

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

Tablica 6. Prikaz rezultata ispitivanja upijanja vode AGK

Kamenolom	Vrsta AGK	Upijanje vode (%)
Crveni Grm	Vapnenac	0,10
Bokočuša - Crveni Grm	Vapnenac	0,10
Česića Draga	Vapnenac	0,14
Ladina	Vapnenac	0,13
Štitar, Ivanica	Vapnenac	0,10
Osoje	Vapnenac	0,10
Ploče, Jablanica	Gabro	0,10
Car, Jablanica	Gabro	0,10
Suljo Čilić, Jablanica	Gabro	0,15
Staro Haldovište	Gabro	0,20

Tablica 7. Prikaz rezultata ispitivanja upijanja vode TGK

Kamenolom	Vrsta TGK	Upijanje vode (%)
Crveni Grm	Vapnenac	0,10
Kota	Spilit	0,34
Kota	Vapnenac	0,10 - 0,50
Ulog	Vapnenac	0,10
Lapišnica	Vapnenac	0,10
Ladina	Vapnenac	0,13
Lazine	Vapnenac	0,30
Lisičić, Kupres	Dolomit	0,20
Štitar, Ivanica	Vapnenac	0,10
Vlake, Cerno	Vapnenac	0,20 - 0,40
Zukulja, Mostar	Dolomit	1,0
Zukulja, Mostar	Vapnenac	0,20
Osoje	Vapnenac	0,10
Ploče, Jablanica	Gabro	0,05

Na osnovu dobivenih rezultata upijanja vode na atmosferskom tlaku zaključujemo da se radi o prirodnom kamenu s malim i vrlo malim upijanjem vode.

## 8. ODREĐIVANJE GUSTOĆE I PROSTORNE MASE, UKUPNE I OTVORENE POROZNOSTI

Fizikalna svojstva kamena kao što su gustoća, prostorna masa, ukupna i otvorena poroznost određuju se prema metodi *BAS EN 1936:2009 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje gustoće i prostorne mase, ukupne i otvorene poroznosti*.

Prema ovom svojstvu determinira se pripadnost prirodnog kamena jednoj od kategorija: izrazito težak (iznad 3000 kg/m<sup>3</sup>), težak, srednje težak, lagan i izrazito lagan (ispod 1000 kg/m<sup>3</sup>).

Ukupna poroznost je omjer (u postotku) između volumena otvorenih i zatvorenih pora uzorka i prividnog volumena uzorka. Prema ovom svojstvu prirodni kamen se rangira prema veličini rezultata poroznost pa tako kamen može biti: kompaktan (ispod 1,0 %), slabo porozan, umjereno porozan, dosta porozan, jako porozan i ekstremno porozan (iznad 20 %). Rezultati ispitanih uzorka u velikoj mjeri pripadaju grupi kompaktnog i slabo poroznog kamena.

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

Otvorena poroznost je omjer (u postotku) između volumena otvorenih pora uzorka i prividnog volumena uzorka.

Tablica 8. Prikaz rezultata ispitivanja svojstava AGK

Kamenolom	Vrsta AGK	Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )	Prostorna masa (kg/m <sup>3</sup> )	Ukupna poroznost (%)	Otvorena poroznost (%)
Crveni Grm	Vapnenac	2704	2690	0,14	-
Bokočuša - Crveni Grm	Vapnenac	2704	2703	0,00	-
Česića Draga	Vapnenac	2705	2700	0,40	-
Ladina	Vapnenac	2709	2695	0,22	-
Štitar, Ivanica	Vapnenac	2720	2690	0,90	0,40
Osoje	Vapnenac	3000	2998	0,03	-
Staro Haldovište	Gabro	2930	2910	0,70	-
Ploče, Jablanica	Gabro	3000	2999	0,00	-
Car, Jablanica	Gabro	2922	2910	0,44	-
Suljo Čilić, Jablanica	Gabro	2955	2941	0,43	-

Tablica 9. Prikaz rezultata ispitivanja svojstava TGK

Kamenolom	Vrsta TGK	Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )	Prostorna masa (kg/m <sup>3</sup> )	Ukupna poroznost (%)	Otvorena poroznost (%)
Crveni Grm	Vapnenac	2704	2690	0,14	-
Kota	Spilit	2810	2770	1,40	-
Kota	Vapnenac	2720	2700	1,48	-
Ulog	Vapnenac	2705	2698	0,26	-
Lapišnica	Vapnenac	2697	2694	0,11	-
Lazine	Vapnenac	2700	2670	1,10	0,8
Lisičić, Kupres	Dolomit	2870	2810	2,1	0,6
Štitar, Ivanica	Vapnenac	2720	2690	0,90	0,4
Vlake, Cerno	Vapnenac	2700	2680	0,5 - 1,5	0,5 - 1,0
Zukulja, Mostar	Dolomit	2760	2700	2,80	2,6
Zukulja, Mostar	Vapnenac	2700	2690	0,40	0,4
Osoje	Vapnenac	2708	2702	0,25	0,2
Ploče, Jablanica	Gabro	3000	2998	0,03	-

Ovisno o vrsti prirodnog kamena (vapnenac, dolomit, gabro) a s obzirom na dobivene rezultate ispitivanja prostorne mase može se zaključiti da se radi o kamenu koji je srednje težak i težak. Također, može se zaključiti da se radi o uzorcima kamena koji su kompaktni izuzev uzoraka dolomita, vapnenca iz kamenoloma Kota i spilita koji su slabo do umjereno porozni.

## 9. POSTOJANOST NA MRAZ

Otpornost AGK na mraz određuje se prema metodi *BAS EN 12371:2011 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na smrzavanje*. Prema ovoj metodi kamen se ciklusno izlaže smrzavanju odnosno odmrzavanju.

Marić, T., Radić Kustura, J.

## **Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

Broj ciklusa nije strogo definiran a za otpornost AGK na smrzavanje provodi se minimalno 14 ciklusa (identifikacijski test). Ispituju se uzorci oblika kocke ( $a = 50 \text{ mm}$ ) i/ili kvadra ( $50 \times 50 \times 300 \text{ mm}$ ) na kojima se može ispitati tlačna čvrstoća i čvrstoća na savijanje nakon ciklusa smrzavanja/odmrzavanja. Vršni se vizualni pregled, bilježe se promjene i oštećenja te se mjeri volumen ispitnog uzorka prije i nakon ispitivanja (mjeranjem masa na zraku i pod vodom).



Slika 17. Uzorci za ispitivanje otpornosti na mraz

Rezultat ispitivanja se izražava opisno i pomoću gubitka volumena  $\Delta V$  (%). Većina ispitanih uzoraka je postojana prema mrazu (zbog relativno malog upijanja vode).

### **10. OTPORNOST NA KRISTALIZACIJU SOLI**

Ispitna metoda kojom se ispituje otpornost prirodnog kamena na kristalizaciju soli je *BAS EN 12370:2021 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na kristalizaciju soli*. Ova metoda je prikladna za ispitivanje poroznog kamena osobito za AGK s otvorenom poroznošću većom od 5 %. Tijekom ispitivanja bilježe se pojave oštećenja, loma ili raspada uzoraka a konačni rezultat ispitivanja se izražava gubitkom mase.

### **11. ODREĐIVANJE OTPORNOSTI NA ABRAZIJU (HABANJE)**

Određivanje otpornosti na abraziju se provodi prema *BAS EN 14157:2009 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na abraziju*. U novijoj literaturi se u našem jeziku umjesto habanje koristi izraz abrazija. Otpornost na abraziju je određena postupkom B, Böhme-ov postupak.

Mjeri se masa prije i nakon ispitivanja te se računa gubitak volumena ( $\text{mm}^3$ ). Stara mjera za ovo ispitivanje je bila gubitak volumena u  $\text{cm}^3$  na  $50 \text{ cm}^2$  ispitne površine.

Prema ovom svojstvu prirodni kamen se rangira prema otpornost na abraziju kao: izrazito tvrd (ispod  $5,0 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ ), vrlo tvrd, tvrd, umjereno tvrd, mekan, izrazito mekan (iznad  $40,0 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ ). Ovo svojstvo je AGK je vrlo bitno pri odabiru vrste kamena za popločavanje šetališta, trgova, ulica i drugih površina namijenjenih prvenstveno pješačkom prometu. Mjera za dimenzioniranje je dnevni broj prijelaza. Neki od rezultata ispitivanja navedenih svojstava su prikazani u tablicama ispod.

Marić, T., Radić Kustura, J.

**Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**



Slike 18.-19. Böhme uređaj (lijevo); Ispitni uzorci (desno)

Tablica 10. Rezultati ispitivanja otpornosti na abraziju (habanje) AGK

Kamenolom	Vrsta AGK	Gubitak volumena	
		mm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>
Crveni Grm	Vapnenac	-	12,6
Bokočuša - Crveni Grm	Vapnenac	-	12,5
Česića Draga	Vapnenac	-	13,2
Ladina	Vapnenac	-	15,1
Štitar, Ivanica	Vapnenac	13239	-
Osoje	Vapnenac	-	14,8
Ploče, Jablanica	Gabro	-	8,8
Car, Jablanica	Gabro	-	8,2
Suljo Čilić, Jablanica	Gabro	-	7,9
Staro Haldovište	Gabro	6792	-

Tablica 11. Rezultati ispitivanja otpornosti na abraziju (habanje) TGK

Kamenolom	Vrsta TGK	Gubitak volumena	
		mm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>
Crveni Grm	Vapnenac	-	12,6
Kota	Spilit	9910	-
Kota	Vapnenac	13250	-
Ulog	Vapnenac	-	15,8
Lapišnica	Vapnenac	-	16,5
Lazine	Vapnenac	11117	-
Lisičić, Kupres	Dolomit	16721	-
Štitar, Ivanica	Vapnenac	13239	-
Vlake, Cerno	Vapnenac	13660	-
Zukulja, Mostar	Dolomit	21378	-
Zukulja, Mostar	Vapnenac	11036	-
Osoje	Vapnenac	-	14,8
Ploče, Jablanica	Gabro	-	8,8

Na osnovu dobivenih rezultata ispitivanja otpornosti na habanje zaključujemo da se radi o vrlo tvrdom kamenu (Gabro) i umjereno tvrdom kamenu (vapnenac i dolomit).

Marić, T., Radić Kustura, J.

## Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)

### 12. SAVOJNA ČVRSTOĆA

Određivanje savojne čvrstoće (čvrstoće na savijanje) se provodi prema BAS EN 12372:2009 *Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje čvrstoće pri savijanju pod koncentriranim opterećenjem*.

Ispitivanja se mogu vršiti u tri različita stanja, suho (S), vodozasićeno (VZ) i stanje nakon tretmana smrzavanja/odmrzavanja (M). Dobiveni rezultati se kreću u rasponu od 7% do 20 % u odnosu na tlačnu čvrstoću. Najčešće vrijednosti su u rasponu od 0,5 do 25 MPa.

Ovo svojstvo je vrlo bitno kod primjene kamena (AGK) kada je kameni element opterećen na savijanje (konzolni elementi, stubište, razni fasadni elementi, pokrovi kanalice, ...).

Tablica 12. Rezultati ispitivanja čvrstoće na savijanje AGK

Kamenolom	Vrsta AGK	Tlačna čvrstoća (MPa)			Koeficijent razmekšanja	
		S	VZ	M	Kvašenje (4/3)	Smrzavanje (5/3)
1	2	3	4	5	6	7
Crveni Grm	Vapnenac	12,6	-	-	-	-
Bokočuša - Crveni Grm	Vapnenac	12,5	-	-	-	-
Česića Draga	Vapnenac	12,7	-	-	-	-
Štitar, Ivanica	Vapnenac	8,6	7,2	6,4	0,84	0,74
Osoje	Vapnenac	9,3	-	-	-	-
Ploče, Jablanica	Gabro	20,2	18,7	-	0,93	-
Car, Jablanica	Gabro	21,2	19,3	-	0,91	-
Suljo Čilić, Jablanica	Gabro	19,0	15,0	-	0,80	-
Staro Haldovište	Gabro	19,2	14,8	-	0,77	-

Rezultati ispitivanja savojne čvrstoće su u prosjeku oko 7 % u odnosu na tlačnu čvrstoću. Kod vapnenaca odnosi savojne i tlačne čvrstoće kreću se od 4,3 % do 7,9 % dok su odnosi savojne i tlačne čvrstoće ujednačeniji kod gabra i kreću se u intervalu od 7,1 % do 8,8 %.

### 13. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj rad su prikazani rezultati ispitivanja prirodnog kamena, uglavnom s područja Hercegovine. Izvršena su ispitivanja prirodnog kamena za arhitektonsko-građevnu namjenu (AGK) i kamena za tehničku namjenu (TGK).

Vrjednovanje TGK, odnosno uvjeti za njegovu ocjenu pogodnosti, su prikazani u tehničkim specifikacijama za pojedinu vrstu proizvoda od prirodnog kamena. Tako na primjer, kod proizvodnje tucanika za željezničke zastore koristi se tehnička specifikacija BAS EN 13450, za proizvodnju kamenog frakcioniranog agregata za proizvodnju betona koristi se tehnička specifikacija BAS EN 1260, itd. Uvjeti za vrjednovanje AGK daju se projektnim rješenjem kroz projektnu dokumentaciju, ovisno o vrsti opterećenja, izloženosti kamena raznim utjecajima iz atmosfere i vode, namjeni, vrsti projektirane obrade, itd.

Tijekom ispitivanja vrlo je važno posvetiti dovoljno pažnje odabiru i izradi ispitnih uzoraka. Potrebno je osigurati dovoljan broj uzoraka kako bi se zadovoljili minimalni uvjeti iz pojedine



Marić, T., Radić Kustura, J.

## **Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

metode te kako bi se mogla provesti kvalitetna statistička obrada ispitnih rezultata, koja je vrlo važna kod ispitnih uzoraka s izraženom anizotropijom, nehomogenom strukturom, izraženom slojevitošću i sl.

Nadalje, treba naglasiti važnost provođenja ispitivanja i praćenja rezultata ispitivanja na pojedinom kamenolomu. Kvalitetan i pravovremen monitoring uz posvećenost svih učesnika u poslovima eksploatacije osiguravaju kvalitetnu sirovinu što na kraju daje kvalitetan i financijski isplativ finalni proizvod.

Općenito, može se zaključiti da se na području Hercegovine eksploatira prirodni kamen koji zadovoljava vrlo visoke kriterije u pogledu fizikalno-mehaničkih svojstava kako za tehničko-građevnu namjenu tako i za arhitektonsko-građevnu namjenu.

Kao naredni cilj autori planiraju obraditi rezultate ispitivanja AGK i TGK iz razdoblja 1997.-2013. i rezultate ispitivanja iz razdoblja 2013.-2023., napraviti analizu i vrjednovanje, te prezentirati zaključke.

### **LITERATURA**

1. BAS EN ISO/IEC 17025:2018 Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija
2. BAS EN 12407:2020 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Petrografsko ispitivanje
3. BAS EN 1926:2009 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje jednoosne tlačne čvrstoće
4. BAS EN 13755:2009 Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje upijanja vode pod atmosferskim tlakom
5. BAS EN 1936:2009 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje gustoće i prostorne mase, ukupne i otvorene poroznosti
6. BAS EN 12371:2011 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na smrzavanje
7. BAS EN 12370:2011 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na kristalizaciju soli
8. BAS EN 14157:2009 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na abraziju
9. BAS EN 12371:2011 Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje čvrstoće pri savijanju pod koncentriranim opterećenjem
10. Knezović, Ž., Marić, M., Penava, B. (1999.): Mineralne sirovine Županije Zapadnohercegovačke, Rudarsko-geološki glasnik, br. 3, Mostar
11. Crnković, B., Šarić, Lj. (2003.): Građenje prirodnim kamenom, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb
12. Šaravanja, K., Marijanović, P. (2004.): Arhitektonsko-građevni i tehnički kamen na području Hercegovine, European Conference on Raw Materials and Coal - New Perspectives, Sarajevo
13. Šaravanja, K., Marić, T., Radić Kustura J., Šaravanja, V. (2012.): Prikaz rezultata ispitivanja arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena, Hrvatsko rudarsko-geološko društvo „Zvuk kamena“, Zbornik radova 2, Posušje, XII. 2012.
14. Šaravanja, K., Marić, T., Šaravanja, D. (2013.): Analiza rezultata ispitivanja arhitektonsko-građevnog kamena s područja Hercegovine i jugozapadne Bosne, Zbornik radova sa 1. Međunarodnog Simpozija o kamenu „Hercegovina - zemlja kamena“, Knjiga 1, broj 1, str. 61.-83, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Udruga „Zvuk kamena“ i „IGH“ d.o.o. Mostar, Mostar, IX. 2013.; „e-ZBORNIK“ Elektronički zbornik Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru, broj 6, str. 40-57, XII. 2013.; REPRINT: „M-Kvadrat“ Stručni časopis za građevinarstvo i arhitekturu, Broj 62, „SFERA“ d.o.o., Mostar, XII. 2013.
15. Šaravanja, K., Marić, T., Šaravanja, D. (2013.): Analiza rezultata ispitivanja tehničko-građevnog kamena s područja Hercegovine i jugozapadne Bosne, Zbornik radova s 1.

Marić, T., Radić Kustura, J.

**Analiza i vrjednovanje arhitektonsko-građevnog (AGK) i tehničko-građevnog (TGK) Hercegovine (i šire)**

---

Međunarodnog Simpozija o kamenu „Hercegovina - zemlja kamena“, str. 85-95, Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Udruga „Zvuk kamena“ i „IGH“ d.o.o. Mostar, Mostar, Knjiga 1, broj 1, str. 85.-95, IX. 2013.; „e-ZBORNIK“ Elektronički zbornik Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru, broj 6, str. 58-66, XII. 2013.; REPRINT: „M-Kvadrat“ Stručni časopis za građevinarstvo i arhitekturu, Broj 63-64, str. 53-56, „SFERA“ d.o.o., Mostar, I.-II. 2014.

16. Šaravanja, K., Popić, D., Marić, T., Radić Kustura, J. (2018.): Analiza raspoloživih rezultata ispitivanja kamena 'Tenelija', Posebno izdanje „e-ZBORNIKA“, Elektroničkog zbornika Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru posvećeno 3. Simpoziju o kamenu „Hercegovina - zemlja kamena“ u organizaciji Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru i Udruge „Zvuk kamena“ Posušje, str. 245-273, izvorni znanstveni rad, IX. 2018.

17. Arhiv rezultata ispitivanja Centralnog laboratorija „IGH“ d.o.o. Mostar

18. Ministarstvo gospodarstva/privrede HNŽ/K: Pregled stanja rudnih ležišta i pregled stanja rudarskih aktivnosti na prostoru HNŽ

19. Ministarstvo gospodarstva ŽZH: Eksploatacijska polja na kojima se obavlja eksploatacija arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena i istražni prostori