

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
Rudarski odsek
Laboratorija za mehaniku stena

I Z V E Š T A J
O REZULTATIMA GEOMEHANIČKIH ISPITIVANJA UZORKA
ČVRSTE STENSKE MASE - DIJABAZA IZDVOJENOG NA
LOKACIJI LEŽIŠTA PLEŠ - OPŠTINA ALEKSANDROVAC
SA ANALIZOM STABILNOSTI

Dekan RGF-a:

Prof. dr Zoran Gligorić

Beograd, decembar, 2019. god.

Ovaj Izveštaj je urađen za potrebe preduzeća OM company d.o.o. Beograd, Dušana Vukasovića 74/10, na osnovu Zahteva br.ZB-7/2019 od dana 23.12.2019. godine za geomehaničkim ispitivanjima uzorka čvrste stenske mase – dijabaza, izdvojenog na lokaciji ležišta PLEŠ – Opština Aleksandrovac i analizom radnih etaža i završnih kosina, a koji je realizovan u Laboratoriji za mehaniku stena, Rudarskog odseka.

Ovaj Izveštaj izradila je:

Dr Jelena Majstorović, dipl. inž. geol.

S A D R Ź A J

	Strana
1. UVOD	1
2. NAČIN ISPITIVANJA ČVRSTIH STENSKIH MASA	2
3. REZULTATI ISPITIVANJA	5
4. ANALIZA STABILNOSTI KOSINA	8
4.1. Analiza stabilnosti radnih etaža	8
4.2. Analiza stabilnosti završnih kosina	10
5. ZAKLJUČAK	13
6. PRILOZI	14

1. UVOD

Za potrebe preduzeća OM company d.o.o. Beograd, Dušana Vukasovića 74/10, na osnovu Zahteva br. ZB-7/2019 od dana 23.12.2019. godine za geomehaničkim ispitivanjima uzorka čvrste stenske mase – dijabaza, izdvojenog na lokaciji ležišta PLEŠ – Opština Aleksandrovac, u Laboratoriji za mehaniku stena, Rudarskog oseka, Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu, obavljena su predviđena ispitivanja.

Na osnovu utvrđenih fizičko-mehaničkih parameta radne sredine izvršen je proračun analize stabilnosti radnih etaža i završnih kosina. Za potrebe ispitivanja izdvojen je reprezent čvrstih stenskih masa, koji je označen kao:

- R-3, vrsta stene: dijabaz, forma blok, 6 probnih tela

Po dopremanju reprezentu, u Laboratoriji za mehaniku stena sečenjem na dijamantskoj frezi formirana su probna tela oblika kocke, dimenzija $a \cong b \cong c \cong 40,0$ mm. Ukupno je formirano 6 (šest) probnih tela. Nastojalo se da se iz ovog reprezenata izdvoji što veći broj probnih tela, jer ovaj reprezent predstavlja deo stenske mase koji će se eksloatisati i u kome će se odvijati sve aktivnosti vezane za eksploataciju. Dimenzije probnih tela su prilagođene parametru koji se na njima određivao. Površine probnih tela su polirane, kako bi se ostvario bolji kontakt sa dodirnim površinama.

Na tako pripremljenim probnim telima utvrđena su sledeća fizičko-mehanička svojstva:

• zapreminska težina	γ - KN/m ³
• zapreminska masa	ρ - t/ m ³
• ugao unutrašnjeg trenja	φ - °
• kohezija	c - MPa
• brzina longitudinalnih elastičnih talasa	V_p - m/s
• brzina transverzalnih elastičnih talasa	V_s - m/s
• dinamički modul elastičnosti	E_{dyn} - GN/m ²
• dinamički Poisson-ov koeficijent	μ_{dyn} - /

Svako ispitivano svojstvo, ispitivano je na po šest probnih tela, kao bi se obezbedila pouzdanost podataka. U poglavlju 3. REZULTATI ISPITIVANJA u tabeli 1.1. prikazani su rezultati geomehaničkih ispitivanja. U tabeli 1.2. prikazane su vrednosti statističkih parametara. U poglavlju 4. ANALIZA STABILNOSTI prikazani su rezultati proračuna analize stabilnosti radnih etaža i završnih kosina. Tabelarni prikaz vrednosti i podataka prikupljenih u toku eksperimenata dat je u poglavlju 6. PRILOZI.

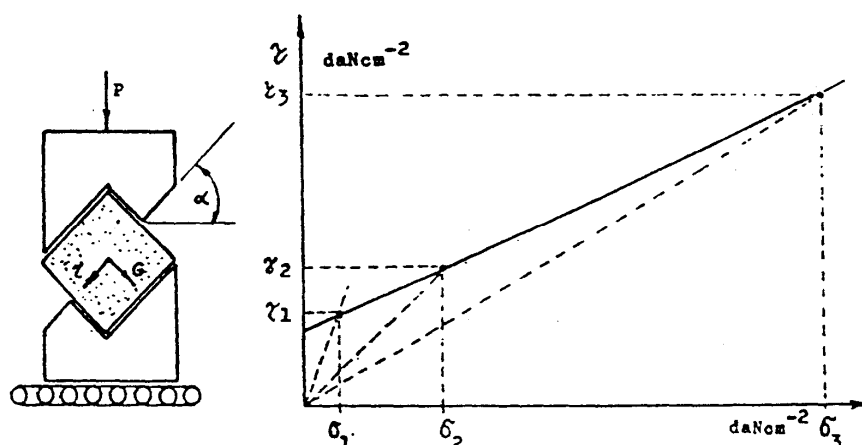
2. NAČIN ISPITIVANJA ČVRSTIH STENSKIH MASA

Zapreminska težina sa porama i šupljinama (SRPS B.B8.032. 1980.)

Zapreminska težina sa porama i šupljinama ispitivanih stenskih masa određena je pomoću probnih tela pravilnog oblika (kocke). Merenje je obavljeno na svim probnim telima (šest) koja su formirana izdvajanjem iz reprezentata. Rezultati su prikazani tabelarno u tabeli 1.. U poglavlju 6. PRILOZI, data je i statistička obrada dobijenih rezultata merenja.

Određivanje parametara čvrstoće - ϕ i c

Kohezija - c i ugao unutrašnjeg trenja - ϕ utvrđeni su metodom smicanja uzorka pod uglom $\alpha = 45^\circ$; $\alpha = 60^\circ$. Za svaki od navedenih uglova α ispitivanje je obavljeno na po tri probna tela, kako bi se obezbedila pouzdanost ispitivanog parametra. Položaj probnih tela dat je na slici 1.

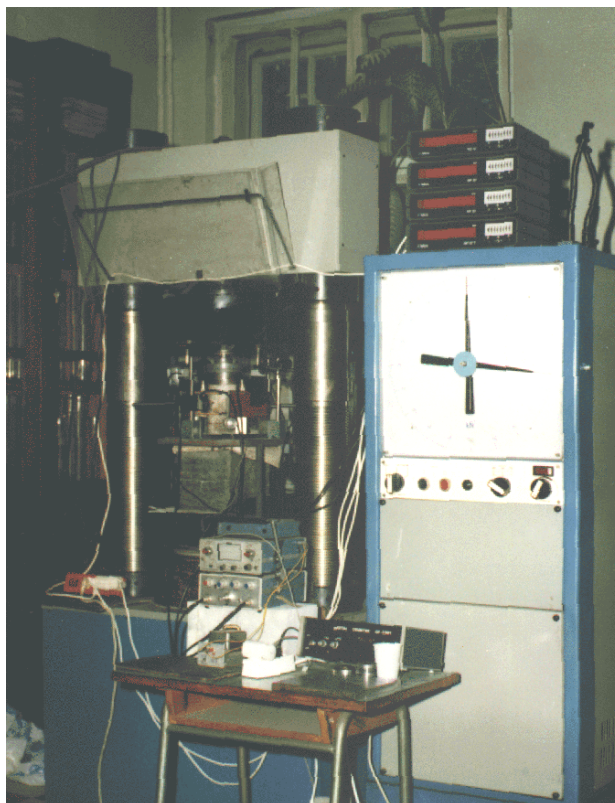


Slika 1.

Koristeći se izrazom:

$$\sigma = \frac{P}{A} \cdot \cos \alpha \quad \left[\frac{daN}{cm^2} \right] \quad \tau = \frac{P}{A} \cdot \sin \alpha \quad \left[\frac{daN}{cm^2} \right]$$

određene su vrednosti normalnog i tangencijalnog napona u procesu smicanja. Na bazi vrednosti dobijenih citiranim izrazima, u koordinatnom sistemu $\tau - \sigma$ konstruisana je Mohr-ova obvojnica graničnog stanja čvrstoće. Položaj ove obvojnice u koordinatnom sistemu definiše vrednost ugla unutrašnjeg trenja, kao i vrednost kohezije ispitivanog materijala. Tabelarno sređeni podaci prikazani su u poglavlju 6. PRILOZI. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabeli 1.1., kolone 4 i 5.

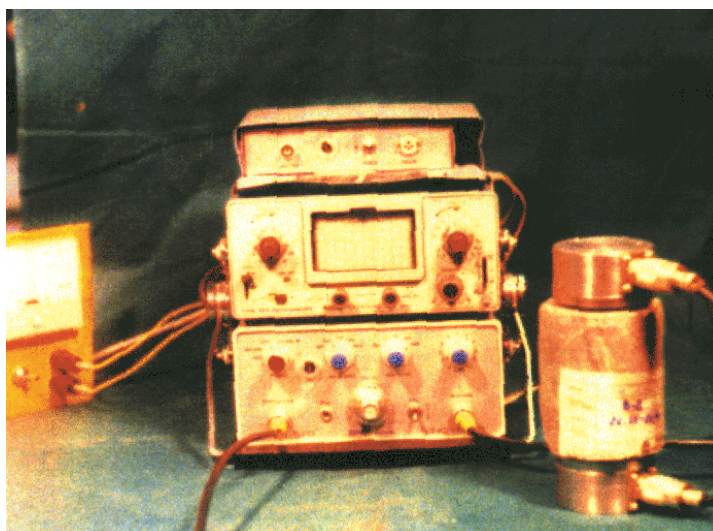


Slika 2.

Ispitivanja su vršena uz pomoć prese od 2000 kN, čiji je izgled dat na sl. 2.

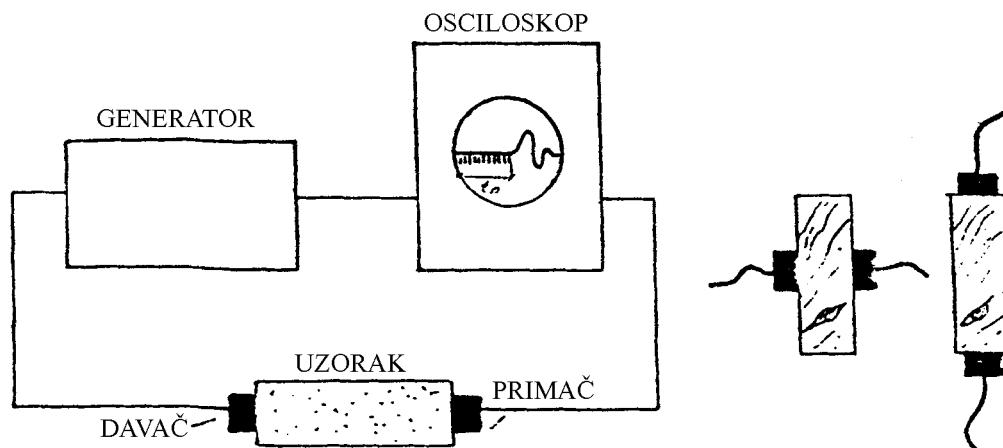
Određivanje brzine elastičnih talasa - V_p i V_s (SRPS B.B8.121. 1990.)

Sva merenja su obavljena na uređaju japanske proizvodnje **SONIC viewer - MODEL 5210**, (prikaz uređaja dat je na sl. 3) čija je tačnost očitavanja najmanje vremenske jedinice $0,10 \mu\text{s}$.



Slika 3.

Šematski prikaz uređaja za određivanje brzine elastičnih V_p i V_s talasa, kao i položaj primača i davača impulsa prikazani su na sl. 4. Merenje je obavljeno na svim probnim telima koja su predstavljala jedan reprezent (šest). Vrednosti su prikazane u tabelama - zapisnicima, u kojima su date vrednosti koeficijena varijacije (v - %).



Slika 4.

Dinamički modul elastičnosti i dinamički Poisson-ov koeficijent

Na osnovu utvrđenih vrednosti za brzine longitudinalnih (V_p) i transverzalnih (V_s) talasa, prema poznatoj vrednosti za zapreminsku težinu (γ), određen je dinamički modul elastičnosti E_{dyn} , uz korišćenje izraza:

$$E_{dyn} = V_p^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1 + \mu_{dyn})(1 - 2 \cdot \mu_{dyn})}{1 - \mu_{dyn}}$$

gde je: V_p - brzina longitudinalnih elastičnih talasa (m/s)

V_s - brzina transverzalnih elastičnih talasa (m/s)

μ_{dyn} - Poisson-ov koeficijent

γ - zapreminska težina (kN/m^3)

$$\rho = \frac{\gamma}{a} \quad \alpha = \frac{V_p}{V_s} \quad \mu_{dyn} = \frac{2 \cdot \alpha^2 - 1}{2 \cdot \alpha^2 - 2}$$

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Pridržavajući se standarda u vezi ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stena, ispitan je reprezent dijabaza R-3, izdvojen na lokaciji ležišta PLEŠ - Opština Aleksandrovac. Ukupno je od izdvojenog reprezenta formirano 6 (šest) probnih tela oblika kocke.

Potrebno je naglasti da je reprezent propisno obeležen, kao i da se prilikom izdvajanja vođeno računa o dovoljnoj količini izdvojenog stenskog materijala za planirana ispitivanja.

Vrednosti utvrđenih geomehaničkih parametara prikazane su tabelarno u tabeli 1.1. i to:

- u koloni 1. redni broj probnog tela,
- u koloni 2. zapreminska težina (γ - kN/m³),
- u koloni 3. zapreminska masa (ρ - t/m³)
- u koloni 4. kohezija (c - MPa),
- u koloni 5. ugao unutrašnjeg trenja (φ - °),
- u koloni 6. brzina longitudinalnih elastičnih talasa (V_p – m/s),
- u koloni 7. brzina transverzalnih elastičnih talasa (V_s – m/s),
- u koloni 8. dinamički modul elastičnosti (E_{dyn} – GN/m²), i
- u koloni 9. dinamički Poisson-ov koeficijent (μ_{dyn}),

U tabeli 1.2. prikazani su rezultati statističke analize utvrđenih geomehaničkih parametara i to:

- u koloni 1. naziv parametra koji je ispitivan,
- u koloni 2. broj ispitivanih probnih tela,
- u koloni 3. srednja vrednost,
- u koloni 4. minimum,
- u koloni 5. maksimum,
- u koloni 6. raspon,
- u koloni 7. srednje kvadratno odstupanje, i
- u koloni 8. koeficijent varijacije

Lokacija: Ležište PLEŠ opština Aleksandrovac

Vrsta stene: Dijabaz

Oznaka uzorka: R-1-3

Tabela 1.1.

Redni broj probnog tela	Zareminska težina γ KN/m^3	Zareminska masa ρ t/m^3	Parametri čvrstoće na smicanje		Brzina longitudinalnih elastičnih talasa V_p m/s	Brzina transverzalnih elastičnih talasa V_s m/s	Dinamički modul elastičnosti E_{dyn} GN/m^2	Poisson-ov koeficijent μ_{dyn} -
			kohezija c MPa	ugao unutrašnjeg trenja $\varphi (^\circ)$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	27,91	2,845	17,60	35° 00'	5570	2690	53,85	0,35
2.	27,65	2,819			4880	2290	39,52	0,36
3.	27,90	2,844			5330	2580	50,06	0,35
4.	27,54	2,807			5810	2910	62,08	0,33
5.	27,92	2,846			5570	2790	57,88	0,33
6.	27,67	2,821			4910	2310	38,70	0,36
Srednja vrednost	27,76	2,830	17,60	35 ° 00'	5345	2595	19,05	0,347

Lokacija: Ležište PLEŠ opština Aleksandrovac

Vrsta stene: Dijabaz

Oznaka uzorka: R-1-3

Tabela 1.2.

<i>Prametar</i>	<i>Broj probnih tela</i>	<i>Srednja vrednost</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maksimum</i>	<i>Raspon</i>	<i>Srednje kvadratno odstupanje</i>	<i>Koeficijent varijacije</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Zareminska težina - γ (KN/m³)</i>	6	27,76	27,54	27,92	0,36	0,165	0,59%
<i>Parametri čvrstoće na smicanje</i>	6	ugao unutrašnjeg trenja - $\varphi = 35^{\circ} 00'$ i kohezija - $c = 17,60$ MPa					
<i>Brzina longitudinalnih elastičnih talasa - V_p (m/s)</i>	6	5345	4880	5810	930	380,30	7,11%
<i>Brzina transversalnih elastičnih talasa - V_s (m/s)</i>	6	2595	2290	2910	620	236,26	9,10%
<i>Dinamički modul elastičnosti E_{dyn} (GN/m²)</i>	6	50,35	38,70	62,08	2338	9,59	19,05%
<i>Poisson-o koeficijent - μ_{dyn} (-)</i>	6	0,347	0,33	0,36	0,03	0,0137	3,95%

4. ANALIZA STABILNOSTI KOSINA

Za potrebe analize stabilnosti radnih etaža i završnih kosina površinskog kopa dijabaza ležišta PLEŠ – Opština Aleksandrovac, usvojene su za ispitivani dijabaz, kao radnu sredinu, sledeće vrednosti fizičko-mehaničkih parametara:

- zapreminska težina $\gamma = 27,92 \text{ KN/m}^3$
- ugao unutrašnjeg trenja $\varphi = 35^\circ 00'$
- kohezija $c = 17,60 \text{ MPa}$

Navedena vrednost zapreminske težine predstavlja najveću vrednost utvrđenu na ukupno šest probnih tela izdvojenih iz dostavljenog reprezentata. Ovaj reprezent je u pogledu ispitivanih svojstava predstavljao stensku masu koja preovlađuje u masivu u kome će se vršiti eksploatacija. Parametri čvrstoće na smicanje predstavljaju vrednost dobijenu ispitivanjima pod uglovima $\alpha = 45^\circ$ i $\alpha = 60^\circ$. Ispitivanja su za svaki ugao rađena na po tri probna tela.

Uzimajući u obzir inženjersko-geološke uslove ležišta, posebno ispucalost i postojanje predisponiranih ravni klizanja, za analizu stabilnosti radnih etaža i završne kosine primenjena je metoda Hoek-Bray-a.

4.1. ANALIZA STABILNOSTI RADNIH ETAŽA

Analiza stabilnosti radnih etaža sprovedena je u funkciji promenljivih faktora, pri čemu je usvojeno:

$$\begin{aligned} h &= 15\text{m i } 20\text{ m} \\ \alpha &= 65^\circ \text{ do } 85^\circ \text{ (korak } 1^\circ) \\ m &= 0,01\text{ m} \end{aligned}$$

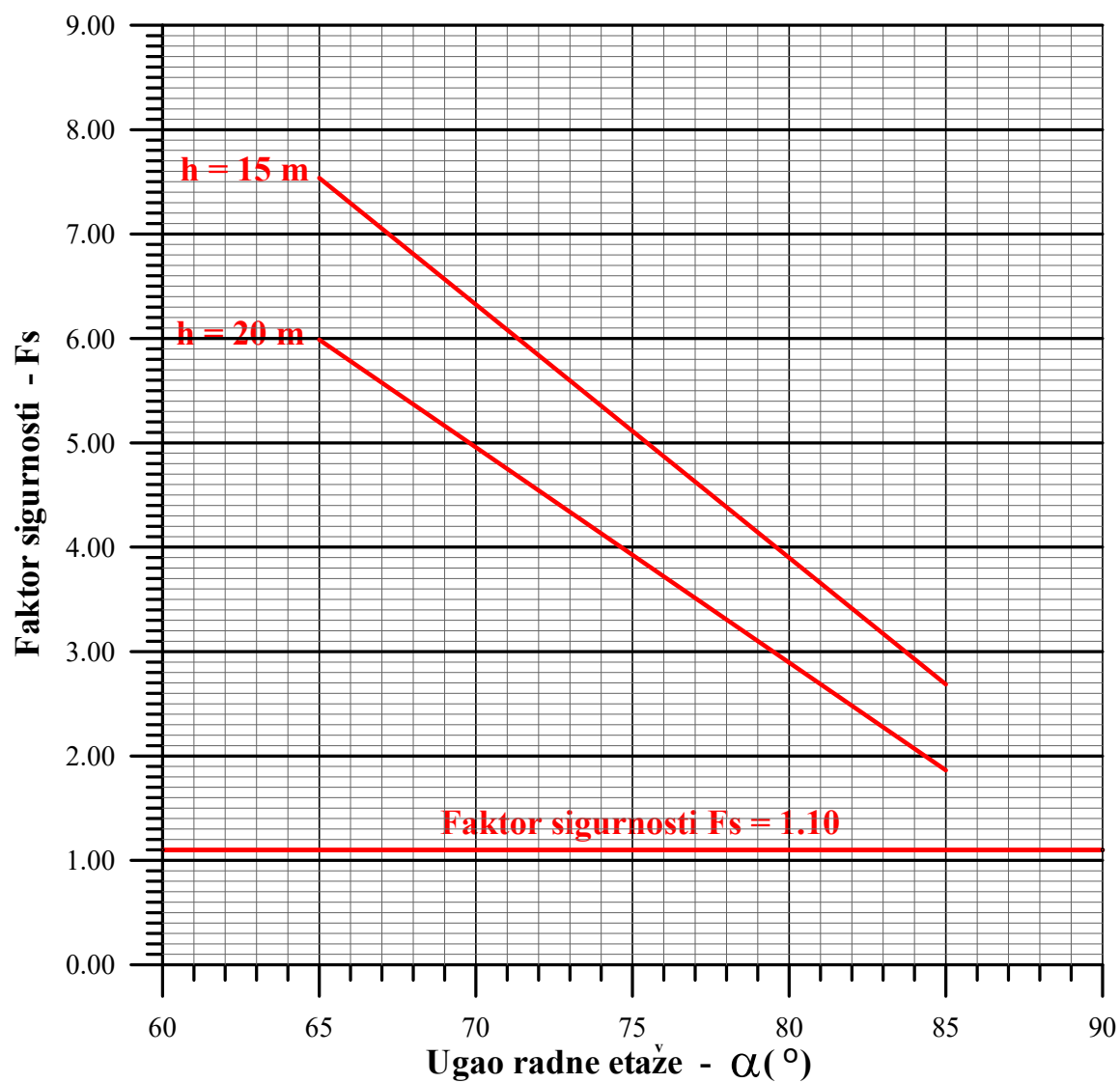
Uzimajući u obzir veličine i pravce ispucalosti u stenskoj masi, analiza je sprovedena za sledeće nagibe predisponirane ravni klizanja:

$$\psi = 25^\circ \text{ do } 75^\circ \text{ (korak } 1^\circ)$$

Usvojeno je prisustveo zateznih pukotina na planumu kosine sa visinom vodenog stuba $z_w=z$. Utvrđene vrednosti faktora sigurnosti F_s prikazane su na tabeli 2. i grafički na slici 5.

Tabela 2.

Ugao nagiba radne etaže α (°)	Faktor sigurnosti F_s po metodi HOEK-BRAY -a za radnu etažu	
	Visina radne etaže $h = 10,0m$; $h = 15,0m$ i $h = 20,0m$ sa zateznom pukotinom z na planumu etaže, z_w - dubina vodenog stuba u pukotini $z_w = z$	
	$h = 15,0m$	$h = 20,0m$
1	2	3
65	7,537	5,987
66	7,294	5,781
67	7,052	5,575
68	6,809	5,368
69	6,567	5,162
70	6,324	4,956
71	6,081	4,750
72	5,839	4,544
73	5,596	4,337
74	5,354	4,131
75	5,111	3,925
76	4,868	3,719
77	4,626	3,513
78	4,383	3,306
79	4,141	3,100
80	3,898	2,894
81	3,655	2,688
82	3,413	2,482
83	3,170	2,275
84	2,928	2,069
85	2,685	1,863



Slika 5.

4.2. ANALIZA STABILNOSTI ZAVRŠNE KOSINE

Usvajajući iste vrednosti za γ , φ i c , izvedena je analiza stabilnosti završne kosine za:

$H = 75\text{m}; 85\text{m i } 95 \text{ m}$

$\alpha = 50^\circ \text{ i } 70^\circ (\text{korak } 1^\circ)$

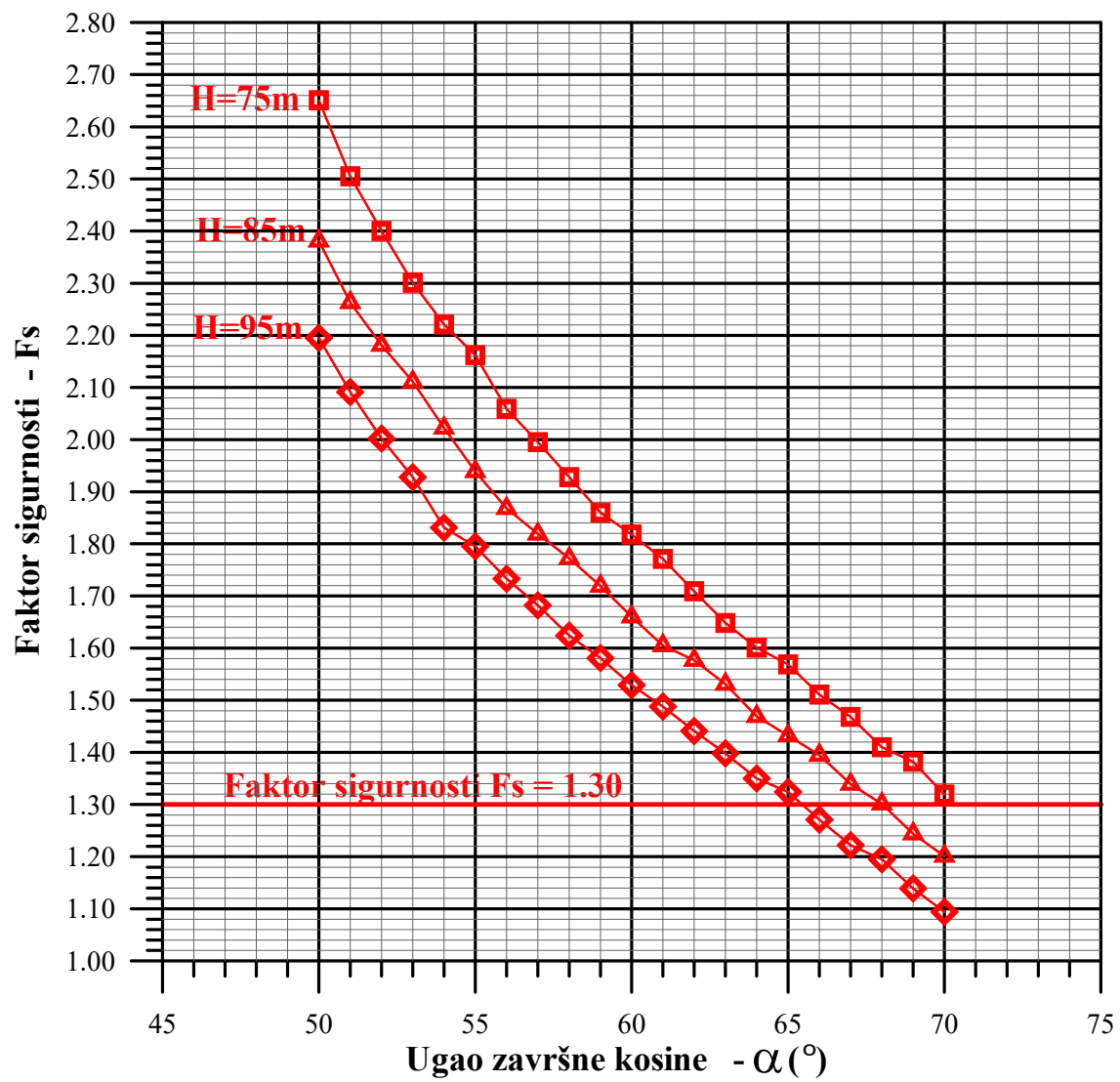
$m = 0,01 \text{ m}$

$\psi = 15^\circ \text{ do } 65^\circ (\text{korak } 1^\circ)$

Usvojeno je prisustveo zateznih pukotina na planumu kosine sa visinom vodenog stuba $z_w=z$. Utvrđene vrednosti faktora sigurnosti F_s prikazane su na tabeli 3. i grafički na slici 6.

Tabela 3.

Ugao nagiba završne kosine α (°)	Faktor sigurnosti F_s po metodi HOEK-BRAY -a za završnu kosinu		
	Visina završne kosine $H = 75; 85$ i 95 m sa zateznom pukotinom z na palnumu kosine, z_w - dubina vodenog stuba u pukotini $z_w = z$		
	H=75m	H=85m	H=95m
50	2,651	2,381	2,195
51	2,505	2,263	2,091
52	2,400	2,181	2,002
53	2,301	2,111	1,928
54	2,221	2,022	1,831
55	2,162	1,939	1,795
56	2,059	1,868	1,733
57	1,995	1,819	1,682
58	1,928	1,772	1,624
59	1,860	1,719	1,581
60	1,818	1,660	1,529
61	1,771	1,605	1,488
62	1,709	1,577	1,441
63	1,648	1,531	1,398
64	1,601	1,469	1,350
65	1,569	1,432	1,324
66	1,511	1,395	1,271
67	1,468	1,339	1,222
68	1,410	1,301	1,195
69	1,382	1,244	1,139
70	1,319	1,201	1,094



Slika 6.

5. ZAKLJUČAK

Za potrebe preduzeća OM company d.o.o. Beograd, Dušana Vukasovića 74/10, na osnovu Zahteva br. ZB-7/2019 od dana 23.12.2019. godine za geomehaničkim ispitivanjima uzorka čvrste stenske mase – dijabaza, izdvojenog na lokaciji ležišta PLEŠ – Opština Aleksandrovac, u Laboratoriji za mehaniku stena, Rudarskog oseka, Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu, obavljena su predviđena ispitivanja.

Za potrebe ispitivanja izdvojen je reprezent čvrstih stenskih masa, koji je označen kao:

- R-3, vrsta stene: dijabaz, forma blok, 6 probnih tela

Vrednosti utvrđenih geomehaničkih parametara prikazane su tabelarno u tabeli 1.1. Osnovni statistički parametri utvrđenih geomehaničkih svojstava dati su u tabela 1.2. Tokom opita prikupljeni podaci dati su u poglavlju 6. PRILOZI

Statistička obrada prikupljenih podataka ukazuje da se radi o homogenoj stenskoj masi u pogledu ispitivanih geomehaničkih svojstava (koeficijenti varijacije su $v < 10 \%$, osim za vrednosti dinamički modul elastičnosti E_{dyn} , $v = 19,05 \%$).

Na osnovu utvrđenih fizičko-mehaničkih svojstava dijabaza, prikazanih u gore navedenoj tabeli usvojeni su parametri merodavni za analizu stabilnosti kosina. Analiza stabilnosti obavljena je po metodi HOEK-BRAY-a. Analiza je izvedna na taj način, što je po metodi HOEK-BRAY-a utvrđena vrednost faktora sigurnosti F_s u funkciji ugla nagiba predisponirane ravni klizanja (ψ), vodenog stuba u pukotini $z_w=z$, visine radnih etaža (h) i završnih kosina (H) i ugla radnih etaža, odnosno završnih kosina α .

Na ovaj način analizirane su radne etaže visina $h = 15m$ i $h = 20m$ sa nagibom $\alpha = 65-85^\circ$, (vidi tabelu 2. i sliku 5.).

Završne kosine su analizirane takođe u funkciji $F_s = f(\psi; z_w=z; H; \alpha)$, pri čemu su analizirane visinae $H = 75m$; $H = 85m$ i $H = 95m$ i $\alpha = 50 - 70^\circ$ sa stepenom izdeljenosti stenske mase: dimenzije elementarnog bloka $m = 0,01m$. Rezultati ovih analiza prikazani su u tabeli 3. i slici 6.

Na prikazanim dijagramima jasno se mogu pratiti dozvoljene visine radnih etaža i završne kosine, kao i dozvoljene veličine ugla nagiba kosina, koje se prema obavljenoj analiza, a na osnovu ispitivanog reprezent radne sredine, mogu usvojiti za projektovanje površinskog kopa dijabaza kao PLEŠ – Opština Aleksandrovac.

6. P R I L O Z I

**u vezi ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava
uzorka dijabaza R-1**



LABORATORIJA ZA MEHANIKU STENA

Rudarsko-Geološki fakultet u Beogradu

REZULTATI ISPITIVANJA ZAPREMINSKE TEŽINE

Vrsta stene: Dijabaz

Poreklo: Ležište PLEŠ - Opština Aleksandrovac

Ostalo: Uzorak R-1, probna tela od 1-6

Broj probnog tela	Masa G g	Dimenzije			Zapremina V cm ³	Zapreminska masa ρ gr/cm ³	Zapreminska težina γ kN/m ³
		a cm	b cm	c cm			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	174,02	3,90	3,97	3,95	61,16	2,845	27,91
2	169,34	3,90	3,93	3,92	60,08	2,819	27,65
3	176,15	4,00	3,93	3,94	61,94	2,844	27,90
4	179,57	4,07	3,93	4,00	63,98	2,807	27,54
5	169,69	3,90	3,92	3,90	59,62	2,846	27,92
6	171,26	3,93	3,93	3,94	60,70	2,821	27,67

Srednja vrednost: 27,76 kN/m³

Srednje kvadratno odstupanje: 0,16 kN/m³

Koeficijent varijacije: 0,59 %

Ispitivao:

Overio:

Beograd, 25.12.2019. god.

Prilog 6.1.

LABORATORIJA ZA MEHANIKU STENA

Rudarsko-Geološki fakultet u Beogradu

REZULTATI ISPITIVANJA BRZINE PROSTIRANJA LONGITUDINALNIH TALASA

Vrsta stene: Dijabaz

Poreklo: Ležište PLEŠ - Opština Aleksandrovac

Ostalo: Uzorak R-1, probna tela od 1-6

Broj probnog tela	Dužina l (mm)	Vreme t _p (μs)	Brzina V _p (m/s)	ΔV _p	Δ ² V _p
1	2	3	4	5	6
1	39,0	7,0	5570	-225	50625
2	39,0	8,0	4880	465	216225
3	40,0	7,5	5330	15	225
4	40,7	7,0	5810	-465	216225
5	39,0	7,0	5570	-225	50625
6	39,3	8,0	4910	435	189225
Σ	-	-	32070	0	723150

Srednja vrednost: 5345 m/s

Srednje kvadratno odstupanje: 380,30 m/s

Koeficijent varijacije: 7,11 %

Ispitivao:

Overio:

Beograd, 25.12.2019. god.

Prilog 6.2.

LABORATORIJA ZA MEHANIKU STENA

Rudarsko-Geološki fakultet u Beogradu

REZULTATI ISPITIVANJA BRZINE PROSTIRANJA TRANSVERZALNIH TALASA

Vrsta stene: Dijabaz

Poreklo: Ležište PLEŠ - Opština Aleksandrovac

Ostalo: Uzorak R-1, probna tela od 1-6

Broj probnog tela	Džina l (mm)	Vreme t_s (μs)	Brzina V_s (m/s)	ΔV_s	$\Delta^2 V_s$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	39,0	14,5	2690	-95	9025
2	39,0	17,0	2290	305	93025
3	40,0	15,5	2580	15	225
4	40,7	14,0	2910	-315	99225
5	39,0	14,0	2790	-195	38025
6	39,3	17,0	2310	285	81225
Σ	-	-	15570	0	320750

Srednja vrednost: 2595 m/s

Srednje kvadratno odstupanje: 236,26 m/s

Koeficijent varijacije: 9,10 %

Ispitivao:

Overio:

Beograd, 25.12.2019. god.

Prilog 6.3.

LABORATORIJA ZA MEHANIKU STENA

Rudarsko-Geološki fakultet u Beogradu

REZULTATI ISPITIVANJA DINAMIČKOG MODULA ELASTIČNOSTI I POISSON-OVOG KOEFICIJENTA

Vrsta stene: Dijabaz

Poreklo: Ležište PLEŠ - Opština Aleksandrovac

Ostalo: Uzorak R-1, probna tela od 1-6

Broj probnog tela	γ (kN/m ³)	Brzina V_p (m/s)	Brzina V_s (m/s)	E_{dyn} GN/m ²	μ_{dyn} -
1	2	3	4	5	6
1	27,91	5570	2690	53,85	0,35
2	27,65	4880	2290	39,52	0,36
3	27,90	5330	2580	50,06	0,35
4	27,54	5810	2910	62,08	0,33
5	27,92	5570	2790	57,88	0,33
6	27,67	4910	2310	38,70	0,36
Srednje	27,76	5345	2595	19,05	0,347

Srednja vrednost – E_{dyn} : 50,35 GN/m²

Srednje kvadratno odstupanje: 9,59 GN/m²

Koeficijent varijacije: 19,05 %

Srednja vrednost μ_{dyn} : 0,347

Srednje kvadratno odstupanje: 0,0137

Koeficijent varijacije: 3,95 %

Ispitivao:

Overio:

Beograd, 25.12.2019. god.

Prilog 6.4.

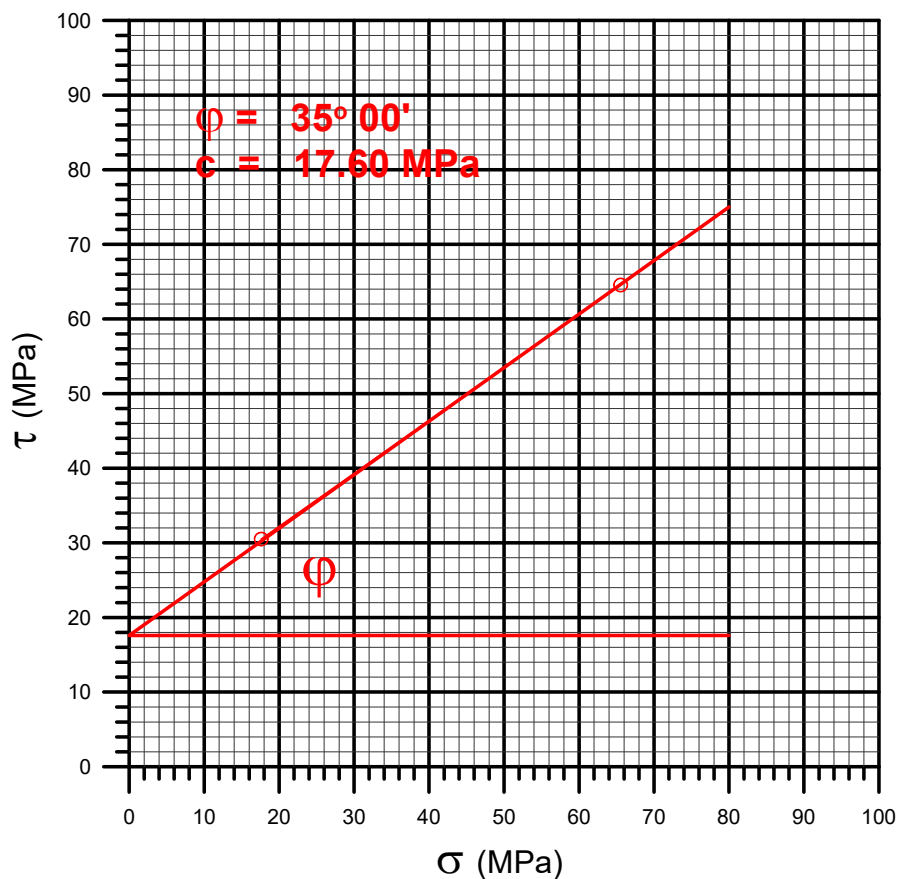
LABORATORIJA ZA MEHANIKU STENA
Rudarsko-Geološki fakultet u Beogradu

R E Z U L T A T I
ISPITIVANJA ČVRSTOĆE NA SMICANJE KROZ STENSKU MASU

Vrsta stene: Dijabaz

Poreklo: Ležište PLEŠ - Opština Aleksandrovac

Ostalo: Uzorak R-1, probna tela od 1-6



Broj probnog tela	Dimenzije		Površina A (cm ²)	Sila P (N)	Ugao smicanja α (°)	τ (MPa)	σ (MPa)
	a (cm)	b (cm)					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3,90	3,97	15,48	165000	45	75,36	75,36
2	3,90	3,93	15,33	120000		55,34	55,34
3	4,00	3,93	15,72	140000		62,64	62,64
Srednja vrednost						64,55	64,55
4	4,07	3,93	15,99	70000	60	37,91	21,89
5	3,90	3,92	15,29	60000		33,98	19,62
6	3,93	3,93	15,44	35000		19,63	11,33
Srednia vrednost						30,51	17,61

Ispitivao:

Overio:

Beograd 26.12.2019. god.

Prilog br. 6.5.