

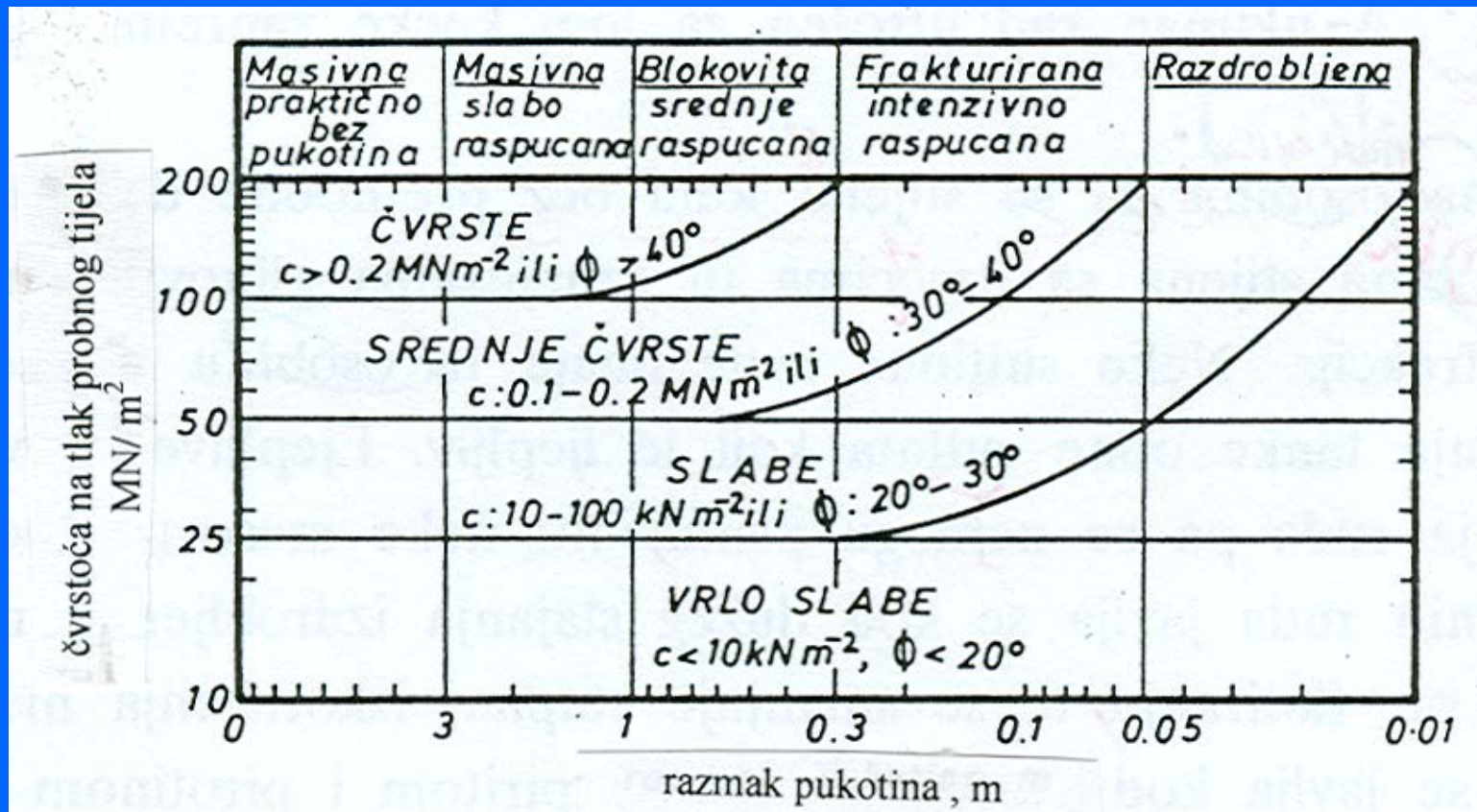
## **2.2. KLASIFIKACIJE STIJENA PREMA FIZIČKO- MEHANIČKIM SVOJSTVIMA STIJENA**

# Inženjersko-geološke klasifikacije stijena

- U znanstvenoj i stručnoj literaturi nema općeprihvaćene i priznate inženjersko-geološke klasifikacije koja bi zadovoljila sva područja rudarske djelatnosti i bila prihvatljiva za sve inženjerske radove u stijenskim masama, što je posljedica prirode stijena
- Inženjersko-geološke značajke stijene određene su geološkim čimbenicima, genezom i poslijegenetskim procesima, fizikalno-kemijskim uvjetima u postanku i kroz geološko vrijeme, mineraloško-petrološkim značajkama, fizičkom stanju i fizičko-mehaničkim svojstvima.

# Klasifikacija stijena po raspucanosti (Z.T. Bienawski)

- Stijene su razvrstane u: masivne, blokovite, frakturirane i razdrobljene



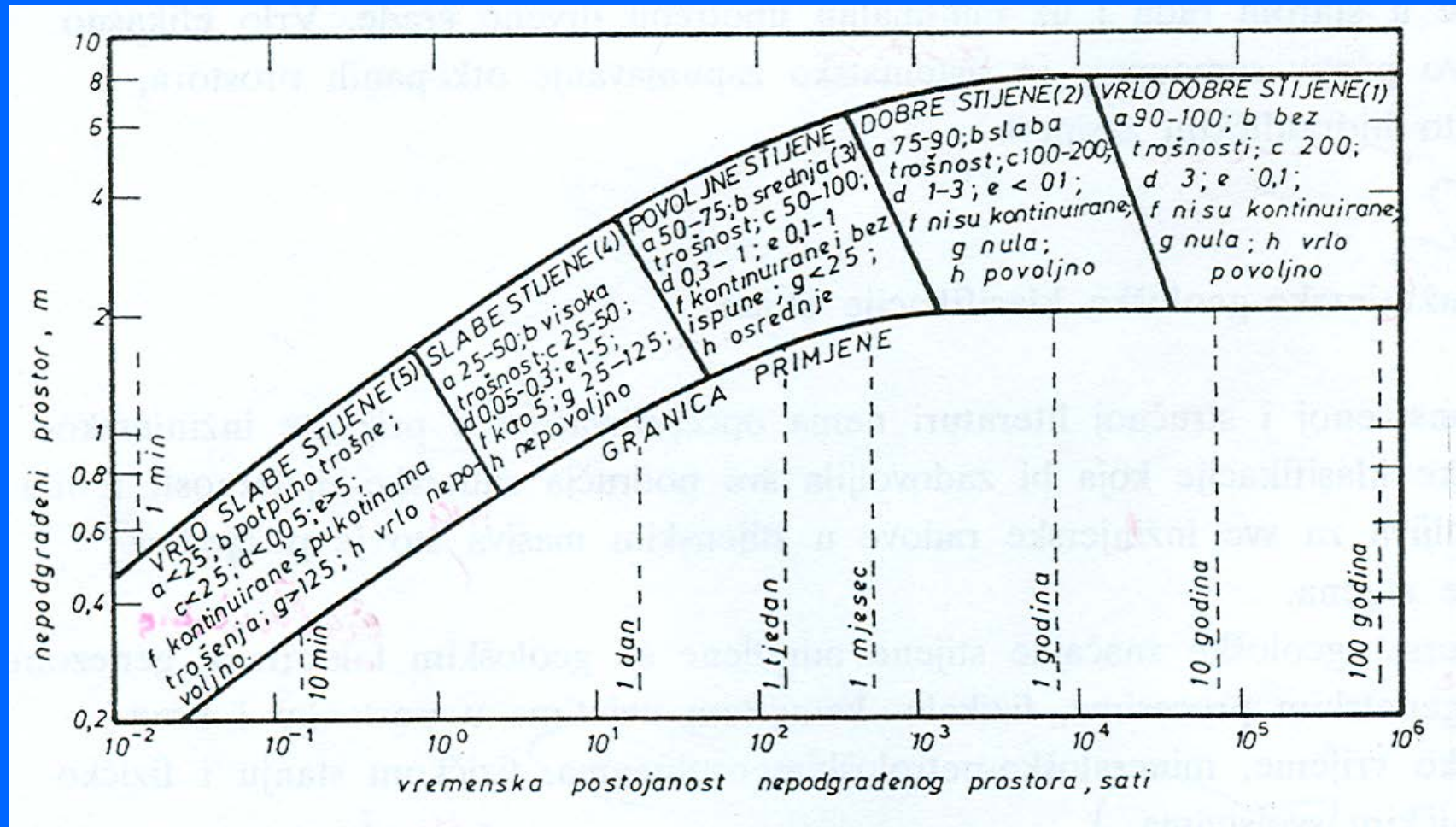
Slika 2.1.

# Klasifikacija stijena za podzemne radove i tunelogradnju (Z.T. Bienawski)

Stijene su opisane slijedećim pokazateljima:

- a - kvaliteta stijene (RQD), iskazana je odnosom sume dužine cijelih jezgara većih od 10 cm i ukupne dužine jezgrovanja u postocima,
- b - trošnost stijene
- c - čvrstoća na tlak uzorka, (MN/m<sup>2</sup>)
- d - razmak pukotina u (m)
- e - širina pukotina u (mm)
- f - neprekinutost pukotina
- g - pritok vode, (l/min)
- h - zalijeganje pukotina

- Prema Z.T. Bienawskom stijene u podzemnim radovima i u tunelogradnji razvrstane su u pet grupa: veoma dobre, dobre, povoljne, slabe i veoma slabe.



Slika 2.2.

# Brisserova podjela stijena

Tablica 2.1. Moguća primjena modernih strojeva za dobivanje na današnjem stupnju razvoja strojeva

Grupa	Naziv tla ili stijene	Specifični otpor kopanju	Otpor na tlak		
<b>Tehnologija rezanja ( dobivanja) klasičnim bagerima</b>					
	<b>Opći podaci</b>	<b>Primjer</b>	<b><math>k_L</math> kN/m</b>	<b><math>k_F</math> MPa</b>	<b>MPa <math>\sigma_{tl}</math></b>
0	nasipi	deponiran sitan materijal, ruda, ugljen	-	-	
I.	meka i rastresita (sipka) tla	pijesak	10, - 50	0,04 – 0,13	<3,0
II.	gotovo zbijena tla	rastresen glinovit pijesak, fini i srednji šljunak, vlažna i rastresita glina, meki lignit,	20 - 65	0,12 – 0,25	3,8 - 8,0
III.	zbijena tla	čvrsti glinoviti pijesak, polučvrsta glina, čvrsti šljunak	25 - 100	0,20 – 0,38	8,0 – 10,0
<b>Tehnologija rezanja s bagerima ojačane konstrukcije i hidrauličkim bagerima lopatarima</b>					
IV.	veoma zbijena tla	čvrsta glina, glinoviti šljunci, meki do polučvrsti ugljen	40 - 120	0,30 – 0,50	10,0 – 15,0
V.	polučvrste stijene, veoma raspucane stijene	polučvrsti škriljevci, jako čvrsta glina, kreda, meki pješčenjak, meki fosforit, meki vapnenac, čvrsti ugljen, jako raspucana ruda	55 – 160	0,50 – 0,70	15,0 – 20,0
<b>Hidraulički bageri s uređajima za razbijanje ili glodanje stijena</b>					
VI.	prilično čvrsta stijena, meka smrznuta tla, srednje raspucane stijene	vapnenac, lapor, kreda, gips, čvrsti fosforit, polučvrsti pješčenjak, škriljevac	90 - 195	0,70 – 2,0	20,0 – 30,0
VII.	čvrsta stijena, polučvrsta stijena, smrznuta tla	čvrsti vapnenac, čvrsti lapor, čvrsta kreda, čvrsti gips, vrlo tvrdi pješčar	140 - 260	1,80 – 5,0	30,0 – 60,0
<b>Pri dobivanju mora se minirati</b>					
VIII.	malo raspucane stijene	malo raspucana ruda, polučvrste eruptivne stijene	-	-	>80,0
IX.	gotovo monolitne stijene	monolitne eruptivne stijene, monolitna teška ruda	-	-	>80,0



# Tablica 2.2. Podjela stijena, prema Dombrovskom-Beljaku

Kategorija	Specifični otpor kopanju $k_p$	Karakteristične podvrste i stanje stijena						
		U masivu – čvrsto stanje			Poslije razaranja – rastresito stanje			
		Karakteristične grupe stijena	Pokazatelji strukture i čvrstoće		Vrste stijena i mineralnih sirovina	Veličina $k_r$ (koeficijent rastresitosti)		
			Čvrstoća na tlak	Kohezija u masivu		Vrlo sitni i sitni	Srednji	Krupni i vrlo krupni
MPa	MPa	MPa		$d_p < 20$ cm	$d_p = 20-40$ cm	$d_p = 40-60$ cm		
I	0,01-0,06 0,03	meke i rastresite stijene	< 3,0	< 0,02	ugljen polustijenski materijal	1,30-1,35 1,35-1,45	1,35-1,45	
II	0,06-0,12 0,09	zamrznute stijene prve kategorije $H_w=0,5-0,7$ m	3,0-8,0	0,02-0,04	ugljen polustijenski materijal stijenski materijal	1,25-1,30 1,35-1,40 1,40-1,45	1,30-1,35 1,40-1,50	
III	0,12-0,20 0,16	slab ugljen, kompaktne stijene, zamrznute stijene prve kategorije $H_w=1,3-1,6$ m i druge kategorije $H_w=0,3-0,4$ m	8,0-10,0	0,04-0,07	ugljen polustijenski materijal stijenski materijal i rude	1,15-1,20 1,30-1,35 1,35-1,40 1,40-1,45	1,25-1,30 1,35-1,40 1,40-1,50	1,40-1,50 1,50-1,60
IV	0,20-0,28 0,24	srednja čvrsti ugljen, vrlo kompaktne stijene, zamrznute stijene I. kategorija $H_w=2,4-2,6$ m II. kategorija $H_w=0,7-0,8$ m III. kategorija $H_w=0,2-0,3$ m	10,0-15,0	0,07-0,10	ugljen polustijenski materijal stijenski materijal i rude	1,05-1,10 1,20-1,25 1,25-1,30 1,35-1,40	1,15-1,20 1,25-1,30 1,30-1,35 1,40-1,45	1,30-1,40 1,40-1,50
V	0,28-0,38 0,33	čvrsti ugljen, najmanje čvrste podvrste polustijenskih mat., zamrznute stijene II. kategorija $H_w=1,0-1,2$ m III. kategorija $H_w=0,5-0,6$ m IV. kategorija $H_w=0,2-0,3$ m stijenski materijal vrlo raspucan s mnogo pukotina, teške rude vrlo raspucane s mnogo pukotina	15,0-30,0 15,0-20,0 > 60,0 > 80,0	0,10-0,15	v vrlo čvrst ugljen polustijenski materijal stijenski materijal VI-VIII kategorije rude VI-VII kategorije	1,02-1,05 1,10-1,15 1,20-1,25 1,25-1,30	1,05-1,10 1,15-1,20 1,25-1,30 1,30-1,35	1,20-1,30
VI	0,38-0,50 0,44	v vrlo čvrst ugljen, prilično čvrste povrste polustijenskih materijala zamrznute stijene II. kategorija $H_w=1,6-1,8$ m III. kategorija $H_w=0,8-1,0$ m IV. kategorija $H_w=0,4-0,6$ m V. kategorija $H_w=0,2-0,3$ m stijenski materijali i rude dosta ispućane	> 30,0 20,0-30,0 > 80,0	0,15-0,23	polustijenski materijal VII kategorije stijenski materijal VIII-IX kategorije rude III-V kategorije	1,10-1,15 1,15-1,20 1,20-1,25	1,15-1,20 1,20-1,25 1,25-1,30	1,20-1,25 1,25-1,30 1,30-1,35
VII	0,50-0,70 0,60	čvrste stijene polustijenskih materijala zamrznute stijene: IV. kategorija $H_w=0,9-1,1$ m; V. kategorija $H_w=0,4-0,6$ m VI. kategorija $H_w=0,3-0,4$ m stijenski materijal i rude – malo ispućane	30,0-60,0 > 80,0	0,23-0,35	stijenski materijal i rude VII-IX kategorije	1,05-1,00	1,10-1,15	1,15-1,20
VIII	0,10-1,00 0,85	zamrznute stijene V. kategorija $H_w=1,0-1,2$ m VI. kategorija $H_w=0,8-0,9$ m čvrste stijene i rude – malo ispućane	> 80,0	0,35-0,55	stijenski materijal i rude IX kategorije	1,02-1,05	1,05-1,10	
IX	1,0-1,5	stijene i rude praktično monolitne	> 80,0	0,55				

## Tablica 2.3. Klasifikacija karbonatnih stijena (prema Novoselu i dr.)

Broj kategorije	Opis inženjerskogeoloških obilježja	Geofizička svojstva			Tip preslometarske krivulje	RQD	Aksijalna čvrstoća	Parametri čvrstoće za smicanje	
		Brzina seizmičkih valova		veličina električnog otpora				kut unutrašnjeg trenja	kohezija
		uzdužni	poprečni						
		m/s	m/s	$\Omega$ m				%	MPa
I	Stijena je neokršena, blokovi su masivni, učestalost pukotina je vrlo mala, ako postoje plohe pukotina su vrlo velike, a širina pukotina vrlo mala, pukotine su bez ispune ili su ispunjene kristaliziranom supstancom	> 4 300	> 2 200	> 1 000	F	90-100	> 100	> 45	> 500
II	Stijena je slabo okršena, blokovi su veliki, učestalost pukotina je mala, pukotine su rijetke i velike a širina im je mala, pukotine su rijetko po plohama presvučene filmom gline	3 000-4 300	1 600-2 200	> 1 000	F	75-90	75-100	> 45	> 500
III	Stijena je srednje okršena, blokovi su srednje veličine, učestalost pukotina je srednja, površina pukotina je srednje veličine, pukotine su srednje širine, pukotine su djelomično ispunjene glinom	2 000-3 000	1 000-1 600	300-1 000	E	50-75	50-75	40-45	300-500
IV	Stijena je jako okršena, blokovi su mali, učestalost pukotina velika, površina pukotina je uglavnom mala, pojava srednje velikih pukotina je učestala, pukotine su ispunjene mješavinom fragmenata stijene i gline ili poluvezanim brečama	1 400-2 000	650-1 000	300-1 000	D	25-50	25-50	35-40	200-300
V	Stijena je vrlo jako okršena, učestala je pojava vrlo malih blokova, površina pukotina je vrlo mala, uočavaju se milonitizirane zone, javljaju se pukotine velike širine ispunjene glinom i fragmentima stijene ili poluvezanim brečama	900-1 400	400-650	150-300	C	10-25	10-25	30-35	150-200
VI	Stijena je ekstremno okršena, prevladavaju ekstremno mali blokovi i milonitizirane zone, površina pukotina je ekstremno mala, a učestalost pukotina ekstremno velika, uočavaju se pukotine ekstremne širine ispunjene glinom i fragmentima stijena te poluvezanim brečama	600-900	250-400	150-300	B	0-10	3-10	< 30	100-150
VII	Džepovi i vrtalce ispunjene glinom ili mješavinom gline i fragmenata stijena	300-600	150-250	35-200	A	0	0-1	< 30	< 100



# Geomehanička klasifikacija stijena RMR (rock mass rate)

Metoda se često koristi pri inženjerskim radovima: izradi tunela, zasjeka i temelja.

Stijene se klasiraju bodovanjem slijedećih parametara:

1. jednoosna tlačna čvrstoća
2. RQD
3. međusobna udaljenost i stanje diskontinuiteta
4. protok vode
5. pružanje i nagib diskontinuiteta u odnosu na objekt

# Geomehanička klasifikacija stijena RMR (rock mass rate)

PARAMETAR		PODRUČJE VRIJEDNOSTI						
1	Jednoosna tlačna čvrstoća intaktne stijene (MPa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50.	<25		
		15	12	7	4	5 - 25	1 - 5	<1
2	RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25		
		20	17	13	8	3		
3	razmak diskontinuiteta (prema BGD)	>2 m	0,6 - 2 m	20 - 60 cm	6 - 20 cm	< 60 mm		
		20	15	10	8	5		
4	stanje diskontinuiteta	vrlo hrapave površine, isprekidane, sljúbljene, zidovi stijenci nerastrošeni	neznatno hrapave površine, zijev < 1 mm, neznatno rastrošeni zidovi	neznatno hrapave površine, zijev < 1 mm, vrlo rastrošeni zidovi	glatka površina (skliska) ili ispuna tanja od 5 mm ili zijev 1 - 5 mm, neprekinute	mekana ispuna deblja od 5 mm ili zijev širi od 5 mm, neprekinute		
		30	25	20	10	0		
5	stanje podzemne vode: - dotok na 10 m dužine tunela (l/mln) tlak pukotinske vode - odnos $\frac{\text{tlak pukotinske vode}}{\text{veće glavno naprezanje}}$ - opće stanje	nikakav	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		suho	vlažno	mokro	curenje	tečenje		
		15	10	7	4	0		
6	orijentacija diskontinuiteta u odnosu na objekt							

Tablica 2.4. Ocjena kvaliteta stijene prema RQD parametru  
(prema D. Deere-u)

pružanje i nagib	vrlo povoljno	povoljno	dobro	nepovoljno	vrlo nepov.
tuneli	0	-2	-5	-10	-12
temelji	0	-2	-7	-15	-25
zasjeci	0	-5	-25	-50	-60 ..

Tablica 2.5. Ocjena kvaliteta stijene prema pružanju i  
nagibu diskontinuiteta u odnosu na objekt

RQD, %	kvaliteta stijene	gustoća raspucanosti
100-90	izvrсна	nikakva do vrlo slaba
90-75	dobra	slaba
75-50	srednja	srednja
50-25	loša	velika
25-0	vrlo loša	vrlo velika

Tablica 2.6. Kategorizacija stijena prema RMR metodi

$\Sigma$ bodova	81-100	61-80	41-60	40-21	<20
kategorija	I	II	III	IV	V
opis stijene	vrlo dobra	dobra	povoljna	loša	vrlo loša