

# **Potencijal srednje do jače razlomljenih ležišta prirodnog kamena**

**Ivan Tomašić & Zrinka Vidović-Tisanić**

**RGN fakultet Zagreb**

**Istraživanje, utvrđivanje i vrednovanje ležišta prirodnog kamena treba analizirati korištenjem različitih kriterija kako bismo na najbolji način utvrdili čemu sve kamen može poslužiti**

- 1. Boja, struktura i značajke mineralnog sastava u kamenu mogu značajno utjecati na njegovu primjenu. Utječu na definiranje finalnog proizvoda a također i na DEKORATIVNI KRITERIJ**
- 2. TEHNIČKI KITERIJ objedinjuje sva fizička i mehanička svojstva. Definira čemu sve različiti kameni proizvodi mogu poslužiti. Utječe na postojanost kamena.**
- 3. GEOLOŠKI KRITERIJ objedinjuje sve geološke značajke u ležištu-kamenolomu. Položaj i raspucanost stijenske mase utječu na način eksploatacije i njeno iskorištenje.**
- 4. TEHNOLOŠKI KRITERIJ objedinjuje pokazatelje koji utječu na obradivost ili drobivost bilo da se radi o prirodnom kamenu ili nekom drugom proizvodu.**
- 5. EKONOMSKI KRITERIJ služi za vrednovanje finalnog proizvoda na tržištu. Temelji se na svim prethodnim kriterijima. Profitabilna eksploatacija i prerada osiguravaju stabilnu proizvodnju.**

# **Važnost analize položaja diskontinuiteta u kamenolomu**

**Optimalni položaj diskontinuiteta jest:**

- 1. Diskontinuiteti su MEĐUSOBNO približno OKOMITI ili teže da budu okomiti.**
- 2. Diskontinuiteti su MEĐUSOBNO PARALELNI ili teže da budu paralelni.**
- 3. Diskontinuiteti su na VELIKIM RAZMACIMA bez obzira jesu li međusobno okomiti ili paralelni.**
- 4. Diskontinuiteti zatvaraju POVOLJAN KUT PREMA HORIZONTALNOJ POVRŠINI u kamenolomu.**

**Ove su analize temelj za izbor optimalne tehnologije eksploracije !!!**

## **Ostali važni čimbenici koji utječu na iskorištenje stijenske mase:**

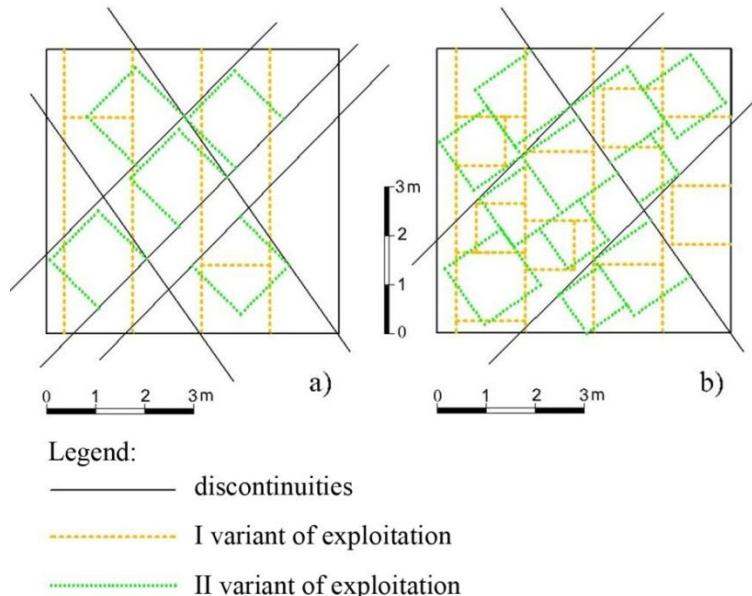
- 1. Primjena različitih strojeva i alata u tijeku eksploatacije.**
- 2. Mogućnost prilagođavanja eksploatacije položaju diskontinuiteta (horizontalni, vertikalni i kosi rezovi).**
- 3.Ostale mogućnosti eksploatacije (prevrtanje odjednom većih masa stijenske mase od 150 do 250 m<sup>3</sup> i njeno odvajanje duž prirodnih diskontinuiteta).**
- 4. Matematička i grafička analiza svih važnih čimbenika od utjecaja na iskoristivost blokova u nekom kamenolomu**

# **Utjecaj struktturnog sklopa stijenske mase i tehnologije eksplotacije na iskorištenje u blokovima**

- 1. Model se temelji na hipotetskim značajkama struktturnog sklopa**
- 2. Za analizu je izabrana vertikalna radna površina od 36 m<sup>2</sup>.**
- 3. Hipotetska gustoća diskontinuiteta se mijenja umetanjem novih diskontinuiteta na spomenutu radnu površinu (u m'/m<sup>2</sup>)**
- 4. Dvije različite metode eksplotacije su korištene u simulaciji:**
  - I metoda – korišteni su vertikalni i horizontalni rezovi ;**
  - II metoda- odvajanje blokova iz stijenske mase duž prirodnih diskontinuiteta (kosi rezovi su mogući ali teško izvedivi).**

**Cijeli je problem pojednostavljen i analiziran kao dvodimenzionalan.  
Prikazan je na slici 1.**

# Potencijal srednje do jače raspucanih ležišta prirodnog kamenja analiziran kao dvodimenzionalni problem



**Sl. 1 Hipotetski primjer gustoće diskontinuiteta na određenoj površini u kamenolomu prilikom primjene dvije različite metode eksploracije (I i II)**

**Na slici 1 a) prikazano je iskorištenje konstantnih veličina kamenih blokova površine  $1.4 \times 1.4$  m**

**Na slici 1 b) prikazano je iskorištenje različitih veličina blokova površina  $1.4 \times 1.4$  m;  $1.2 \times 1.2$  m and  $1.0 \times 1.0$  m**

## **Prvi zaključak:**

**Očigledno je da su razlike u iskorištenju blokova između obje varijante eksploatacije (I i II) vrlo dobro vidljive.**

**Eksplotacija različitih veličina blokova (u ovom slučaju površina omogućuje znatno povećanje iskorištenja stijenske mase (sl. 1. b).**

**Dakako da rezultati nisu realni s obzirom da je cijeli problem analiziran kao dvodimenzionalan.**

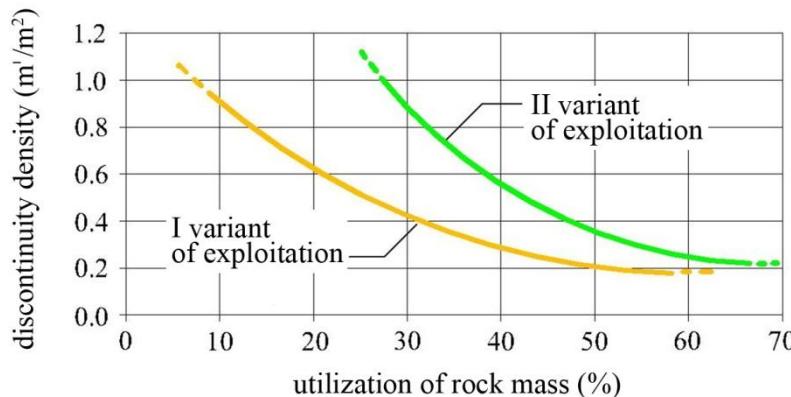
**Vrlo je važno da su ovi rezultati kao primjer posebno pogodni za razmatranje problema u srednje i jače raspucanim kamenolomima**

**Koliko je zapravo moguće povećati iskorištenje stijenske mase biti će vidljivo na slijedećim dijagramima i krivuljama**

## Legenda:

Krivulja lijevo: I varijanta eksploatacije – vertikalni i horizontalni rezovi

Krivulja lijevo: II varijanta eksploatacije – kosi rezovi ili prevrtanje velikih dijelova stijenske mase i njeno odvajanje duž prirodnih diskontinuiteta



Važno !

Konstantna veličina blokova,  
odnosno površina blokova:

$1.4 \times 1.4 \text{ m}$

Sl. 2 Krivulje pokazuju odnos između gustoće diskontinuiteta ( $m'/m^2$ ) i iskoristivosti stijenske mase u blokovima konstantnih površina ( $1.4 \times 1.4 \text{ m}$ )

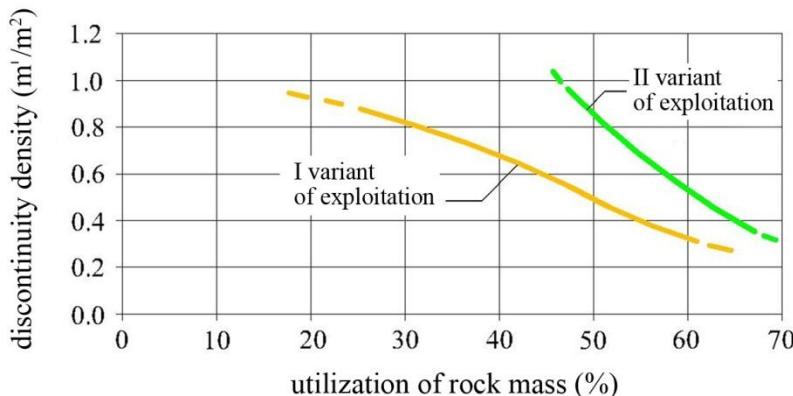
Smanjenje gustoće diskontinuiteta utječe na povećanje iskoristivosti kod obje varijante eksploatacije

Povećanje gustoće diskontinuiteta povećava razlike u iskorištenju u prilog II varijante eksploatacije.

## Legenda:

Krivulja lijevo: I varijanta eksplotacije – vertikalni i horizontalni rezovi

Krivulja lijevo: II varijanta eksplotacije – kosi rezovi ili prevrtanje velikih dijelova stijenske mase i njeno odvajanje duž prirodnih diskontinuiteta



Važno!

Različite veličine blokova,  
odnosno površina blokova

1.4x1.4 m; 1.2x1.2 m  
1.0x1.0 m

**Sl. 3 Krivulje prikazuju odnos između gustoće diskontinuiteta ( $m'/m^2$ ) i Iskorištenja blokova odnosno njihovih površina (1.4x1.4 m; 1.2x1.2 m i 1.0x1.0 m)**

Eksplotacija različitih veličina blokova odnosno njihovih površina u ovom slučaju utječe na povećanje iskoristivosti kod obje varijante eksplotacije (I and II).

Obje krivulje pomaknute su u desno u odnosu na one prikazane na sl. 2

Druga (II) varijanta eksplotacije omogućuje visoki porast iskoristivosti stijenske mase

Ako je stijenska masa jače raspucana razlike kod obje varijante eksplotacije su sve veće u prilog II varijante eksplotacije.

**TO JE ONO ŠTO SE PONAJVIŠE ŽELI ISTAKNUTI !!!!**

## **Drugi zaključak:**

**Temelji se na slikama 1a, 1b, 2 i 3:**

**Forsiranje rezanja vertikalnih i horizontalnih rezova (I varijanta eksplotacije) ne daje dobre rezultate u srednje do jako raspucanim ležištima-kamenolomima.**

**Vertikalni i horizontalni rezovi smanjuju iskorištenje i oštećuju cjelovite dijelove stijenske mase zbog velike gustoće i nepovoljnog međusobnog položaja diskontinuiteta.**

**Eksplotacija konstantnih veličina površina blokova  $1.4 \times 1.4$  m (u stvarnosti volumena blokova) loše utječe na iskorištenje stijenske mase u odnosu na primjer na sl. 3 gdje su u obzir uzete različite površine blokova ( $1,4 \times 1,4$ ;  $1,2 \times 1,2$  i  $1,0 \times 1,0$  m).**

**Smanjenje veličina površina blokova (u stvarnosti volumena blokova) znatno povećava iskoristivost stijenske mase.**

**Druga (II) varijanta eksplotacije je vrlo učinkovita u slučaju prevrtanja velikih blokova stijenske mase koja se potom odvaja po prirodnim diskontinuitetima.**

## **Moguće rezerve prirodnog kamena i neke sličnosti s Laskyjevim zakonom:**

**Laskyjev zakon je tehnika kojom su obavljane hipotetske procjene rezervi prije 60 godina.**

**Praksa je pokazala da je Laskyjev zakon primjenljiv samo za neke vrste mineralnih sirovina.**

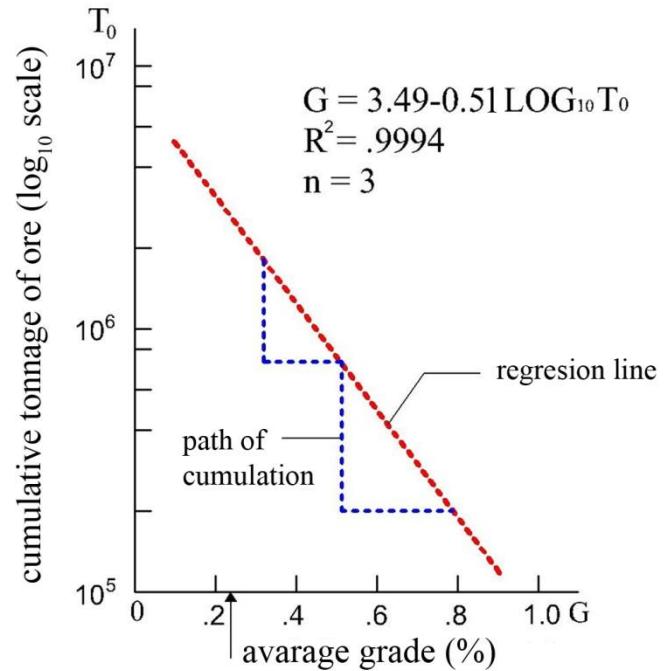
**Laskyjev zakon zvuči veoma optimistično kod nekih mineralnih sirovina koje obilježava specifična geneza i struktura građa.**

**Moglo bi se vjerovati da se Laskyjev zakon može primijeniti kod ležišta prirodnog kamena za procjenu mogućih rezervi uz uvjet da idemo na maksimalno povećanje iskoristivosti stijenske mase.**

## Sl. 4 Odnos između srednjeg sadržaja i kumulativne tonaze rude (Lasky)

Kao geolog u U.S. Geological Survey, opazio je aritmetičko smanjenje srednjeg sadržaja bakra u ležištima (izraženo u postocima na tonu) i, u isto vrijeme, da se kumulativno proizvodnja rude povećava eksponencijalno ili geometrijski.

Prethodno spomenuto vidljivo je na krivulji desno a koja poslije fitovanja potvrđuje hipotetsko kretanje podataka za vrijeme eksploatacije.



## Zaključna razmatranja:

Prethodno spomenut Laskyjev zakon korišten je kao ideja za procjenu rezervi u ležištima-kamenolomima prirodnog kamena.

Laskyjev zakon pruža jedan optimističan pogled na neke mineralne sirovine posebice na mogućnosti koje postoje u ležištima prirodnog kamena.

Ako se dimenzije finalnih produkata konstantno mijenjaju (smanjuju) tada se model iskoristivosti sve više podudara Laskyjevim zakonom.

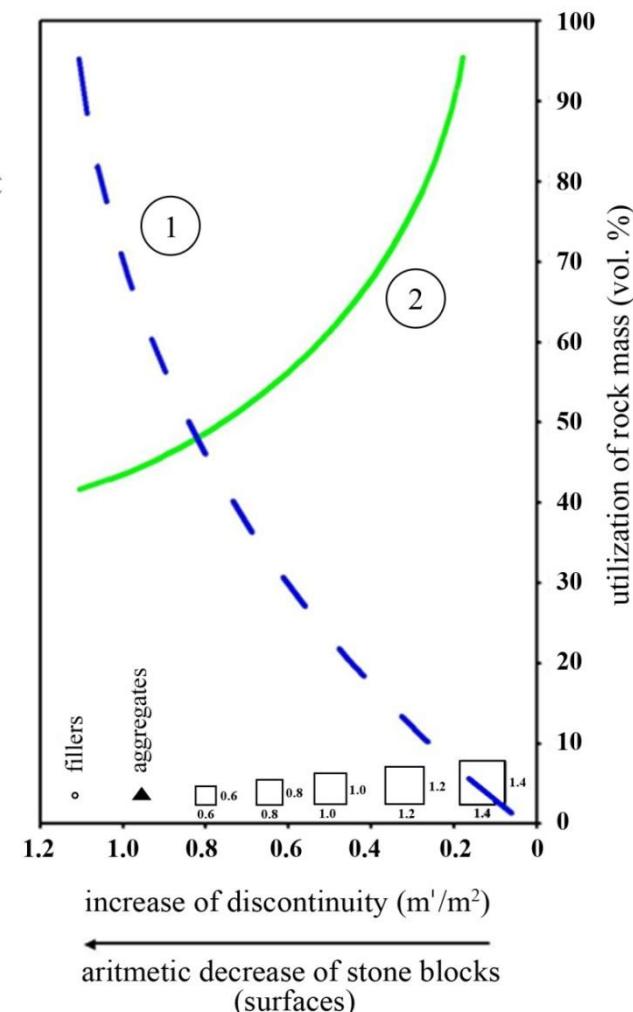
Dijagram na slijedećoj slici (sl. 5) ukazuje na važnost uvođenja u eksploataciju blokova različitih veličina (u analiziranom slučaju površina) te drugih različitih proizvoda kao na primjer kamenih kocaka, specijalnih kamenih elemenata, agregata i filera

Također je važno spomenuti daje Laskyjev zakon moguće prikazati u eksponencijalnom umjesto logaritamskom obliku.

## Sl. 5 Prikaz dviju krivulja temeljenih na različitim hipotetskim podacima

Hipotetska krivulja (1) prikazuje kumulativno povećanje rezervi prirodnog kamena u tonama u skladu sa Laskyjevim zakonom. Ako se gustoća diskontinuiteta povećava tada se veličine blokova u ležištu (u našem slučaju površine blokova) i gotovih proizvoda moraju smanjivati aritmetički a rezerve u tonama je u tom slučaju moguće povećati geometrijski ili eksponencijalno.

Krivulja (2) proizlazi iz one prikazane na sl. 3. Ova krivulja utvrđena je temeljem druge (II) varijante eksploatacije odnosi se na različite ali unaprijed utvrđene veličine blokova (u ovom slučaju površine blokova) dimenzija  $1.4 \times 1.4$  m;  $1.2 \times 1.2$  m and  $1.0 \times 1.0$  m.



## **Konačni zaključak:**

**Različite veličine finalnih proizvoda omogućuju održivu eksploraciju.**

**Ovakav pristup povećat će vrijednost ležišta i znatno povećanje prihoda u obliku dodane vrijednosti sukladno povećanju broja proizvoda od kamenja.**

**Postoji granični slučaj kada je najteže odlučiti kada primijeniti I ili II varijantu eksploracije.**

**Nema sumnje da je jedan ovakav optimistički pristup prema Laskyjevom zakonu primjenljiv u ležištima prirodnog kamenja.**

**Posebno su mnoga karbonatna ležišta u Hrvatskoj pogodna za razradu ovakvog pristupa.**

**Vjerujemo da će u budućnosti ovakve hipotetske pretpostavke biti adekvatno vrednovane i opravdane.**



Fig. 6 Fractured rock mass in the quarry



Fig. 7 Small stone blocks after exploitation



**Fig. 8 Finished stone elements with high added value**