

EKSPLOATACIJA GRANITNIH KAMENA SAMACA

Ivan COTMAN

KAMEN dd, Trg Slobode 2, 51400 Pazin, Hrvatska

Ključne riječi: Kamen samac (boulder), Eksploatacija, Boulder tehnologija

Opisani su procesi nastajanja, petrografija, oblici, svojstva i eksploatacija granitnih kamena samaca ili bouldera. Najuspješnija metoda eksploatacije granitnih kamena samaca je usmjereno bušenje i miniranje barutom (boulder tehnologija).

Key-words: Boulder, Exploitation, Boulder technology

The processes of forming, petrography, features, properties and exploitation of granite boulders are described. The directional drilling and black powder blasting is the successful method in exploitation of granite boulders (boulder technology)

Uvod

Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena dijeli se u osnovi u dvije grupe:

- površinske eksploatacije i
- podzemne eksploatacije.

Površinske eksploatacije s obzirom na morfologiju ležišta možemo podijeliti na:

- a) eksploatacija kamena samaca ili bouldera,
- b) eksploatacija masivnih ležišta:
 - horizontalnim i vertikalnim piljenjem i obaranjem primarnih blokova s naknadnim cijepanjem u blokove dimenzija pogodnih za preradu i tržište,
 - višestrukim horizontalnim podrezivanjem primarnih blokova s direktnom proizvodnjom blokova pogodnih za preradu,
- c) eksploatacija slojevitih ležišta:
 - vadenjem blokova iz tankoslojevitih ležišta s otvorenim slojnicama i tankom otkrivanjem,
 - vadenjem blokova iz slojevitih ležišta s debelom otkrivanjem.

Posebnu pažnju u ovom članku poklonit ćemo eksploataciji velikih kamena samaca magmatskog porijekla. U našoj zemlji takvih pojava uglavnom nema, međutim, dio ležišta u Africi i Južnoj Americi, a poneko i u Europi, upravo pripada tom tipu.

U engleskoj literaturi za ovu metodu eksploatacije rabi se izraz BOULDER TECHNOLOGY, a u južnoameričkoj literaturi u uporabi je izraz EKSPLOATACION DES MATACOES.

Definicija pojma BOULDER

Engleska riječ boulder u prijevodu ima više značenja. Predstavlja sinonim za veliki šljunak, oblutak i gromadu. Izraz »boulder-period« u prijevodu znači »ledeno doba«.

Definicija bouldera prema Bates i Jackson (1980) glasi, da je to odjeljeni dio stijenske mase većeg promjera od 256 mm, a ponešto zaobljen ili na drugi način jasno oblikovan abrazijom ili za transporta, kojega sedimentolozi priznaju kao najveći stjenoviti fragment. U Velikoj Britaniji ogra-

ničavajuća dimenzija je 200 mm. To je ujedno i opći naziv za bilo koji dio stijene koji je pretežak da se diže rukama.

U rudarskoj terminologiji ovaj se izraz rabi za označavanje komada stijene zaobljenih bridova, približno ovalnog oblika i promjera većeg od 256 mm. Oblik bouldera posljedica je kemijskog i/ili mehaničkog trošenja na licu mjesta ispod ili na površini zemlje, kao i prilikom transporta rijekama i ledenjacima.

Budući u našem jeziku ne postoji odgovarajući zamjenski izraz, osim možda kamen samac, u daljem tekstu preuzet ćemo izraz boulder pri tumačenju osnovnih elemenata tehnologije dobivanja blokova iz tako oblikovanih kamenih gromada. Boulder i o kojima će biti riječ nastali su na licu mjesta kemijskim i/ili mehaničkim trošenjem.

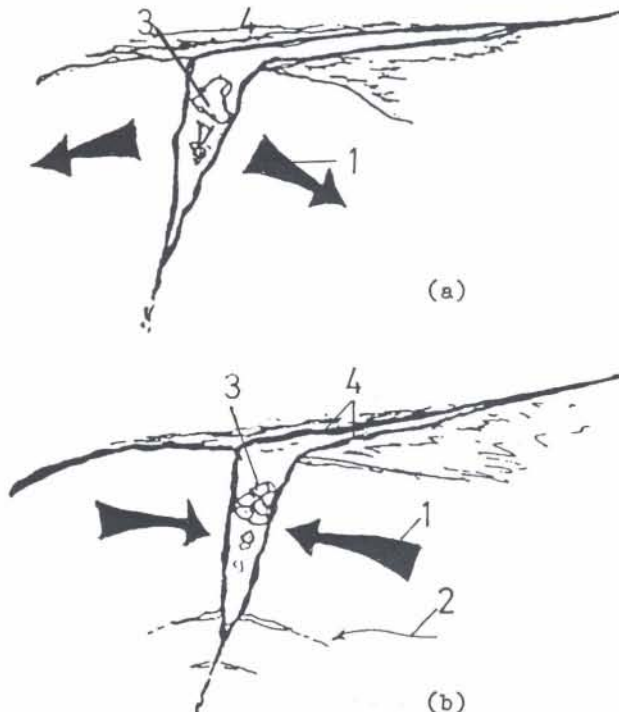
Postanak bouldera

Postoji nekoliko teorija o tome kako su boulder nastali. One su uglavnom suglasne u tome, da su boulder nastali trošenjem autohtonih izdanaka stijena. Tri moguća načina nastanka bouldera velikih dimenzija, kao posljedicu trošenja granita, opisao je Oliver (1974). Trošenjem granita nastaju litičaste formacije (Dartmoor), formacije izoliranih vrlo strmih planina (visoravni Ugande) i formacije osamljenih malih strmih planina (Nigerija).

Rezultat mehaničkog i/ili kemijskog trošenja granita je nastajanje reljefa u kojemu dominiraju kupolasti izdanci stijena većih ili manjih dimenzija. Kada se trošenjem formiraju takvi oblici u kojima sferoidalni komadi stijene leže nslagan jedan na drugom, tada takvu pojavu nazivamo »balansirajuće stijene«. Takav reljef karakterističan je za sjeverni dio Zimbabwea u kojemu se eksploatiraju crni graniti. Opisani oblici nastaju uglavnom djelovanjem pustinjske klime, gdje postoje veće dnevne promjene temperatura. Uslijed dnevne i noćne temperaturne razlike na površini stijene nastaju sitne prsline. U prsline se uvlači pijesak. Kroz noć temperatura pada, kamen se steže a time pukotina širi, pa zrnice pjeska pada dublje u nju.

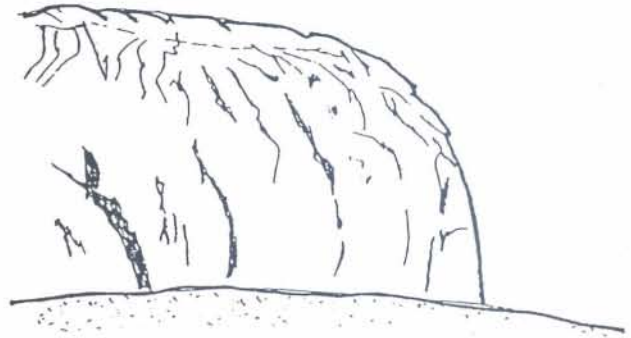
Po danu, porastom temperature, kamen se širi i time pukotine stežu te nastaju sitne radialne prsline, posljedica čega je »ljuštenje« stijene. Ovo ljuštenje u kombinaciji s postojećim pukotinama polagano zaobljava i smanjuje izdanak stijene. Tumačenje bi trebalo detaljnije razraditi, što bi moglo pridonjeti boljem poznavanju toga tipa alteracije. Shematski prikaz opisanog procesa prikazan je na sl. 1, a shematski prikaz tako nastalih bouldera na terenu na sl. 2. i 3.

U Hrvatskoj postoji nekoliko lokaliteta na kojima su izvođeni istraživački radovi s ciljem utvrđivanja mogućnosti vađenja blokova granita. Od lokaliteta koji su istraživani spomenimo gabro na Kalniku (Crnković i dr., 1974) i granit na papučkoj Ravnoj Gori (Jovičić i dr., 1992). Lokalitet na Ravnoj Gori je dosada najperspektivniji i na njemu je 1989. i 1990. obavljena i probna eksploatacija. Tom je prilikom izvađeno 300-tinjak m³ blokova i tombolona. Trenutno su radovi obustavljeni. Spomenuti su lokaliteti uglavnom pokriveni humusom i obrasli gustom šumom. Na površini terena nema karakterističnih oblika koji bi sličili opisanim boulderima. Šuma i raslinje vezalo je humusno-pjeskoviti pokrivač, pa nije moglo doći do formiranja bouldera. Ispod humusnog pokrivača i saprolita vjerojatno dolazi do manjih oscilacija temperature, pa ovdje prevladava ke-



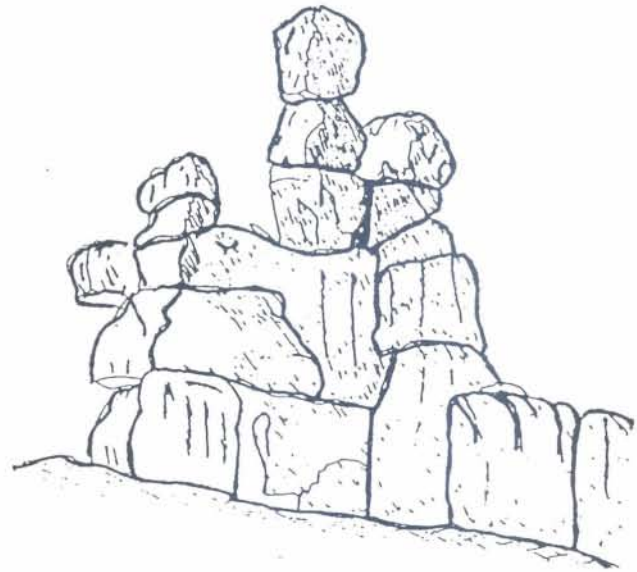
Sl. 1. Noćno širenje (a) i dnevno stezanje (b) pukotine na površini stijene pod utjecajem promjena temperature
1 smjer širenja ili stezanja
2 sitne prsline
3 sitni komadići kamena ili pijesak
4 izvorna stijena

Fig. 1. Nightly spreading (a) and daily contraction (b) of the fracture on rock surface after influence of temperature changes
1 direction of spreading or contraction
2 small cracks
3 small pieces of stone or sand
4 original rock



Sl. 2. Shematski prikaz velikog kamena samca ili bouldera kako se može naći na terenu

Fig. 2. Schematic view of the big boulder as it can be found in nature



Sl. 3. Takozvane »balansirajuće stijene« kako se mogu vidjeti u prirodi. Poneke od njih mogu imati volumen iznad 10 m³.

Fig. 3. So called »balancing rocks« as they can be seen in nature. Some of them can have over 10 m³ of volume

mijsko trošenje. Ono je posebno izraženo duž diskontinuiteta koji su rezultat izrazite tektonike prisutne na ovim našim terenima.

Značenje bouldera

Kada veličina formiranih bouldera prelazi nekoliko prostornih metara po izdanku, tada takav boulder može biti zanimljiv za dobivanje blokova. U prirodi boulder pojedinačno mogu imati obujam čak do nekoliko stotina prostornih metara. Vrlo često takvi boulderer nemaju ni pukotina ni prsline, već predstavljaju potpuno zdravu stijen-sku masu. Takav boulder nalazi se u Makedoniji nedaleko Prilepa. To je ležište granita Kukul (kukul po makedonski znači stog sijena). Dodatna, vrlo važna karakteristika bouldera je, da su im sve stranice ili površine slobodne, znači da nema uk-lještenja koja bi otežavala eksploataciju. S rudarskog gledišta boulder predstavlja najpogodiji oblik stijene za vađenje blokova. No, da bi boulder stvarno postao izvorom sirovine, osim opisanih značajki, materijal od kojega je boulder izgrađen

mora udovoljiti i ostalim kriterijima, kao što su estetski, tržišni i dr.

Boulderi su za onoga tko se bavi istraživanjem i eksploatacijom arhitektonskog kamena u isto vrijeme i sreća i nesreća. To iz ovih razloga:

- veliki »zdravi« boulder predstavlja izvor sirovine ili blok koji je vrlo jeftin u proizvodnji. Naime, iz jednog većeg bouldera brzo se pravilnim usmjerenim miniranjem mogu izvaditi blokovi. Prema tome, sredstva koja se ulažu u probnu eksploataciju mogu biti mala i brzo se vraćaju. Većina istraživača mineralnih sirovina odlučuje se na probnu eksploataciju upravo na lokacijama s morfologijom bouldera;
- nažalost, vrlo često boulderi imaju promjenjivu teksturu i strukturu, a često u sebi sadrže anklave koje estetski nagrđuju materijal. Te su pojave naročito izražene kada se boulder nalazi u krovinskom dijelu silla ili intruzivnog tijela;
- boulderi također sadrže i različite teksturne i strukturne »defekte« koji su predstavljeni bijelim ili crnim prugama, aplitskim žilama ili diferencijacijama, što uvelike smanjuje estetsku vrijednost bloka koji će se eventualno izvaditi;
- ukoliko su boulderi nastali u gornjem dijelu silla, nalaze se obično duž krovinskog kontakta. Blokovi izvađeni iz takvog dijela bouldera bit će svjetliji od blokova dobivenih iz podinskog dijela silla.

Za procjenu kvalitete stijenske mase blokovi dobiveni iz bouldera mogu se smatrati uvjetno reprezentativnim. Kod jednobojskih materijala ovo pravilo treba uzeti s rezervom. Kod obojenih se materijala ne smije zaboraviti, da blok izvađen iz susjednog bouldera može biti posve drugačijeg estetskog ugodaja s obzirom na građu, boju i šare. Upravo iz netom navedenih razloga u praksi je čest slučaj da određeni isporučioći blokova nisu u stanju osigurati veće količine materijala koji je približno istovjetan. Taj je problem takav, da se pojedina boulderska ležišta moraju napustiti.

Usmjereno miniranje

Uspješnost usmjerenog miniranja ovisi o:

- sposobnosti kamena da se cijepa,
- efektu usmjerenih bušotina u stijeni koja se obrađuje i
- pritisku deflagrantnog eksploziva u bušotini.

Svaki kamenar iz prakse znade, da svaki pojedini materijal ima različito izraženu cjepivost koja se razlikuje duž raznih smjerova u bloku. Jedan od tih smjerova uvijek je najlakši, nazivamo ga **LINIJA NAJLAKŠE CJEPIVOSTI**. Prema ASTM normama taj se smjer naziva »predodređeni smjer po kojemu se kamen najlakše odvaja (cijepa)«. Ta nevidljiva ploha u stijeni može biti posljedica različitih fenomena, od unutrašnjih pritisaka, preko mikroprslina, pa sve do ploha lučenja. Prema izjavama, da neki kamen nema cjepivosti, treba biti oprezan, jer to najvjerojatnije ne odgovara istini. Cjepivošću kao svojstvom, u manjoj ili većoj mjeri, odlikuju se sve magmatske stijene. Dovoljno se podsjetiti na razmake bušotina kod

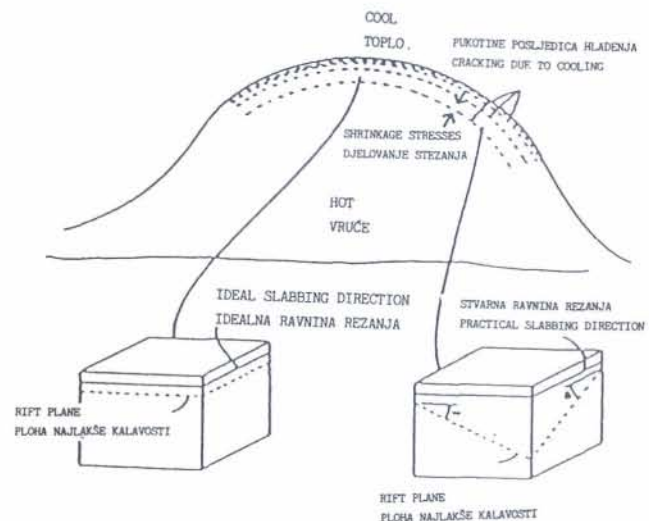
cijepanja blokova koje su često različite, ovisno o tome, cijepa li se »glava« bloka ili njegova bočna stranica.

Magmatske stijene, pogotovo sitnozrnate, vrlo često imaju svojstvo cjepivosti vrlo izraženo i ono se koristi pri eksploataciji. Ove su stijene nastale kristalizacijom magme koja se hladila u različitim uvjetima, u različitim dubinama i pod različitim pritiscima. Djelovanje tektonike u svakoj fazi nastajanja stijene ostavljalo je traga, prvenstveno u rasporedu sastojaka u njoj. Takvi uvjeti nastajanja stijene mogli su u njoj dovesti do:

- prostorne orijentacije pojedinih minerala,
- tvorbe pukotina uslijed različite brzine hlađenja, počevši od kontakta s hladnijim omotačem prema unutrašnjosti mase,
- međusobnog djelovanja magme i stijene u omotaču duž kontakta uslijed djelovanja temperature, fluida, pritiska itd. i
- orijentacije pojedinih minerala u magmi ukoliko je ona bila pod utjecajem jakog magnetskog polja zemlje, što možda objašnjava činjenicu da se najbolja linija cijepanja uglavnom podudara s lokalnim smjerom magnetskog sjevera.

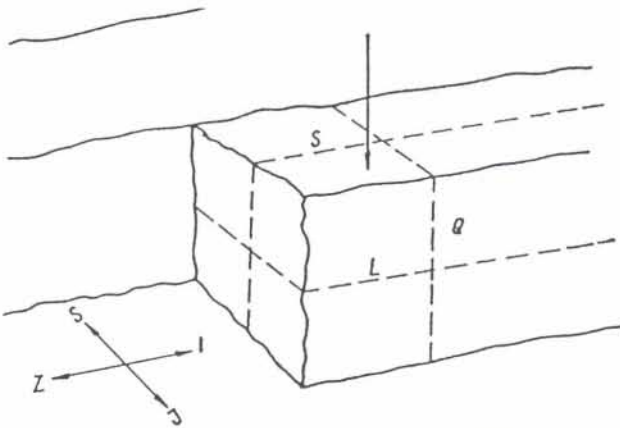
Tako »presortirana« i ohlađena stijena sadrži u sebi unutarnja naprezanja koja se uz malu »pomoć« deflagrantnog eksploziva, smještenog u usmjerene bušotine, oslobađaju, pa stijena »puca« pravilno duž plohe najlakše cjepljivosti. U krupnije zrnatih granita to je svojstvo slabije izraženo. U nekim stijenama upravo to svojstvo određuje kasniji način eksploatacije i cijepanje blokova (sl. 4 i 5).

Da bi se na nepoznatom terenu odredila linija najlakše cjepivosti potrebno je uzeti u obzir sve opisane elemente. Na svježem prelomu stijene potrebno je pomoću povećala dobro uočiti orijentaciju minerala. Vrlo često izvodi se probno minira-



Sl. 4. Shematski prikaz ploha cjepivosti bouldera kao posljedica različitog hlađenja od rubnog dijela prema središtu magmatskog tijela s plohami najlakše cjepivosti

Fig. 4. Schematic view of the surface of splitting on a boulder as consequence of different cooling from the margin to the center of magmatic body, with the rifts planes



Sl. 5. Shematski prikaz ploha cjepljivosti (prema Smetnik i dr., 1978):
 S ploha najlakše cjepljivosti, u nas uvriježen izraz »vođa«
 L ploha dobre cjepljivosti
 Q ploha najslabije cjepljivosti
 Fig. 5. Schematic view of the splitting surfaces (after Smetnik et al., 1978):
 S free way, rift
 L second way
 Q tough way

nje, nakon kojega se takva ploha može lakše odrediti. Iskusnom kamenaru pri određivanju te plohe pomaže uočavanje različitih detalja, kao što su mikrotektonika, morfologija terena i sl. Na svježem prelomu ploha dobre cjepljivosti može se i »opipati«, jer je njen prelom gladak. Prelomna površina uglavnom je uvijek najhladnija i najglatkija, jer su minerali duž nje »uredno složeni«.

Današnje tehnologije eksploatacije, pogotovo ako se eksploatiraju vrlo veliki boulderi, koriste ovo svojstvo kao nezamjenjivo u okviru planiranog sustava vađenja blokova. Da bi se opisano svojstvo stijene u potpunosti iskoristilo potrebno je na neki način »usmjeriti« djelovanje eksploziva u bušotinama.

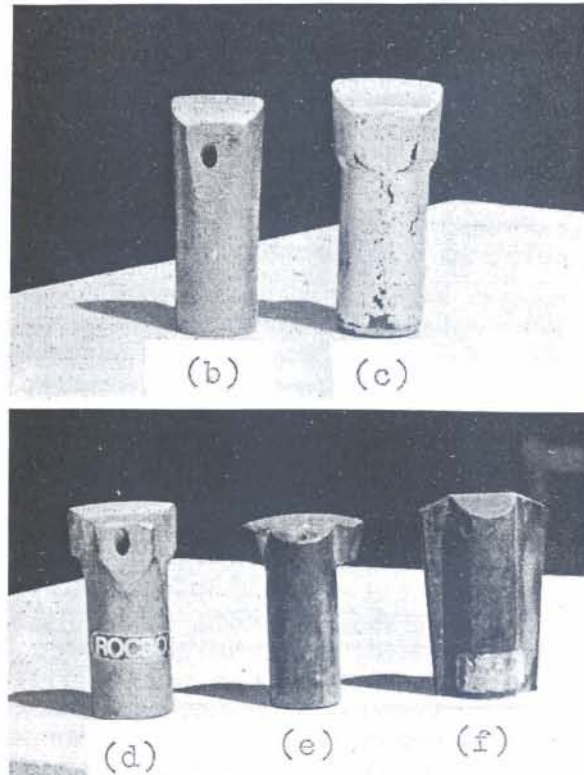
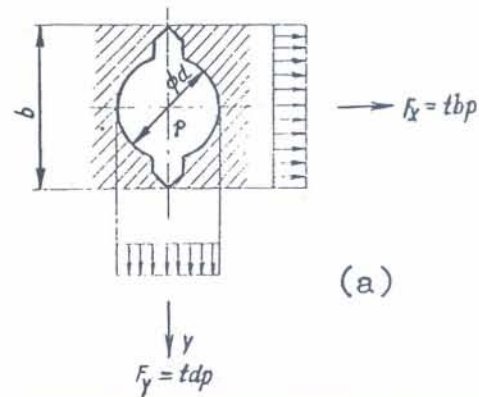
Jedan od načina izrade usmjerenih bušotina je:

- bušačim čekićem izbuši se bušotina do potrebne dubine,
- izbušena bušotina »buši« se još jednom specijalnim dlijetom pomoću udarnog čekića, tako da krila krune dlijeta koja su šira od prvo izbušene bušotine za 5 mm sa svake strane duž bušotine urežu zarez, od ušća do dna bušotine (sl. 6).

Kod dubljih bušotina (5–6 m) seriju bušačkih svrdala slijedi ista serija svrdala za usmjeravanje (»directional« dlijeta).

Tako izradenu bušotinu nazivamo usmjerenom.

Da bi se dobio predviđeni efekt nastanka kontrolirane pukotine potrebno je u bušotini aktivirati eksploziv sa što manjom brzinom širenja pritiska plinova (deflagrantni eksploziv). Nažalost, zbog opasnosti pri rukovanju, do danas nema boljeg eksploziva za te svhe od rudarskog crnog baruta. U Švedskoj se za kontrolirana miniranja proizvodi posebni štapin pod nazivom GURIT, a u Južnoafričkoj Republici proizvodi se za ove svrhe pod nazivom DYNATRIM. Uspoređujemo li brzinu širenja plinova eksplozije crnog baruta (približno 400 m/s) s ostalim eksplozivima dolazi-



Sl. 6. Presjek usmjerene bušotine (a) (prema Smetnik i dr., 1978), tipovi bušačkih čekića (b) i (c) i posebna bušača svrdla s »krilima« (d), (e) i (f)

d promjer bušotine
 p veličina zarez
 Fig. 6. Section of direction drill-hole (a) (after Smetnik et al., 1978), types of drilling bits (b) and (c), and special drilling bits with »wings« (d), (e) and (f)
 d drill-hole diameter
 p strip dimension

mo da zaključka da prikladnijeg eksploziva za ove svrhe nema. Naime, kontrolirane pukotine često se izrađuju brizantnim eksplozivom, kao i miniranjem detonirajućim štapinom. U oba ova načina inicijalni impuls eksplozije dovodi do tvorbe ruže prslina duž oboda bušotine.

Boulderi se uglavnom »otvaraju« jednom bušotinom, bilo horizontalnom, bilo vertikalnom. U bušotinu se zavjesi patrona crnog baruta približno na 1/3 od dna bušotine. Gornja se trećina bušotine dobro začepi. Inicijalizacija punjenja je električna. Količina barutnog punjenja ovisi o cjepljivosti stijene i vrlo je različita za pojedine vrste stijena. U ležištu zelenih pegmatita u Brazilu se primjerice s 200 g crnog baruta otvorila horizontalna

pukotina veličine približno 45 m², dok se u crnim doleritima Zimbabwea sa 100—150 g otvaraju površine od 10 do 15 m². Pravilne se količine punjenja uvijek određuju probama na licu mjesta. Pregled eksploziva koji se rabe dat je u tablici 1.

Tablica 1. Najvažniji eksplozivi koji se rabe pri usmjerenom miniranju u boulderima granita

Table 1. The most important explosives which are in use for the directional blasting of granite boulders

Vrsta eksploziva Type of explosive	Brzina detonacije Detonation velocity (m/s)	Gustoća eksploziva Density of explosive (kg/dm ³)	Pritisak detonacije Detonation pressure (Pa)	Pritisak plinova Gas pressure (Pa)
Crni barut	do 400	1,2	—	3,40
OyForcit K-17	2100	0,95	—	—
OyForcit K-11	2100	0,95	—	—
Smootex	2000	0,9	—	—
Dynatrim	2000	0,9	—	—
Metankamnitit	3100	0,9	5,45	—
Metanvitezit 5	3200	1,15	4,48	—

Ukoliko se stijena »cijepa« sa redom bušotina, tada se može uzeti da će specifična potrošnja eksploziva iznositi između 10 i 15 g po jednom prostornom metru stijene. Ukoliko se miniraju dvije ili više stranica jednoga velikog bloka, tada potrošnja može narasti i do 125 g/m³, ovisno o broju ploha koje se odjednom miniraju, kao i o vrsti stijene. Naime, prema podacima iz Južnoafričke Republike kod eksploatacije »crnog granita« (gabro-norit) potrošnja specijalnih eksploziva kod miniranja iznosi:

- za sitnozrnate granite 125—130 g/m³ i
- za srednjezrnate granite 115—120 g/m³.

Kod kontroliranog miniranja inicijalizacija je uvijek trenutna, bez obzira radi li se o jednoj ili više bušotina.

Osnovna pravila za usmjerenom miniranje jednom bušotinom

Da bi se kontrolirano miniranje dobro izvelo, znači da bi boulder presjekli točno kako želimo, potrebno je uraditi ovo:

1. Dobro pregledati cijeli boulder i oko njega očistiti sav saprolit, kako bi se mogle uočiti eventualne slobodne plohe ili pukotine ako ih ima.

2. Nakon toga se vizuelno određuje zamišljena ploha kojom se boulder presječe približno po masi dijela na dva jednaka dijela. Ovo nije uvijek moguće, pogotovo kod vrlo velikih bouldera. Odnos masa kod miniranja ima veliku ulogu. Ukoliko je masa koju želimo odsjeći premalena, tada se može dogoditi da se boulder ne presječe, već se njegova masa razbije u komade.

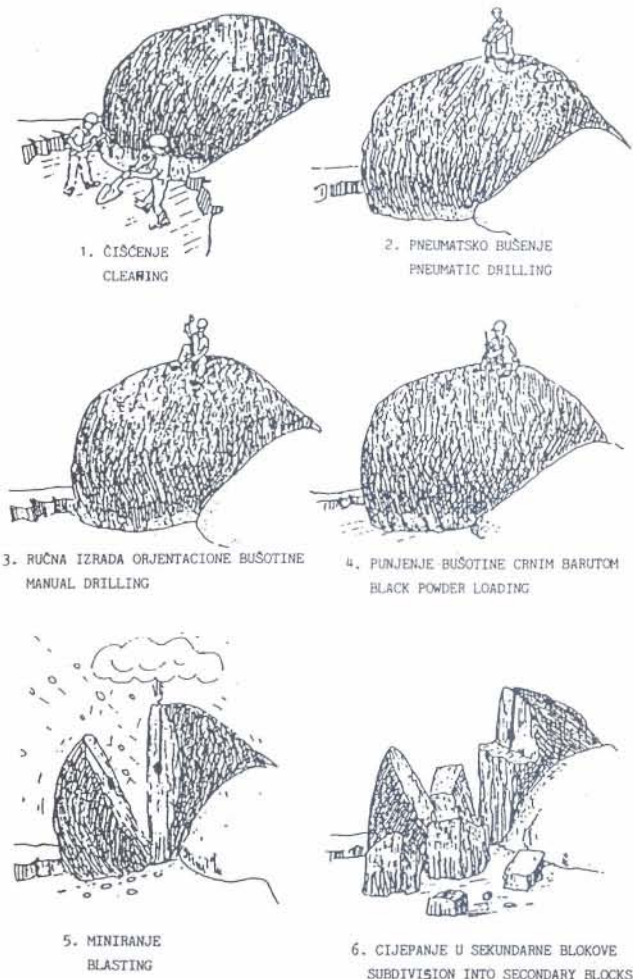
3. Na zamišljenoj liniji presjeka željene plohe cijepanja i površine bouldera, približno u težištu, a poštujući plohe cjepljivosti, locira se ušće bušotine. Bušotina se izrađuje približno do 50—75% dubine njegove visine. Ukoliko je boulder previsok, tada se po istim pravilima horizontalno usmjerenim miniranjima »podjeli na fete« debljina do 10-ak metar.

4. Izbušena bušotina usmjerava se specijalnim dljetom. Pomoću udarnog čekića, bez rotacije, na suprotnim obodima bušotine urezuju se zarezi od vrha do dna. Ovi zarezi su orijentirani pravce željene linije cijepanja. Ta se linija mora podudarati s prirodnom plohom cjepljivosti stijene.

5. U bušotinu se ručno postavljaju izrađene patrone crnog baruta približno 10 cm dužine za 2,0 m bušotine (u stijenama izrazito dobre cjepljivosti). Neka određena pravila o toj količini izraženo u g/m³ ili u g/m² kod miniranja s jednom bušotinom ne postoje. Točne se količine utvrđuju eksperimentalno u svakom kamenolomu posebno. Eksploziv se postavlja približno na 10 cm od dna bušotine i inicira se trenutno, ako je moguće električno. Električno paljenje, naime, najmanje oštećuje čep bušotine koji je ovdje vrlo važan, jer mora izdržati pritisak plina koji se razvija u bušotini. Dužina čepa, u pravilu, iznosi 1/3 dubine bušotine. Dio bušotine ispod čepa ostavlja se uglavnom praznim, ali nije pogrešno ako se taj prostor ispunji suhim prahom od bušenja.

6. Ukoliko je dobro izmjerena količina eksploziva, eksplozija se skoro i ne čuje, a stijena puca točno po predviđenoj plohi.

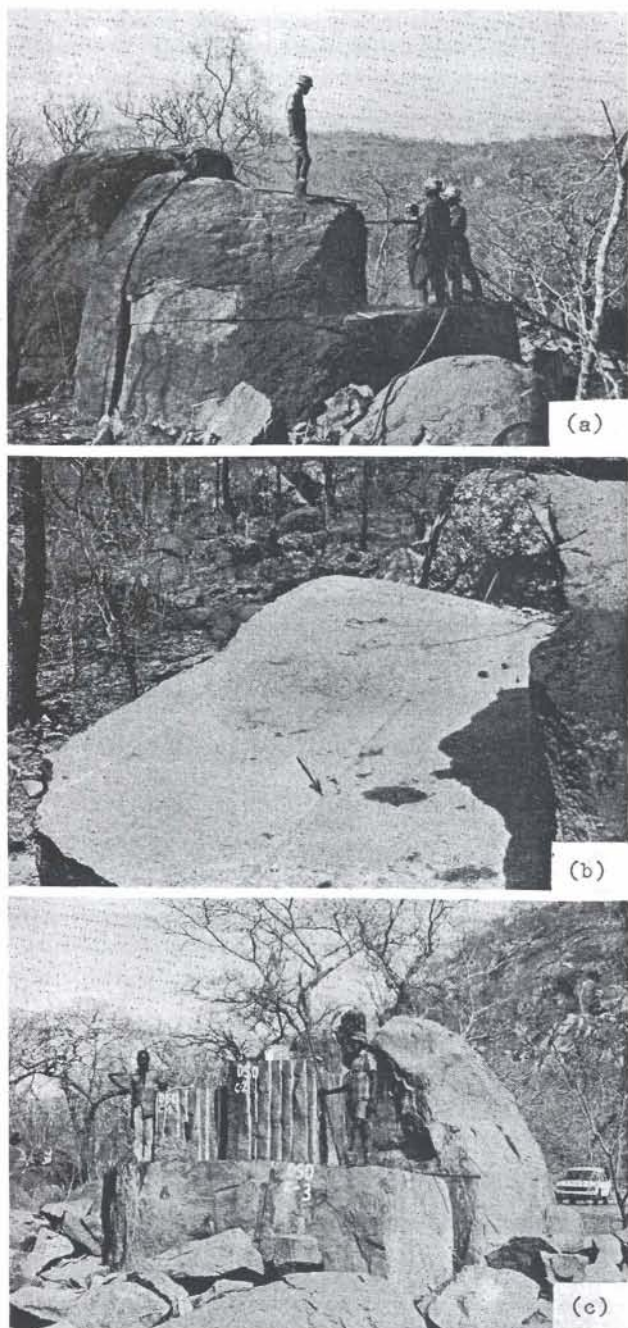
7. Otpucavanje više međusobno okomitih ploha odjednom ne preporuča se, iako je i to moguće. Primjerice, na crnom sijenitu u Češkoj (Sluknof)



SI. 7. Boulder tehnologija (prema UNITAR, 1988)
Fig. 7. Boulder technology (after UNITAR, 1988)

otpucajavu se sve vertikalne površine odjednom (gornja i donja su slobodne) i ovo se miniranje izvodi bez problema.

Eksploatacija bouldera prikazana je shematski po fazama na sl. 7.



Sl. 8. Ležište arhitektonskog kamena Chikishi, Zimbabwe (foto: autor, 1992)

- (a) Boulder usmjerenim miniranjem podijeljen na tri dijela. Bušenje na trećoj horizontalnoj plohi upravo započinje
 (b) Horizontalna ploha i trag usmjerene bušotine (strelica)
 (c) Blokovi dobiveni bušenjem

Fig. 8. Chikishi dimension stone deposit, Zimbabwe (Photo: author, 1992)

- (a) Boulder horizontally divided by orientated blasting into three parts. Drilling for the third horizontal surface is just beginning
 (b) Horizontal surface and the trace of orientated drill-hole (arrow)
 (c) Blocks obtained by drilling

Kada se boulder »otvori« po željenoj plohi dalje se eksploatacija nastavlja tako, da se usmjerenim miniranjem izvodi s ciljem formiranja blokova pogodnih za tržište, kao i primarnih blokova iz kojih će se daljom obradom dobiti blokovi komercijalnih dimenzija.

U većini se slučajeva boulder otvara prvo horizontalnom plohom ili paralelnim horizontalnim ploham na željenim razmacima. Kod manjih je bouldera to obično visina bloka. Nakon toga izrađuju se vertikalne plohe odvajanja i to:

- radi li se o velikim boulderima tada se i vertikalna ploha odvajanja izvodi usmjerenim miniranjem, a
- žele li se proizvesti blokovi, tada se stranice buše direktno bušaćim čekićima.

Kada je boulder »otvoren« dalju taktiku vađenja određuje rukovoditelj kamenoloma prilagođavajući je odgovarajućoj svrsi.

Kao jedan od primjera na kojemu se slikovito vidi primjena opisane metode je prikaz eksploatacije crnog dolerita poznatog pod imenom Nero assoluto u ležištu Chikushi u Zimbabweu (sl. 8).

Zaključak

U dostupnoj domaćoj stručnoj literaturi izložena tematika dosada nije obrađivana. Nadam se da će čitateljima biti zanimljiva te će im pomoći oko razjašnjavanja nekih pojmova o ovom sistemu eksploatacije. U Hrvatskoj zasada nemamo razvijenih kamenoloma granita za potrebe industrije arhitektonskog kamena, osim spomenutog nalazišta na Papuku. Kako je ovo nalazište lokalnog značaja mislim da će budućnost domaće prerade granita biti orijentirana na granite iz uvoza. Kao stručnjaci u kamenarstvu potrebno je da se upoznamo i s ovom tehnologijom eksploatacije, jer ćemo u budućnosti biti prisiljeni da izvore sirovine tražimo i na drugim kontinentima. Prerada je granita u sve većem porastu pa se može očekivati da će i naši prerađivači usmjeravati svoje investicije u otvaranje kamenoloma izvan Hrvatske. U tom smislu izložena boulder tehnologija može biti korisna pri planiranju eventualnih radova.

Primljeno: 6. XII. 1993.

Prihvaćeno: 9. VI. 1994.

LITERATURA

- Bates, R. L. and Jackson, J. A. (1980): Glossary of Geology, American Geological Institute, Falls Church, Virginia.
 Crnković, B., Babić, V. i Tomašić, I. (1974): Gabro Hruškovca kraj Ljubešćice na Kalniku. *Geol. vjesnik* 27, 153—171, Zagreb.
 Jovičić, D., Oreški, E. i Kraljeta, B. (1992): Ležište arhitektonskog kamena »Zebrato« (Ravna Gora, Papuk, Hrvatska). *Rud.-geo.-naft. zb.* 4, 127—138, Zagreb.
 Oliver, C. (1974): Weathering and Landforms, London.
 Smetnik, K., Bezemek, J. i Tahan, P. (1978): Technologie tezby a zpracovani kamene, Prag.
 UNITAR (1988): Stone in Brasil. United Nations Institute of Training and Research, New York.

Eksploitation of Granite Boulder

I. Cotman

Mining methods for dimensional stone exploitation can be divided in two main groups:

- surface methods, and
- underground methods

Surface methods can be divided further on:

- boulder exploitation,
- exploitation of massive deposits, and
- exploitation of stratificated deposits.

Among the surface methods, relatively small known is the exploitation of boulders. This method is used in granite deposits in South America, Africa and Europe too. The method has same advantages such as small expenses and relatively fast system to obtain a block. The main disadvantage is ununiform quality which depends from boulder to boulder. This method is mostly in use during the investigation works on new deposits.

A boulder is a special type of outcrops mostly connected with eruptive rocks, but it can also occur among metamorphic and in rare cases among the sedimentary rocks. The process of boulder forming is still subject to various theories, but generally is connected with the following processes:

- processes of chemical alteration caused by various chemical solutions on the surface or deep underground,
- processes of mechanical actions connected with:
 - = external forces caused by wind or mechanical movement of the rocks, and
 - = internal forces development by implementation of temperature which cause a different widening or contraction of rocks.

The known boulders in the world are Zimbabwe's Balancing rocks, a significant source of black granite known as Nero Assoluto or Nero Zimbabwe. Other significant deposits which are sited on boulders are usually granite deposits generally connected with various types of coloured eruptive rocks.

In Croatia, eruptive deposits are very rare (Ravna Gora — Papuk, Moslavačka gora). Because of strong vegetation, boulders even if they exist, are covered by earth and vegetation.

Blocks obtained from boulders are not equal in texture and quality and they do not represent an entire mass of rock. Therefore, exploitation from the boulders can be interesting in the investigation period and only in the earliest stage of development of the deposit. The notices obtained from the boulders are very important specially in the cases of uniform material (black granite) and in the case of small boulders.

To get a block from a boulder, we use the following properties of rocks such as:

- capability of rock splitting (different for different rocks),
- effect of directional drillholes during the blasting, and
- pressure of deflagrant explosives in drill hole.

The capability of splitting is different for each type of rock, and this capability is the consequence of conditions when the rock was formed. Usually, the splitting directions with various

intensity are three. Usually, the best splitting direction is horizontal, and after this we have vertical splitting surfaces perpendicular to each other. All the three splitting surfaces are perpendicular to each other and they have different names (Fig. 5). This characteristics of the eruptive rock were used to obtain small cubes (for roads), small blocks (for buildings) and at last to get big blocks for further transformations.

During the forming period, rocks were subject to various temperatures and various pressures and after that the cooling speed was different from outside to the center of the rock mass. The consequences of these conditions were:

- orientations of some minerals, and
- surfaces of cooling which can be seen as free surfaces (like big smooth cracks).

When a block is taken from a boulder, then it is very important that the direction of exploitation follows certain rules connected with the upper mentioned. The block has to be taken so that the surfaces of the block are parallel to the splitting surfaces. If it is not so, then it can happen that later we can have a problem with the slabs if the direction of cutting is not parallel or perpendicular to the splitting surfaces.

For a better use and to hasten the property of splitting, in common use today is the DIRECTIONAL DRILLING AND BLASTING. For directional drilling, are in use special drilling bits with »wings«. Once drilled, the hole is drilled once again with a special bit so that this bit incise in the hole two stripes on each side of the hole. The stripes are done in a direction which is equal to the one of the splitting direction. Crosssection of such hole is well seen at Fig. 6. These stripes have the most important part in the hole process. In fact, when pressure from the explosive starts to act, these stripes give the direction of brackage. Brackage is very easy (we need small quantities of explosive) because with that system of blasting in fact we give initial impulse to the internal forces to split the rock in the desired direction. The quantities of explosive are different for each type of rock, and it has to be estimated by a test in the field for each site.

Explosives which are in use for such blasting must have a very small velocity. Black powder is the best among all, but it is as well the most dangerous for handling. In Table 1 are shown the explosives in block production for such purposes. However, using the explosive in block production is always dangerous, so generally if it is possible, the use of explosive must be minimal. Generally it helps to create the first free surface, and other surfaces are done by drilling and splitting by the wedges. In the text is given same advice how to use explosives for »opening« new surfaces. On the Fig. 8 can be seen how that method was applied in Zimbabwe on Chikushi site.

I hope that this article will be of some help in the explanation of very rare method in Croatia, and it will help to the engineers for understanding better some steps made during this system of exploitation.