

## NOVA OTKOPNA METODA U EKSPLOATACIJI SLOJEVITIH LEŽIŠTA ARHITEKTONSKOG KAMENA

Ivan COTMAN i Andelo DAMIJANIĆ

»KAMEN« D. P., Trg oslobođenja 2, YU-51400 Pazin

**Ključne riječi:** Arhitektonski kamen, Slojevito ležište, Otkopne metode, Ležište Kanfanar, Istra

Izložen je prikaz dosadašnje »klasične« i nove metode eksploatacije blokova kamena u slojevitim ležištima s debelom otkrivanom. Opisane su pojedine faze radnog procesa. Na primjeru eksploatacije u kamenolomu Kanfanar III su uspoređene razlike u normativima i parametrima. Izračunata je ušteda primjenom nove metode i izložene su njezine prednosti s tehničkog i ekološkog stanovišta.

**Key-words:** Dimension stone, Bedding deposit, Excavation methods, Deposit Kanfanar, Istria

The paper presents previous »classic« and new method of dimension stone blocks exploitation of bedding deposit with large overburden. Separate phases of working process are described on instance of Kanfanar III stone deposit exploitation. The differences of normatives and parameters are compared. Savings of the application of this new method are calculated and exhibited the technical and ecological advantages.

### Uvod

Na istarskom poluotoku se arhitektonski kamen eksploataira od davnog antičkog doba. Tragovi antičke i kasnijih eksploatacija nalaze se očuvani u brojnim starim, napuštenim, kao i danas aktivnim kamenolomima.

Već duži niz godina arhitektonski kamen eksploataira poduzeće »Kamen« iz Pazina, s godišnjom proizvodnjom od 19 000 do 22 000 m<sup>3</sup>/god. Među materijalima koji su poznati i na svjetskom tržištu su »istarski žuti« ili »Giallo d'Istria« (Kanfanar, Selina, Bale), »vrsarski« ili »Orsera« (Kirmenjak), te »statuario« i »fiorito« (Vinkuran). Sve su to različiti varijeteti vapnenaca, kako s obzirom na boju, građu i fizičko-mehanička svojstva, tako i s obzirom na geološke značajke ležišta.

Osim proizvodnje blokova godišnje se proizvodi od 300 000 do 350 000 m<sup>2</sup> finalnih proizvoda, prvenstveno ploča, od mramora i vapnenca, kao i od 25 000 do 35 000 m<sup>2</sup> ploča kamena silikatnog sastava (granita i sl.).

Poduzeće »Kamen« iz Pazina bavi se također i montažom, te je na taj način prisutno skoro u cijelom svijetu s nekom od svojih djelatnosti.

Posebni odjeli u okviru poduzeća »Kamen« bave se istraživanjima novih ležišta, kao i projektiranjem kamenoloma i preradbenih pogona u suradnji s vodećim proizvođačima opreme u Italiji.

### Osnovne značajke ležišta

Najveće ležište koje se eksploataira u Istri je *Kanfanar* s godišnjom proizvodnjom od 10 000 do 12 000 m<sup>3</sup> blokova kamena. Ležište je slojevitog tipa. Slojevi su horizontalni ili blago nagnuti (do 5°).

Ležište karakteriziraju ovi elementi:

– izgrađeno je od debelo slojevitih vapnenaca,

- visina otkrivke iznad gornje slojne plohe eksploatacijskog sloja iznosi do 15 m,
- debljina eksploatacijskih slojeva, ovisno od toga koji slojevi se eksploatairaju, je od 4,8 do 6,2, ponekad i do 7,6 m,
- otkrivka kao i eksploatacijski slojevi su uglavnom kompaktni sa svim karstnim fenomenima,
- slojevi se međusobno razlikuju po izgledu i gradi, pa se ne mogu miješati u proizvodnji,
- debljina pojedinih slojeva je od 1,00 do 1,60 m, s time da se odvajaju po slojnicama, odnosno granice slojeva određuju i markiraju slabije vezane slojnice,
- unutar slojeva po pružanju i padu nailazi se mjestimice na promjenu gustoće kamena i povećani porozitet, pa se takvi dijelovi u eksploataciji moraju odbaciti, čime nastaju gubici u iskorištenju,
- u slojevima se po pružanju i padu nailazi na promjenu boje, od izvorne žutosmeđe u plavkastosi, pa takav kamen ne zadovoljava traženu kvalitetu, što također smanjuje iskorištenje,
- u podini V sloja postoji jedna slojnica koja je uvijek jače otvorena i dijeli kamenu masu na dva dijela, na gornji i donji sloj, označene kao VI i VII sloj.

### Zahtjevi koji se postavljaju u proizvodnji kamena

Proizvodnja bloka kamena mora zadovoljiti ove zahtjeve:

- povećanje brzine eksploatacije,
- eksploataciju svih slojeva odjednom, tako da su za preradu i prodaju uvijek na raspolaganju blokovi iz svih slojeva,
- vadenje što većih i što bolje oblikovanih blokova, prilagođenih dimenzijama gatera na kojima se preraduju,
- eksploatacija mora biti jeftina s time da osigurava ekonomičnost i razvoj kamenoloma,

- povećanje proizvodnje i proizvodnosti.
- Sa stanovišta razvoja tehnike, tehnologije i ekologije od eksploatacije se također zahtjeva:
- smanjenje ljudi u proizvodnji, a time povećanje produktivnosti po radniku,
- smanjenje buke u eksploataciji,
- smanjenje prašine u eksploataciji,
- smanjenje i pojednostavnjenje broja faza u eksploataciji.

Udovoljiti svim ovim zahtjevima je vrlo teško, možda čak i nemoguće. Međutim, dužnost tehničara i poslovnog čovjeka je, da ovim uvjetima udovolji što je moguće više, jer time ostaje i dalje »u trci« na tržištu blokova i ploča.

Imajući u vidu nabrojene zahtjeve, a korištenjem novih strojeva za eksploataciju (Tortora, 1967, Capuzzi, 1988, Pandolfi, 1989) poboljšani su dosadašnji postojeći način eksploatacije slojevitih sedimentnih ležišta. Novu metodu eksploatacije autori dosada nisu susreli u praksi.

Da bi se prednosti nove metode mogle shvatiti i uočiti, objasniti ćemo i dosadašnji, »klasični« način eksploatacije.

Svi tehničko-tehnološki parametri eksploatacije prikazani su računski na primjeru, jer je nova metoda isprobana u ležištu Kanfanar III u periodu od 01. 09. 1989. do 20. 03. 1990.

#### Opis dosadašnje »klasične« metode eksploatacije

»Klasična« metoda eksploatacije sastojala se u horizontalnom piljenju po granici prvog gornjeg eksploatacijskog sloja i otkrivke. veličina površine horizontalnog reza bila je uglavnom određivana rasporedom prirodnih vertikalnih kanala, prirodnih proširenih pukotina. Obuhvaćala je površine od 400 do 800 m<sup>2</sup>. Takvi rezovi su se izvodili jednom do dvije klasične žične pile. Način rada prikazan je na sl. 1.

#### Faze rada »klasične« metode:

1. Na sudaru dva šira prirodna kanala izrađuje se bunar dubine kolika je otkrivka. U bunar se po granici sloja i otkrivke izbuši bušotina. Zatim se montiraju jedna ili dvije pile i započinje horizontalno piljenje, odvajanje korisnog dijela od nekorisnog (sl. 1a).

2. Po završenom piljenju pristupa se bušenju otkrivke za masovno miniranje (sl. 1b). Minira se milisekundno, red po red, s time, da se prije svakog miniranja prethodni red očisti, kako bi se »oslobodio put« razdrobljenoj stijeni da ne dolazi do udara u zdravu stijensku masu. Usprkos ovome, dešavalo se, da nastane »izrađena« pukotina koja se proteže sve do slojnice V sloja, što je smanjivalo iskorištenje stijenske mase.

3. Po završenom čišćenju otkrivke pristupilo se horizontalnom piljenju po slojnicama slojeva koji će se vaditi (sl. 1c). Ovisno o mogućnostima montirale su se jedna ili više pila. U ovoj fazi rada je pokušano uvođenje različitih poboljšavanja, kao što su bušenja i dizanje po slojnicama. Sve probe su dale dosta ograničene rezultate i neznatno smanjivale troškove. Zbog toga se prešlo na izradu »feta« (primarni blok) za vertikalno obaranje (dijamantna pila

- zračni jastuci - hidraulični potiskivači) uz kombinaciju vertikalnog i horizontalnog reza.

4. Po završetku piljenja blokovi su se odjeljivali vertikalnim bušenjem u banak (sl. 1d), koji puta i po dva sloja, te su se blokovi vadili pomoću konusnih klinova, Derick dizalicom ili utovarivačem Caterpillar 980C ili 988B.

- Osnovni problemi u radu ovom metodom jesu:
- vrlo teška izrada bunara i česta oštećenja kamene mase uslijed miniranja, od 3 do 4 m oko bunara,
- dugotrajno vrijeme piljenje uz ogroman rizik zaglavlja pila na otkrivci, što je uzrokovalo velike zastoje, a rad se odvijao u tri smjene, što je bilo veliko opterećenje za ljudstvo,
- kod miniranja otkrivke često je dolazilo do oštećenja banka, pogotovo na zadnjim redovima miniranja,
- u eksploataciji blokova zahtjevao se veliki udio žičnog piljenja, što je u mnogočemu usporavalo proces eksploatacije,
- relativno teško je bilo zadovoljiti uvjet da se u eksploataciji uvijek nalaze svi slojevi, a tržište vrlo često zahtjeva istovremeno blokove iz svih slojeva.

#### Opis nove metode eksploatacije

Zahvaljujući razvoju nauke i tehnike i u industriju arhitektonskog kamena uvode se suvremeniji strojevi, kao što su:

- lančane sjekačice,
- dijamantne žične pile,
- zračni i hidraulični jastuci.

Kombinacijom upotrebe nekih od ovih strojeva pokušali su autori promijeniti način eksploatacije s ciljem da se utječe na ove elemente:

- smanjenje radnog vremena na rad u jednoj smjeni,
- smanjenje bušenja na minimalno moguću mjeru,
- izbjegavanje velikih pripremnih radova,
- eliminacija klasične helikoidalne pile koja danas sve više prelazi među muzejske primjerke industrijskog razvoja,
- pokušaj eksploatacije svih slojeva odjednom, tako da ponuda bude što bolja, odnosno potražnja zadovoljena.

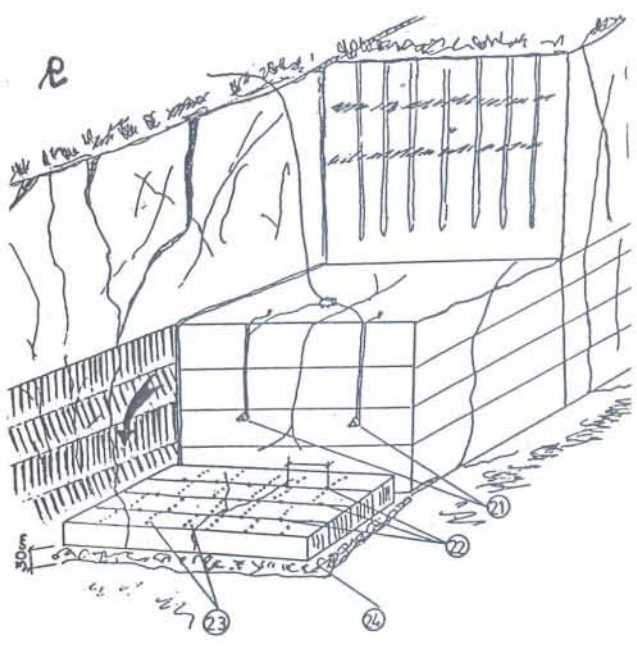
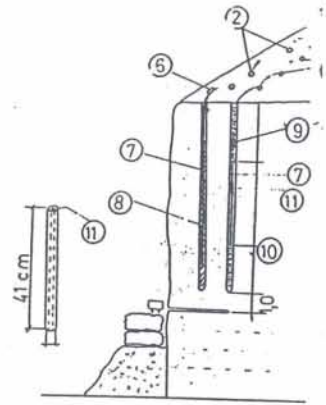
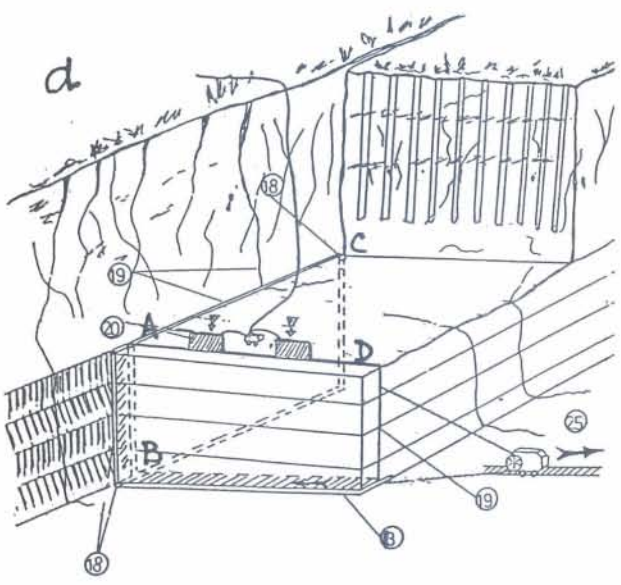
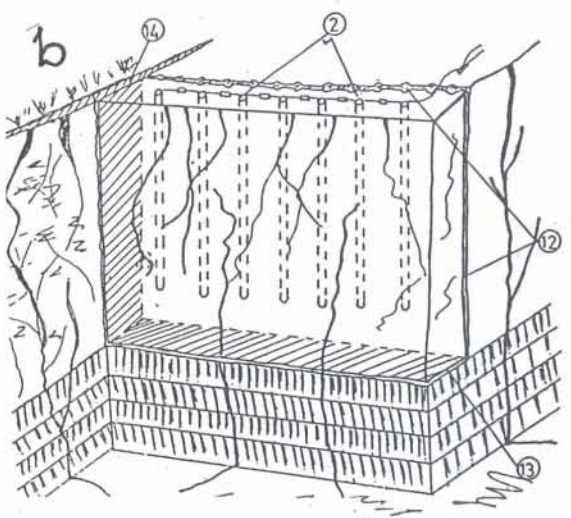
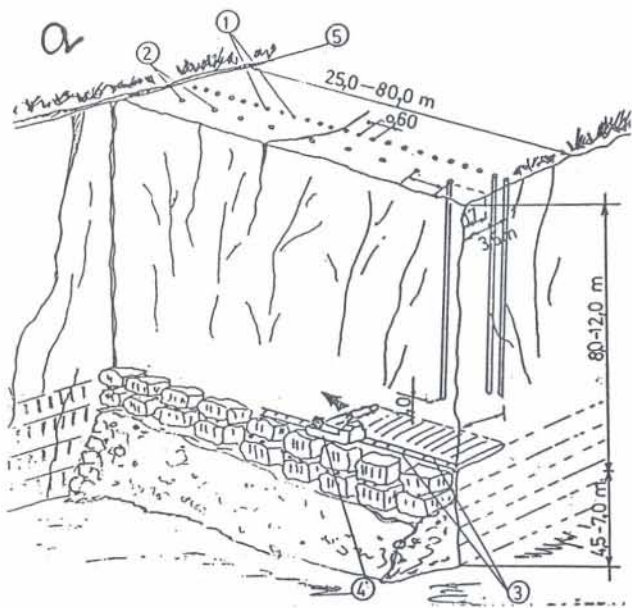
Prilikom rada na razvoju nove metode ispitivale su se različite mogućnosti, sve do zadovoljavajućih rezultata. Način rada po ovoj metodi prikazan je na sl. 2.

#### Faze rada nove metode:

1. Uz postojeću frontu (etažu) kamenoloma izradi se nasip od blokova na koji se postave vodilice kojima se kreće lančana sjekačica »Fantini« s krakom 3,5 m (sl. 2a). Ova sjekačica treba da ispili rez duž granice korisnih (eksploatabilnih) slojeva i otkrivke. Ovaj rez se u principu proteže od jedne slobodne plohe do druge otvorene plohe (prirodne pukotine). U praksi su postignuti rezovi dužine 85 m, a u budućnosti će iznositi i do 200 m. Ovim načinom osiguravaju se i izvanredni učinci lančane pile (Capuzzi, 1988).

2. Istovremeno s piljenjem horizontalnog reza (može i prije ili kasnije) na površini se buše rupe Ø64 mm i to točno okomito na horizontalni rez, s





time, da bušotine završavaju približno 1,0 m iznad reza. Bušotine se buše u razmaku 60 cm jedna od druge, a izbojnica im je 3,4 m (koliki je rez lančane pile). Ove bušotine se pune eksplozivom ovješanim na detonirajući štapin koji se inicira električno trenutno, te cijepanjem nastaje pukotina koja potpuno odvoji otkrivku kao čvrsti blok odvojen od masiva od 10 do 20 cm. blok legne na banak, tj. na pijesak od lančane pile. Eksplozivno punjenje izvedeno je u suradnji s firmom »Kamnik« iz Kamnika tako, da su urađene posebne patrone crnog baruta dugačke 41 cm, promjera 30 mm, s centralnom šupljinom Ø10 mm kroz koju se provlači detonirajući štapin. S obzirom da nam za potrebe cijepanja treba eksploziv s minimalnom brzinom djelovanja (kao što je npr. švedski »GURIT«), a imajući u vidu visoku cijenu ovih patrona, nakon isprobavanja uspješno se radi i s Metan kamninitom kao najsporijim eksplozivom firme »Kamnik«. Naime, prilikom miniranja radi otvaranja pukotine potrebno je paziti da eksploziv ima gurajuće djelovanje, da ne dođe do prevrtanja vrlo nestabilnog dijela otkrivke (visoko težište). U tom slučaju bi vrlo jako oštetili banak. Bušotine su ispod čepa napunjene barutom ili eksplozivom sporg djelovanja. Punjenja iznose od 12 do 18 g/m<sup>3</sup>, što ovisi o tome, da li pukotinu otvaramo po pružanju ili po padu sloja.

3. Ovako »odsječena« masa otkrivke, prethodno izbušena za masovno miniranje, ostaje sačuvana u jednom komadu (sl. 2b). Izminira se punjenjem od 200 do 250 g/m<sup>3</sup> i nakon usitnjavanja se utovarivačem očisti s banka (sl. 2c). Tokom rada po ovom sistemu skidanja otkrivke ne dolazi do većih problema, osim u slučajevima kad se ne pridržava proračunate količine punjenja. Naime, i najmanja odstupanja dovode do toga, da se ili ne otvori pukotina, ili se otkrivka previše razbije i ošteti zdravi materijal. Bit metode sastoji se u tome, da se otkrivka minira neposredno nakon otvaranja pukotine, tj. dok se blok još nalazi »u zraku«. Uspješnost metode uvelike ovisi o upotrebljenom eksplozivu. Tvornice eksploziva mnogo bi pomogle kad bi proizvele sporije eksplozive tipa švedskog »GURITA« koji se u Švedskoj upotrebljava baš za miniranja u ležištima arhitektonskog kamena. Skidanje otkrivke na opisani način praktično omogućava pripremu eksploatacijskih banaka u neograničenim veličinama i odabranim mjestima. Fleksibilnost promjene jednog otkopnog mjesta na drugo je značajna i velika prednost.

4. Nakon opisanog skidanja otkrivke vadenje blokova kamena započinje horizontalnim podsjecanjem banka po kontaktu eksploatacijskog sloja i podine po cijeloj dužini etaže. Dubina podsjecanja je u principu približno 3 m (dvostruka širina bloka kamena). Dužina jedne »fete« ograničena je ili tektonskim diskontinuitetom ili umjetno izvedenim vertikalnim rezom dijamantnom pilom. Na slici 2d je prikazan slučaj kad je potreban bočni vertikalni rez koji se može uraditi ranije za cijeli banak, površine od 100 do 150 m<sup>2</sup>. Izradom bušotina CD (Ø150 mm) i BD (Ø42 mm) omogućeno je dobivanje vertikalne površine ABCD. Podsječena »feta« odvojena bočno vertikalnim rezom ili postojećom pukotinom odvoja se vertikalnim rezom paralelnim čelu etaže tako, da se dijamantnom žicom ispili rez okomit na rez lančane pile (sl. 2). Završetkom ovoga reza »feta« je pripremljena za obaranje.

5. Prije početka obaranja na podnožju etaže se pripremi posteljica od zemlje i kamena debljine od 30 do 50 cm. Posteljica mora biti ravna, a granulacija kamena u njoj što sitnija i jednoličnija, da ne dođe do pucanja »fete« pri padu na nju. U vertikalni rez se uvlače dva do tri velika plastična »jastuka« ovisno o potrebnoj sili. Jastuci se pune zrakom pod pritiskom od 2 do 3 bara, uslijed čega počinje naginjanje »fete« (sl. 2d). U otvor koji nastaje naginjanjem »fete« spuštaju se komadi drva. Nakon odvajanja i proširenja otvara od 40 do 50 cm, na vrhu se u prošireni rez postavljaju hidraulični potiskivači (firme Benetti IS 166 potisne sile 3000 N), koji nastavljaju guranje i naginjanje »fete«. »Feta« se naginje i istovremeno se potiskivači (ukoliko treba) spuštaju po dva do tri puta na niže u proširenom rezu. Težište »fete« se pomiče dotle dok se »feta« sruši na pripremljenu postelnicu.

6. Oborena »feta« je time pripremljena za bušenje i cijepanje blokova (sl. 2e). U slojevitom vapnencu se bušotine buše na dva načina:

- a) Bušotinama raspoređenim duž slojnica na razmacima od 30-ak cm »feta« se dijeli na slojeve kojih može biti od 4 do 6. S obzirom na lako popuštanje duž slojnica, u odnosu na »klasičnu« metodu, postiže se prva velika ušteda koja iznosi i više od 50 %. Ovim bušenjem i cijepanjem se dobije bočna stranica odnosno širina bloka.
- b) Bušotine raspoređene na glavama bloka određuju dužinu bloka. Dubina tih bušotina je od 1,2 do 1,3 m, pa se više ne moraju upotrebljavati velike

Sl. 2 Metoda eksploatacije slojevitih ležišta s podsjecanjem i prespliting miniranjem otkrivke

Fig. 2 The method of excavation of the bedding deposits with undercutting and presplitting blasting of overburden

Legenda – Legend

1. bušotine za rezanje presplitingom – drillholes for presplitting
2. bušotine za miniranje otkrivke – drillholes for blasting of overburden
3. tračnice lančane pile »Fantini« – rails of »Fantini« chain saw
4. lančana pila »Fantini« – »Fantini« chain saw
5. prirodna pukotina – natural crack
6. detonator – detonator
7. detonirajući štapin – detonating fuse
8. eksploziv »Amonal« – explosive »Amonal«
9. trenutni električni upaljač – electrical instantaneous detonator
10. prazna rupa – empty drillhole
11. patrona crnog baruta – black powder
12. rez nakon prespliting miniranja – crack after presplitting
13. rez lančanom sjekačicom – chain saw cut
14. prirodna pukotina ili rez dijamantnom žicom – natural crack or diamond wire cut
15. cesta za utovarivač – road for loader
16. nasuti put – filled up road
17. odminirana otkrivka – blasted overburden
18. bušotine za dijamantnu žicu – drillholes for diamond wire
19. vertikalni rez dijamantnom žicom – diamond wire vertical cut
20. zračni jastuci – aircompressed pillows
21. hidraulični cilindri – hydraulic jacks
22. rupe za cijepanje blokova – drillholes for splitting of blocks
23. rupe za cijepanje blokova po glavama – drillholes for splitting of block heads
24. posteljica od jalovine – bed made from waste
25. dijamantna žična pila – diamond wire saw

Tablica 1 – Pregled ostvarenih normativa  
Table 1 – Scale of realize normatives

Opis Description	Jedinica mjere Units of measurement	Stara metoda Old method	Nova metoda New method	Povećanje ili smanjenje (%) Percentage ±
1. Kopanje bunara za klasičnu pilu Well digging for classical helicoidal wire saw	m	13	0	-100
2. Bušenje otkrivke Ø 64 mm Drilling of overburden Ø 64 mm	m	2067	2520	+21,91
3. Količina otkrivke Quantity of overburden	m <sup>3</sup>	5125	5125	-
4. Vrijeme trajanja odstranjivanja otkrivke Time for removing overburden	dani days	8	8	-
5. Utrošak amonala Ø 50 mm Consumption of explosive »Amonal« Ø 50 mm	kg	1281	1025	-19,98
6. Utrošak amonala Ø 28 u bunaru Consumption of explosive »Amonal« Ø 28 mm in the well	kg	80	-	-100
7. Utrošak metan kamniktita ili crnog baruta Consumption of explosive »Metankamniktit« or black powder	kg	-	72	+100
8. Utrošak detonirajućeg štapina Consumption of detonating fuse	m	2250	2350	+4,25
9. Utrošak MSED Consumption of MS electric detonators	kom	252	54	-78,57
10. Utrošak TED Consumption of instantenious electric detonators	kom	-	156	+100
11. Izrada bušotine Ø 86 mm (vodoravne ili vertikalne) Making of drillhole Ø 86 mm (horizontal or vertical)	m	88	61	-30,68
12. Piljenje klasičnom pilom Sawing with classical helicoidal wire	m <sup>2</sup>	1640	-	-100
13. Piljenje lančanom pilom (»Fantini«) Sawing with chain saw	m <sup>2</sup>	-	820	+100
14. Piljenje dijamantnom pilom (»Benetti«) Sawing with dijamant wire saw	m <sup>2</sup>	-	1300	+100
15. Bušenje bušotine Ø 32 mm za cjepanje blokova Drilling holes Ø 32 mm for block splitting	m	14050	5044	-64,09
16. Količina proizvedenih blokova Quantity of blocks produced	m <sup>3</sup>	1048	1229	+17,27
17. Koeficijent iskorištenja Factor of utilisation for blocks	%	0,55	0,64	+16,36

Tablica 2 – Pregled ostvarenih normativa po jedinici proizvoda  
Table 2 – Scale of achieved normatives based on unit of production

Opis Description	Jedinica mjere Units of measurement	Stara metoda Old method	Nova metoda New method	Povećanje ili smanjenje (%) Percentage ±
1. Ukupna piljenja – netto (otkrivka, proizvodnja i sl.) Total sawing – netto (overburden, production and other)	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	1,818	1,724	-5,17
2. Ukupna piljenja – brutto Total sawing – brutto	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0,909	1,112	-22,33
3. Bušenje za kalanje – netto blok Drilling for splitting (netto per block)	m'/m <sup>3</sup>	15,792	4,104	-74,01
4. Bušenje za kalanje – brutto banak Drilling for splitting (brutto on bench per block)	m'/m <sup>3</sup>	7,896	2,646	-66,44
5. Rad utovarivača Loader working time	min/m <sup>3</sup> sati (hours)	10,34 181	5,12 105	-50,48
6. Potreban broj radnika Number of workers need		17,5	13,7	-21,71
7. Ostvarena produktivnost Productivity achieved	m <sup>3</sup> /mj. rad. m <sup>3</sup> /month. worker	23,44	34,933	+49,03
8. Proizvodnja na sat Production per hour	m <sup>3</sup> /sat. rad. m <sup>3</sup> /hour worker	0,1288	0,1919	+49,00
9. Ukupno utrošeno sati Total consumption of working hours	sati hours	8132	6403	-21,28

Tablica 3 – Orijentacioni račun uštede  
Table 3 – Orientative account of savings

Opis Description	Jedinična cijena Unit price	Stara metoda Old method	Nova metoda New method
1. Kopanje bunara Well digging	1666 din/m	20.000	–
2. Bušenje otkrivke Ø 64 Drilling of overburden	50 din/m	103.000	126.000
3. Odstranjivanje otkrivke Removing of overburden	Obzirom da se radi o istoj količini otkrivke pretpostavljaju se i isti troškovi pa se ne obračunavaju As the quantity of overburden is same for both methods, we assume that we will have more or less same expences so we will not take them in account		
4. Utrošak amonala Consumption of explosiv »Amonal«	20,19 din/kg	25.876	20.705
5. Utrošak amonala Ø 28 u bunaru Consumption of explosive »Amonal« in well	–	Obračunato u cijeni bunara	
6. Utrošak metankamnilita Consumption of explosive »Metankamnilit«	23,10 din/kg	–	1.663
7. Utrošak detonirajućeg štapina Consumption of detonating fuse	6,14 din/m	13.200	14.230
8. Utrošak upaljača MSEK Consumption of ms electric detonators	12,63 din/kom	2,172	682
9. Utrošak upaljača TEU Consumption of instantenious el. detonators	8,8 din/kom din/peace	–	1.373
10. Izrada bušotine Ø 86 making Ø 86 mm drillhole	210 din/m 70 din/m	18.480	–
11. Piljenje klasičnom žičanom pilom Sawing with classical helicoidal wire saw	130 din/m <sup>2</sup>	213.200	–
12. Piljenje sjekačicom »Fantini« Sawing with »Fantini« chain saw	120 din/m <sup>2</sup>	–	98.400
13. Piljenje diam. pilom »Benetti« Sawing with »Benetti« diamant wire saw	85 din/m <sup>2</sup>	–	110.500
14. Bušenje Ø 32 mm za kal. blok. Drilling Ø 32 mm for block spliting	10 din/m	140.500	50.440
15. Rad utovarivača na vađenju Work of loader for block production	910 din/sat din/hour	164.710	95.550
16. Cijena rada Value of man work	50 din/sat din/hour	406.600	320.150
Ukupna vrijednost – Total value	din.	1.108.088	843.963
Cijena po 1 m <sup>3</sup> bloka – Price per 1 m <sup>3</sup> of block	din/m <sup>3</sup>	1.057	687
Ušteda po 1 m <sup>3</sup> bloka – Saving per 1 m <sup>3</sup> of block		370 din/m	

lafetne bušilice, što također olakšava posao. U daljoj modernizaciji ove faze vjerovatno će se ponovno primijeniti dijamentne pile.

### Pregled ostvarenih tehničkih rezultata

U tablici 1 je dat prikaz ostvarenih normativa i parametara eksploatacije za banak površine 410 m<sup>2</sup> koji je eksploatiran po novoj metodi, u usporedbi s parametrima koji bi bili ostvareni starom »klasičnom« metodom. Eksploatiran je banak ukupne visine eksploatacijskih slojeva (III, IV, V, VI/VII) 4,65 m.

U tablici 2 je dat prikaz ostvarenih normativa po jedinici proizvoda, te usporedba nove metode sa starom »klasičnom«.

### Osvrt na ekonomske efekte nove metode eksploatacije

Kod računice ekonomskih efekata u tablici 3 prikazane su ostvarene uštede samo po fazama radova koje se razlikuju. Ostali troškovi koji su isti kod

obadvije metode nisu prikazani, jer oni utječu na cijenu koštanja u istim apsolutnim veličinama. Ovdje je možda učinjena i manja greška, s obzirom da se u istoj jedinici vremena proizvodi više, što također smanjuje fiksne troškove po 1 m<sup>3</sup> izvađenog bloka kamena.

Prema tome ukupno smanjenje troškova proizvodnje po novoj metodi u Kanfanaru III iznosi 370 din/m<sup>3</sup>. To, samo po ovoj osnovi, predstavlja smanjenje za 35%.

Uz pretpostavku da se u Kanfanaru III godišnje proizvede samo 5000 m<sup>3</sup> blokova (približno pola godišnje proizvodnje Kanfanara) koristeći novu metodu, ukupna ušteda je 1 850 000 din.

### Zaključak

Na osnovu izloženih podataka više je nego očito da se novom metodom postigao željeni cilj, da je u procesu eksploatacije:

– smanjeno učešće potrebnog ljudskog rada,

- smanjeno učešće ljudskog rada na teškim i zdravstveno opasnim poslovima (bušenje),
- povećano učešće rada suvremenih strojeva u eksploataciji,
- povećano iskorištenje stijenske mase, a time i eksploatacijski koeficijent i eksploatacijske rezerve,
- povećana produktivnost,
- smanjeni troškovi eksploatacije.

Osim izloženih parametara nastupila su i neka organizacijska rješenja. Jedno od najvažnijih je, da se sada mogu ukinuti druga i treća smjena na klasičnoj žičnoj pili. Rad samo u jednoj smjeni biti će atraktivniji i povoljnije će utjecati na zaposlene radnike u kamenolomu.

Na osnovu dosadašnjeg iskustva, uvođenjem nove metode u ležištu Kanfanar III, zaključujemo da je ova metoda dala takve pozitivne rezultate, da će se

u skoroj budućnosti uvesti kao glavna otkopna metoda površinske eksploatacije slojevitih ležišta s debelom otkrivanjem.

*Napomena: Metoda je snimljena na video traku i za sve informacije treba se obratiti autorima.*

*Primljeno: 9. XI. 1990.*

*Prihvaćeno: 25. VI. 1991.*

#### Literatura

- Capuzzi, Q. (1988): La coltivazione dei marmi in sotterraneo, Società editrice Apuana, 78 str. Carrara.
- Pandolfi, D. e O. (1988): La cava, il marmo Apuano, Grafica di Livorno, 879 str. 446 sl., 43 crteža, 13 geogr. karata, Livorno.
- Tortora, G. (1967): L'estrazione e la lavorazione del marmo, Editrice san Marco, 133+107 str., Bergamo

## The New Excavation Method of Exploitation of Bedding Dimension Stone Deposits

I. Cotman and A. Damijanić

The Company »Kamen« from Pazin (Istria) is engaged in exploitation of sedimentary rocks for stone industry purposes. Its annual production is 23.000 m<sup>3</sup> of blocks per year. The biggest deposit is called »Kanfanar« but blocks and stone from this quarry are well known around the world under the Italian name of »Giallo d'Istria« (Istrian yellow). The useful thickness of the beds in exploitation is from 4.8 up to 7.2 meters with the average height of overburden from 10 up to 15 meters.

The previous exploitation was by sawing with a classical helicoidal wire saw along to the frontier between overburden and useful beds. After that the overburden would be blast by multiple row blasting, row by row on superficies from 400 m<sup>2</sup> up to 800 m<sup>2</sup>. After removing the overburden on the same way starts the sawing of useful (utility) beds for block production. After this »production« sawing, starts the vertical drilling for block production.

The disadvantages of this system were:

- long time for exploitation because of very low output of helicoidal wire (0.8 m<sup>2</sup> per hour),
- work in three shifts with helicoidal wire,
- great quantity of drilling,
- because of blasting it happens very often to get same artificial cracks in the bench through the upper bed up to the penultimate bed. The consequence of it was a lower factor of utilization of blocks because the exploitation must be done layer per layer.

To promote a system of exploitation, the chain saw »Fantini«

is introduced in the process. This chain saw starts undercutting the overburden horizontally for 3.4 meters. Vertically on the top of the overburden we drill blast holes in two rows. The first one is prepared for multiple row blasting and the last one (the line of least resistance is 3.4 m with 0.5 meters distances inbetween) is prepared for presplitting.

The last row is fired first, and after ignition we get an artificial crack vertically down to the cut made by the chain saw. With this system we get the overburden completely separated from the bench and than this overburden is blasted with normal blasting. With this way of blasting there are no more cracks in the bench. After removing the overburden, the bench is then vertically sawed by the diamond wire saw »Benetti« and horizontally undercut by the chain saw. After that the cut slice of the bench must be overturned by help of aircompressed pillows and hydraulic pistons. Then starts the drilling for block production.

The advantages of this method are:

- now we have exploitation of all beds every day,
- there is no more need for working in three shifts because we have bigger production in one shift,
- very big reduction of drilling.

With this method, according to the authors, the main advantage among the others are:

- increase of productivity,
- cheaper and faster production,
- easier work for workmen in the quarry.

All details can be seen in the pictures and tabelas in the text.