



ID 08

Podzemno pridobivanje blokov naravnega kamna v kamnolomu Hotavlje I.

JOŽE JESENKO¹, SILVO PIVK¹, DOC.DR. JOŽE KORTNIK²

¹ *Marmor Hotavlje d.d., Hotavlje 40, GORENJA VAS*
joze.jesenko@m-h.si, silvo.pivk@marmor-hotavlje.si

² *UL, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo,*
Aškerčeva 12, LJUBLJANA
joze.kortnik@ntf.uni-lj.si

POVZETEK

Podjetje Marmor Hotavlje (MH) je eno od vodilnih slovenskih kamnoseških podjetij, ki je v kamnolomu Hotavlje I. pričelo organizirano pridobivati bloke naravnega kamna leta 1948, začetki pridobivanja pa segajo v zgodnje 19. stoletje. Tu pridobivajo naravni kamen t.i. Hotaveljčan, pisan (rdeč, siv, rožnat, včasih skoraj črn, z belimi kalcitnimi žilami, ostanki koral in apnenčevih alg) apnenec.

Podzemno pridobivanje je vodstvo MH, kot prvo v Sloveniji, pričelo poskusno uvajati leta 1993 v kamnolomu pisanega apnenca Hotavlje I. predvsem zaradi geološke zgradbe nahajališča, stanja kamnoloma, velikih količin odkrivke v primeru širjenja površinskega dela kamnoloma in zaradi vse večjih potrebah po surovini naravnem kamnu.

Podzemno pridobivanje blokov naravnega kamna se izvaja z nahajališču prilagojeno komorno-steberno odkopno metodo z pravilno razporejenimi visokimi varnostnimi stebri. Ker se podzemno pridobivanje v obeh primerih izvaja relativno plitvo pod površino cca. 34 m, je vrednost primarnega vertikalnega napetostnega stanja relativno nizka (<1.0 MPa) in s tem tudi znatno povečana možnost izpada klinov oz. blokov iz stopa odprtih podzemnih prostorov. Posebna pozornost je bila v preteklih letih namenjena vgradnji ustreznih sistemov za verifikacijo dimenzij (širine in višine) velikih odprtih podzemnih prostorov (komor) in dimenzij visokih varnostnih stebrov ter sprotno spremljavo ter identifikacijo pojavov nestabilnosti v stropu in bokih velikih odprtih prostorov (komor).

Ključne besede: naravni kamen, podzemno pridobivanje, Marmor Hotavlje.

UVOD

Kamnolom pisanega apnenca Hotavlje I. po velikosti odkopa in pridobivalnega prostora uvršča med večje. Po količini pridobljenih blokov in tombolonov, se kamnolom Hotavlje I. uvršča med manjše kamnolome v Sloveniji. Letna pridobljena količina blokov in

tombolonov znaša okoli 500 m³. Vsa pridobljena količina blokov se obdelava v predelovalnih obratih podjetja Marmor Hotavlje. Izplen blokov in tombolonov je srednje velik - okoli 15÷17 %. Zaradi razpokanosti kamnine (posledica tektonskega delovanja med nastankom nahajališča) so uporabni bloki manjši do srednje veliki.

V času izkoriščanja je kamnolom dobil današnjo obliko. Etaže, ki so nastale in danes segajo pod nivo struge potoka Volaščice, so dobile obliko bočnega vreza. Pridobivalna dela danes potekajo samo v kamnolomu Hotavlje I., kamnolom Hotavlje II. nad njim pa je opuščen.

Od leta 1996 poteka pridobivanje blokov naravnega kamna, kot prvi v Sloveniji, tudi s podzemno odkopno metodo. Za podzemno pridobivanje se je vodstvo Marmor Hotavlje odločilo predvsem zaradi geološke zgradbe nahajališča, stanja kamnoloma, velikih količin odkrivke v primeru širjenja površinskega dela kamnoloma in zaradi vse večjih potrebah po surovini naravnem kamnu. Do danes je bilo izdelanih preko 350 m podzemnih prostorov (galerij, prečnikov in niš) s skupno prostornino preko 8.600 m³.

NAHAJALIŠČE PISANEGA HOTAVELJSKEGA APNENCA

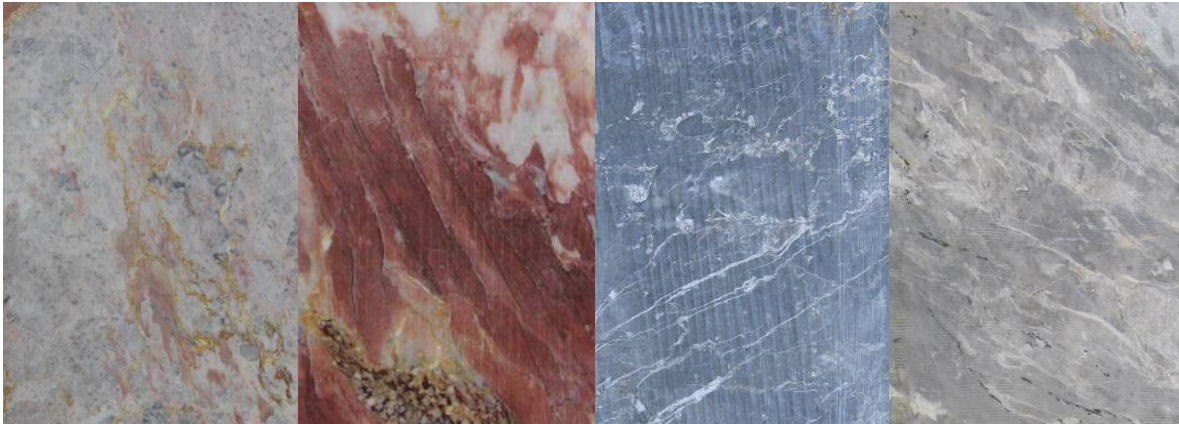
Nahajališče naravnega kamna (pisanega hotaveljskega apnenca) leži v ozki dolini na desnem bregu potoka Volaščica pod Blegošem (1563 m), le streljaj iz vasi Hotavlje po kateri ima naravni kamen tudi ime Hotaveljčan. Nahajališče ima zaradi burne geološke zgodovine zanimivo in zelo pestro geološko zgradbo.

Kamnolom Hotavlje I. je od potoka Volaščica ločen s tako imenovanim todraškim prelom (znanim po nahajališču uranove rude, RŽV), ki ostro ločuje produktivne plasti pisanega grebenastega apnenca od psevdonizijskih plasti, ki so sestavljene iz skrilavih plasti glinovcev, peščenjakov, meljevcev in tufitov. Plast je debela približno 50 m ter praktično vodoneprepustna.

Nahajališče pisanega hotaveljskega apnenca ima obliko podolgovate nagnjene leče, s približno površino 1,6 hektarja, ki se razprostira v smeri sever- jug. Na vzhodni in zahodni strani je nahajališče omejeno z strmima prelomoma. Mejne kamenine so klastične, le starost je različna. Na zahodni strani so paleozojske na vzhodni pa triasne. Površina apnenca ima vse značilnosti paleokrasi. Globoke zajede nepravilnih oblik segajo ponekod zelo globoko in so zapolnjene z vijolično rdečo preperino (take barve najdemo tudi v skrilavih plasteh pri odkopavanju danes). Vidni so tudi majhni žepki zapolnjeni z hematitom. Ponekod apnenec prehaja v dolomit, ki komercialno ni zanimiv. Na kamninah so vidne posledice močnega tektonskega delovanja.

Pridobivanje, obdelava ter uporaba pisanega hotaveljskega apnenca je raznolika in v slovenskem prostoru ter širše znana že več stoletij. Obstaja cela paleta barvnih različkov od svetlo sivega, preko rožnatega, rdečega, temno rdečega, izrazito pisanega do temno sivega monotonega apnenca. Loči se tudi po gostoto, legi in obliki belih kalcitnih in zelenih klotitnih žil ter leč razno barvnega peščenjaka in lapornatega apnenca. Na izgled in kvaliteto vplivajo predvsem: barva, struktura, tekstura, mineraloško-petrografska sestava, kemična sestava, fizikalno-mehanske lastnosti, sposobnost obdelave poliranja ter vrsta,

razpored in količina škodljivih vključkov. Hotaveljski apnenec se v primerjavi z ostalimi apnenci zaradi večje količine primesi kremena, pirita, laporjev, itd. nekoliko težje enotno obdeluje.



Slika 1.: Barvne različice kamna (sivo-roza, rdeča, temno-siva, svetlo-siva).

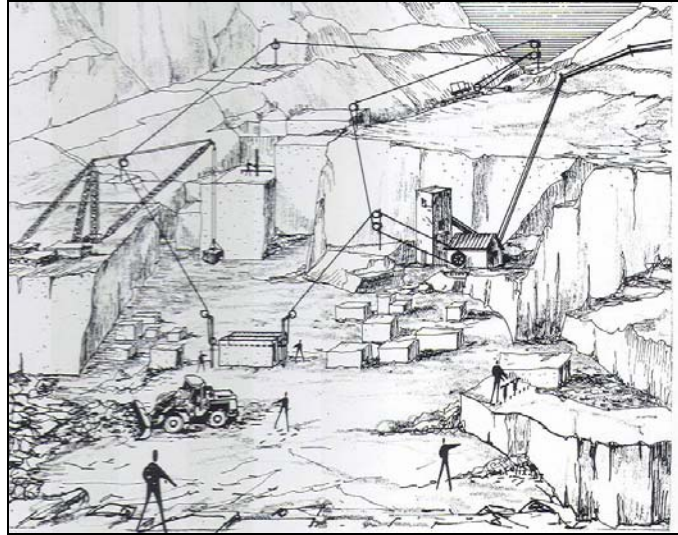
Glavni mineral, ki gradi hotaveljski pisani apnenec, je kalcit (98%). V kamnini so prisotni še dolomit, kremen, pirit, hematit, limonit, glineni minerali (klorit, sericit) in glinenci (albit). Razmerje mineralov se zaradi nehomogenosti kamnine spreminja. Rdečo, rožnato in rumenkasto obarvanost v kamnini dajejo železovi oksidi in hidroksidi. Zelenkasto barvo prevzame kamnina od tufskih materialov. Mnogokrat so razpoke zapolnjene z žilami in z lečami iz belega in rumenkastega kalcita, nastopajo tudi rdeča, rožnata, zelenkasta ali bela gnezda dolomita z romboedrsko obliko kristalov. Ponekod so prisotni minerali pirita, kremena in albita. Ne manjka tudi žil in žilic zapolnjenih z glinastim laporovcem, ki občutno zmanjšujejo trdnost kamnine. Ker je kamnina sedimentnega nastanka najdemo v njej fosilne ostanke, kot so alge, spongiji, polži, iglokožci, školjke in amoniti.

PRIDOBIVANJE PISANEGA HOTAVELJSKEGA APNENCA

Pridobivanje nekoč

Prvi poskusi lomljenja posameznih apnenčevih čeri – izdankov v nahajališču pisanega hotaveljskega apnenca sega nekaj sto let v preteklost. Vsa dela so potekala na površini ročno s primitivnim orodjem, kot so macole, dleta, špice in različni enostavni vzvodi. Izdanke so z špicami in macolami klesali toliko časa, da so jih nato lahko zlomili. Delo je bilo naporno in dolgotrajno. Na tak način so delali preko poletja, vse do zime. Pozimi, ko je bilo za delo zunaj premrzlo, so v majhnih utah te odlomljene kose obdelovali, sprva v enostavne izdelke kot so okenski okvirji, vratni okvirji ali rožanci, pragovi, kasneje v vedno zahtevnejše izdelke. Ponavadi so bili ti izdelki vnaprej naročeni od bogatih kmetov kot okras in status njihovim kmetijam. Prvi kamnoseki, ki so delali na Hotavljah so bili Kraševci, znani mojstri kamnoseki, ki so domačine učili osnov kamnoseštva. Število domačih kamnosekov se je z leti povečevalo in s tem tudi obseg del v kamnolomu. Pravo

revolucijo v pridobivanje naravnega kamna so prinesli prvi svedri. Vrtalo se je ročno tako, da sta dva delavca izmenično udarjala po svedru, tretji pa je sveder obračal. Vrtino globoko okoli enega metra so vrtali ves dan. Veliko bolj kot danes, so izkoriščali naravne razpoke, tako so pozimi vrtine zalili z vodo, voda je zmrznila in kamen prelomila, ali pa so v vrtine zabili suhe palice, običajno leskove in jih nato močili z vodo. Učinek je bil podoben.



Slika 2.: Helikoidna žična žaga.

Tehnologija rezanja s pomočjo helikoidne žice in kremenčevim peskom je bila v svetu prvič omenjena leta 1854. Na Hotavljah se je ta tehnologija uporabljala vse do sredine osemdesetih let prejšnjega stoletja. Učinek rezanja je bil majhen, napredki so znašali od 1,5 do 2,0 m²/h. Delalo je potekalo brez prekinitev tri izmensko. Linija takega žičnega sistema je bila dolga tudi do 2,5 kilometra.



Slika 3.: Diamantna žična žaga pri površinskem pridobivanju.

Leta 1985 je bila v kamnolomu Hotavlje I. uporabljena prva diamantna žična žaga. Ker je rezanje z diamantno žico 6÷8 krat hitrejša (8÷10 m²/h) je v kamnoseštvo prinesla nove možnosti. Postopek dela je podoben, kot pri staremu načinu. Potrebno je izvrtati precejšnje število vrtin in jih medsebojno usmeriti tako, da se med seboj povežejo (dve horizontalni vrtini z eno vertikalno). Vrta se z vrtnimi sondami in pnevmatskimi kladivi. Premer vrtin se giblje od 36 do 90 mm. Z enim napredkom (odlomom) se lahko pridobi 100÷150 m³ bruto mineralne surovine. Izkoristek blokov in tombolonov pri površinskem pridobivanju je okoli 5 %.

Pridobivanje danes

Izkoriščanje blokov naravnega kamna v kamnolomu Hotavlje I., v katerem so zaposleni trije delavci, danes poteka kombinirano kot površinsko in podzemno pridobivanje.

Poskusno podzemno pridobivanje blokov naravnega kamna smo v kamnolomu Hotavlje I. kot prvi v Sloveniji pričeli uvajati leta 1996. Kot prva je bila v jugo-zahodni steni kamnoloma Hotavlje I. zastavljena galerija G-1. Začetna višina podzemnih prostorov je izbrana na osnovi trikratnega modula najpogostejše dimenzije standardnega bloka 1,5 m, kar znese skupaj 4,5 m. Osnovna etaža galerij in prečnikov je bila formirana na etažni ravnini kote k. +441. Končne dimenzije in višina podzemnih prostorov v kamnolomu Hotavlje I. so določene na osnovi stabilnostne presoje geoloških in geomehanskih pogojev nahajališča.

Pri uvajanju podzemnega pridobivanja je bila ključna vpeljava zarezovalnega verižnega stroja Fantini s hidravličnimi stojkami, tip: G-70. Konstrukcija stroja omogoča izdelavo horizontalnih in vertikalnih rezi v globini dolžine meča 2,4 m in dolžini okoli 6 m. Hitrost žaganja je okoli 2÷4 m²/h.



Slika 4.: Zarezovalni verižni stroj Fantini s hidravličnimi stojkami, tip: G-70.

Prednosti podzemnega pridobivanja blokov naravnega kamna so predvsem v:

- Manjšem posegu v okolje, saj odpadejo vsa »odkrivalna« dela in s tem tudi deponije velikih količin jalovine,
- Večjem izplenu blokov in tombolonov,
- Možnosti selektivnega pridobivanja glede na potrebe prodajne službe, komercialne (barva kamna, kvaliteta itd.),
- Možnosti uporabe odprtih podzemnih prostorov kot začasnih skladišč blokov, pomožne prostore, odlagališče jalovine in odpadnega kamna,
- Manjšem vplivu zunanjih vremenskih dejavnikov na pridobivalna dela,
- Možnosti doseganja kvalitetnejšega naravnega kamna v globljih plasteh (rezultati raziskovalnega vrtanja).

Slabosti podzemnega pridobivanja blokov naravnega kamna:

- Večja ogroženost delavcev, možnosti pojava zruškov, podorov, nevarnih plinov (motorji na dizelski pogon),
- Potrebi po dodatnem prezračevanju (nastanek ogljikovega monoksida in dioksida ter izločanje saj pri delovanju dizelskih motorjev) in razsvetljavi podzemnih prostorov,
- Dodatne investicije v strojno opremo in naprave,
- Zmanjšanje produktivnost pridobivanja glede na površinsko pridobivanje blokov naravnega kamna,
- Povečanje neposrednih stroškov pridobivanja blokov naravnega kamna glede na površinsko pridobivanje.

Podzemne prostore pri podzemnem pridobivanju delimo na:

- galerije (po poglobitvi galerije-komore),
- prečnike in
- niše.



Slika 5.: Portalni del galerije G1.

Galerije delimo na galerije z izhodom na površino in slepe galerije. Začetni del galerije z izhodom na površino (do prvega prečnika) se imenuje portalni del. Širina tega dela znaša 10 m. Kljub izračunani največji dopustni širini galerij 21 m (po RMR in Q klasifikacija), odpiramo portale z širino največ 8 m ter razširitvijo do 10 m. Dimenzija varnostnih stebrov med galerijami in prečniki v portalnem delu mora presegati 16 m. Slepe galerije se nadaljujejo vse do kvalitetne geološke meje in v dolžino niso omejene. Odpiramo jih z začetno širino 8 m in razširimo brez izdelave stropnega oboka na končno širino 12 m.



Slika 6.: Prečnik P-1.

Prečniki povezujejo galerije, njihova lega pa je običajno pravokotna na smer galerij. Začetna širina prečnikov znaša 6 m in jih pred poglobljanjem lahko razširimo na 8 m. Dolžina prečnikov je odvisna od oddaljenosti med galerijami in mora biti večja od 16 m.



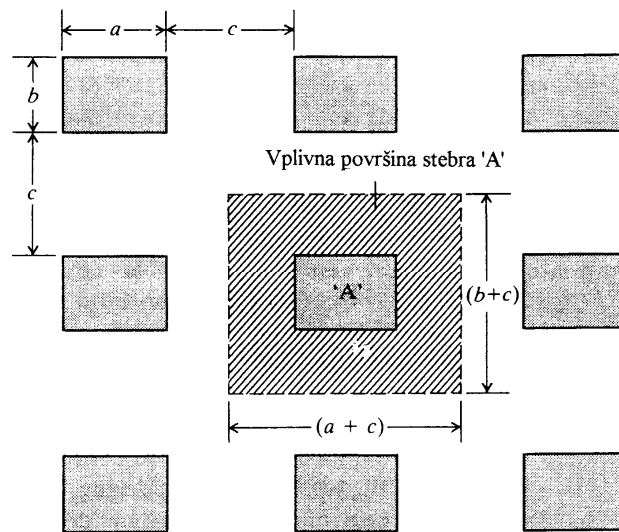
Slika 7.: Niša v globini enega napredka.

Lega niš je običajno pravokotna na smer galerije ali prečnika. Največja širina niše znaša 8 m in v globini enega ali dveh napredkov. Oddaljenost med nišami mora biti večja od 16 m, njene končne dimenzije pa ne vplivajo na stabilnost oz. nosilnost stebra.

Pri načrtovanju nadaljnjega podzemnega pridobivanja blokov naravnega kamna s komorno-steberno odkopno metodo smo posebno pozornost nameniti določitvi ustreznih dimenzij (širine in višine) velikih odprtih prostorov (galerij, prečnikov, niš oz. komor), dimenzijam visokih varnostnih stebrov in optimalnemu deležu izkoristka naravnega kamna (1 : 4,4).

Tabela 1.: Izračun deleža izkoristka naravnega kamna pri pravilni razporeditvi varnostnih stebrov.

a [m]	b [m]	c [m]	'A' [m ²]	Vplivna površina [m ²]	Razmerje
16,8	16,8	16,8	282,24	846,72	1 : 3,0
16,8	14,0	16,8	235,20	799,68	1 : 3,4
14,0	14,0	16,8	196,00	752,64	1 : 3,8
14,0	14,0	14,0	196,00	588,00	1 : 3,0
14,0	11,2	14,0	156,80	548,80	1 : 3,5
11,2	11,2	14,0	125,44	509,60	1 : 4,1
11,2	11,2	11,2	125,44	376,32	1 : 3,0
11,2	8,4	11,2	94,08	344,96	1 : 3,7
8,4	8,4	11,2	70,56	313,60	1 : 4,4
8,4	8,4	8,4	70,56	211,68	1 : 3,0
8,4	5,6	8,4	47,04	188,16	1 : 4,0
5,6	5,6	8,4	31,36	164,64	1 : 5,3
5,6	5,6	5,6	31,36	94,08	1 : 3,0



Slika 8.: Pravilna razporeditev varnostnih stebrov.

In-situ meritve sprememb napetostnega stanja v varnostnih stebrih

V okviru in-situ kontrolnih meritev komorno-steberne odkopne metode izvajamo meritve napetostnega stanja (2D merilec napetostnega stanja) in deformacij (EL palični merilec, več točkovni ekstenziometer, merilec pomika odprtih razpok) tako v varnostnih stebrih kot tudi v stropu in bokih odprtih podzemnih prostorov.



Slika 9., 10.: Meritve in spremljava pomikov odprtih razpok.

Za kontrolne meritve sprememb napetostnega stanja v visokih varnostnih stebrih smo vgradili 2D merilca napetostnega stanja (VW (vibrating wire) biaxial stressmeter model 4350-1) proizvajalca Geokon. Meritve glavnih napetosti, v vertikalni ravnini pravokotni glede na os vrtine, omogočajo trije VW senzorji, ki so orientirani s kotnim zasukom 60° . Telo merilca je izdelano iz jeklenega cilindra zunanega premera 57,1 mm.



Slika 11., 12.: 2D merilec napetostnega stanja (VW biaxial stressmeter 4350BX) in njegov položaj v vrtini.

Za odvzem podatkov z merilca napetostnega stanja se uporablja pomnilniška enota (datalogger CR10 modul, AVW1, SC32B) za zajem podatkov in programska oprema (programski paket PC200W). Zajem podatkov se vrši avtomatsko glede na programsko nastavljen časovni interval (1 min, 60 min ali 240 min).

Tabela 2.: Tehnične lastnosti 2D merilca napetostnega stanja (Model 4350 BX):

Standardno območje meritve	70 MPa
Občutljivost ¹	14 do 70 kPa
Natančnost	±0,1% F.S.
Temperaturno območje delovanja	-20°C do +80°C
Zahtevan premer vrtine	BX (60 mm)

¹ odvisna od Modula Elastičnosti hribine

Tehnološki parametri podzemnega pridobivanja

Podzemni način pridobivanja blokov naravnega kamna ima niz prednosti in je v kamnolomu Hotavljje aktualen predvsem zaradi konfiguracije terena, oblike kamnoloma ter velike količine odkrivke. Poleg bistvenega zmanjšanja količin odkrivke, kar vsekakor izboljšuje gospodarnost pridobivanja naravnega kamna, podzemni način pridobivanja omogoča v večji meri kot površinsko pridobivanje selektivno odkopavanje kvalitetnih delov nahajališča. S tem se poveča izplen pridobljenih blokov naravnega kamna. To pa pomeni nižje stroške pridobivanja na enoto proizvoda in v končnem povečanju gospodarnosti pridobivanja, kar predstavlja vsekakor največjo prednost podzemnega pridobivanja naravnega kamna.

Dela pri podzemnem pridobivanju se izvajajo s kombinirano metodo diamantne žične žage in verižne žage. Ta metoda se je dosedaj pokazala kot najbolj uspešna in učinkovita.

Tabela 3.: Pridobljene količine naravnega kamna in tehnološki parametri pridobivanja v letu 2008.

Povprečni izplen blokov	26,8 %
Pridobljena količina stenske mase na uro/dnino	0,29 m ³ /h ali 2,3 m ³ /dnino
Poraba časa na pridobljeno količino stenske mase	3,46 ur/m ³
Pridobljena količina blokov na uro/dnino	0,08 m ³ /h ali 0,6 m ³ /dnino
Poraba časa na pridobljeno količino blokov	12,9 ur/m ³
Povprečna hitrost rezanja – zarezovalni verižni stroj Fantini:	2,65 m ² /h
vertikalno	2,15 m ² /h
horizontalno	3,19 m ² /h
Povprečna hitrost rezanja – diamantna žična žaga Benetti	7,84 m ² /h
Povprečna količina Fantini rezi na bruto stensko maso	1,1 m ² /m ³ bruto stenske mase
Povprečna življenjska doba ploščice na bruto stensko maso	1,1 m ³ /ploščico
Povprečna življenjska doba ploščice na Fantini rezi	1,2 m ² /ploščico
Povprečna količina rezi Benetti na bruto stensko maso	0,6 m ² /m ³ bruto stenske mase
Povprečna življenjska doba m' diamantne žice	42,8 m ² /m' diamantne žice

ANALIZA STROŠKOV POVRŠINSKEGA IN PODZEMNEGA PRIDOBIVANJA PISANEGA HOTAVELJSKEGA APNENCA

Podzemno pridobivanje je zahtevnejše od površinskega, V analizi stroškov je vidna precejšnja razlika, ki pa se občutno zmanjša po upoštevanju izkoristka/izplena blokov naravnega kamna. Izplen na površini je ocenjen na okoli 5 %, pri podzemnem pridobivanju ta naraste na okoli 15 %.

V spodnjih tabelah so prikazani izračuni stroškov pridobivanja in njihova primerjava. V tabeli 4. so prikazani stroški enega napredka pri podzemnega pridobivanja, s katero pridobimo okoli 60 m³ naravnega kamna.

Tabela 4.: Stroški- podzemno pridobivanje.

Zap. št.	Faza dela	Št. delavcev	Čas [h]	Vrednost ure [€/h]	Vrednost [€]
1.	Pripravljalna dela	2	4	10	80
2.	Rezanje horizontalnih rezi - Fantini		23	30	690
3.	Rezanje vertikalnih rezi - Fantini		24	30	720
4.	Izplen blokov v izseku	2	9	10	180
5.	Pripravljalna dela – diamantna žična žaga	2	4	10	80
6.	Odrez z diamantno žično žago	1	14	10	140
7.	Izplen blokov	2	9	10	180
8.	Nakladalec na kolesih		9	50	450
	SKUPAJ na napredek				2520 €/60m³

V tabeli 5. so prikazani stroški s katerim pridobimo približno 100 m³ materiala pri površinskem pridobivanju naravnega kamna. Izkoristek pri površinskem pridobivanju je približno 5 %.

Tabela 5.: Stroški- površinsko pridobivanje.

Zap. št.	Faza dela	Št. delavcev	Čas [h]	Vrednost ure [€/h]	Vrednost [€]
1.	Pripravljalna dela za vrtanje	2	2	10	40
2.	Vrtanje vertikalne vrtine Ø 90 mm	1	10	10	100
3.	Vrtanje horizontale vrtine Ø 60 mm	1	8	10	80
4.	pripravljalna dela za vrtanje s pnevmatskim kladivom Ø 36 mm	2	1	10	20
5.	Vrtanje s pnevmatskim kladivom	1	2	10	20
6.	Kompresor Fagram		6	50	300
7.	Nameščanje žice in žične žage	2	1	10	20
8.	Rezanje spodnjega reza	1	5	10	50
9.	Nameščanje žice in žične žage	2	1	10	20
10.	rezanje zadnje – hrbtni strani	1	14	10	140

Zap. št.	Faza dela	Št. delavcev	Čas [h]	Vrednost ure [€/h]	Vrednost [€]
11.	Nameščanje žice in žične žage	2	1	10	20
12.	Rezanje stranskega reza	1	4	10	40
13.	Odmikanje s klini	2	3	10	60
14.	Prevrčanje stene	2	4	10	80
15.	Razvrtavanje odžaganega materiala	2	6	10	120
16.	Nakladalec na kolesih		10	50	500
SKUPAJ na napredek					1610€/100m³

Pri površinskem kopu niso prikazani stroški odkrivalnih del in stroški deponij za jalovino. Ti stroški lahko narastejo do 20 €/m³.

V tabeli 6. je prikazana primerjava stroškov med obema načinoma pridobivanja m³ bloka naravnega kamna (blokov in tombolonov).

Tabela 6.: Primerjava stroškov površinskega in podzemnega pridobivanja blokov.

	Način pridobivanja materiala	Cena na ciklus pridobivanja [€]	m ³ /napredek	Izkoristek [%]	Bruto cena/m ³ [€]	Neto cena/m ³ [€]
1.	Podzemno pridobivanje	2520	60	15	42	280
2.	Površinski kop materiala	1610	100	5	16	322

ZAKLJUČKI

Razvoj novih tehnologij in odkopnih metod za pridobivanje naravnega kamna omogočajo gospodarnejše pridobivanje, boljšo izrabo surovine in delovne sile, manjše posege v okolje in varnejše delo. V kamnolomu Hotavlje I. pridobljene izkušnje lahko služijo za uvajanje podzemnega načina pridobivanja še v drugih slovenskih, za ta način pridobivanja primernih, kamnolomih naravnega kamna. Uvajanje podzemnega pridobivanja lahko pomeni za danes številne opuščene kamnolome naravnega kamna možnost ponovne oživitve, za aktivne kamnolome pa pomembno alternativo z aspekta ekologije, gospodarnosti, selektivno pridobivanje, boljšo izrabo surovine in delovne sile, zmanjšanje vpliva vremena in letnih časov ter možnost nadaljnega razvoja, širitve in povečanja pridobivanja blokov naravnega kamna.

Pri načrtovanju podzemnega pridobivanja blokov naravnega kamna s komorno-steberno odkopno metodo je potrebno posebno pozornost nameniti določitvi ustreznih dimenzij (širine in višine) velikih odprtih podzemnih prostorov (komor), dimenzij visokih varnostnih stebrov ter vgradnji ustreznih sistemov za sprotno spremljavo ter identifikacijo pojavov nestabilnosti v stropu velikih odprtih prostorov (komor). Zaradi velikih višin odprtih podzemnih prostorov je namreč po poglobljanju otežen ali celo onemogočen dostop do stropa velikih odprtih prostorov za eventualna sanacijska dela oz. vgradnjo dodatnih podpornih ukrepov.

VIRI IN LITERATURA

1. <http://www.marmor-hotavlje.si>
2. Elaborat o klasifikaciji in kategorizaciji izračunanih zalog in virov naravnega kamna – pisanega apnenca v nahajališču Hotavlje, Geološki zavod Ljubljana, 2005.
3. Jesenko, Jože: Pridobivanje naravnega kamna s podzemno odkopno metodo, diplomska naloga, Šolski center Velenje, str. 1-59, Velenje, 2007.
4. Kortnik, Jože: Optimiranje in spremljava varnostnih stebrov pri podzemnem pridobivanju blokov naravnega kamna, Zbornik Strokovnega posvetovanja rudarjev in geotehnologov ob 40. Skoku čez kožo, str. 46-54, Ljubljana, 30. marec 2007.
5. Kunaver, Dušica s sodelavci: Čar kamna, Ljubljana, 2000.
6. Mirtič, Breda, s sodelavci: Slovenski naravni kamen, Ljubljana, 2000.
7. Ramovš, Anton: Hotaveljčan skozi čas, Marmor Hotavlje, 1995.
8. Rudarski projekt za izvajanje del pri podzemnem pridobivanju naravnega kamna v kamnolomu Hotavlje I., (RP-1/99), Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 1999.
9. Poročilo o preiskavi naravnega kamna »Hotavlje«, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, 2005.

RAZLAGA POJMOV

Arhitektonski gradbeni kamen naravni kamen	Je rudnina, ki se dobi iz sedimentnih, magmatskih in metamorfni kamnin v blokih, tombolonih ali ploščah in se uporablja v arhitekturi, gradbeništvu, kiparstvu, za okrasne ali druge namene
Primarni blok	Je monolit, ki ga dobimo iz matične kamninske gmote; iz njega pozneje po potrebi pridobimo bloke primerne za industrijsko predelavo
Bloki za industrijsko predelavo	So iz trdne kamnine, imajo obliko pravilnega paralelopipeda s šestimi obdelanimi ploskvami in so širše od 30 cm
Minimalna standardna dimenzija bloka	0,3 m x 1,0 m x 1,2 m
Optimalna standardna dimenzija bloka	1,2 m x 1,5 m x 2,9 m
Tombolon	Je nepravilni blok, kjer ena od dimenzij ne odgovarja minimalni standardni dimenziji blokov.