



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ –ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
КАТЕДРА ЗА ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
ШТИП**

Андоноски Иле

**„МОДЕЛИРАЊЕ НА ТЕХНОЛОГИЈА НА ДОБИВАЊЕ КОМЕРЦИЈАЛНИ
БЛОКОВИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА АРХИТЕКТОНСКО - ГРАДЕЖЕН
КАМЕН“**

-МАГИСТЕРСКИ ТРУД-

Штип Март 2013

Комисија за оценка и одбрана

Претседател : Проф. д-р Ристо Дамбов

Професор на Факултетот за природни и технички науки

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член : Проф. д-р Зоран Панов

Декан на Факултетот за природни и технички науки

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член : Проф. д-р Блажо Боев

Професор на Факултетот за природни и технички науки

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Датум на одбрана _____

ИЛЕ АНДОНОСКИ

**МОДЕЛИРАЊЕ НА ТЕХНОЛОГИЈА НА ДОБИВАЊЕ НА КОМЕРЦИЈАЛНИ
БЛОКОВИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА АРХИТЕКТОНСКО - ГРАДЕЖЕН
КАМЕН**

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“

Објавени научни трудови :

- „Современа технологија за експлоатација на гранит“,

доц. д-р Зоран Панов, проф. д-р Стојан Здравев, Иле Андоноски

Работна средба „Каменот во Македонија“, Крушево, 28-30 Ноември 2002

- „Добивање гранитни блокови со примена на дупчачко-минерски работи“,

доц. д-р Ристо Дамбов, проф. д-р Стојан Здравев, Иле Андоноски

Работна средба „Каменот во Македонија“, Крушево, 28-30 Ноември 2002

- „Application of multi criteria optimization while selecting a method for secondary cutting commercial blocks in the architectural - building granite stone quariries”

Ile Andonoski, prof d-r Zoran Panov

2nd internacional conference „Harmony of natyre and spirituality in stone”

15-16 March 2012, Kragujevac, Serbia

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД.....	5
1.1 Предмет на истражување.....	5
1.2 Цел на истражување.....	6
1.3 Методологија на истражување.....	6
1.4 Осврт на досегашните истражувања.....	6
2. СТРУКТУРНО -ТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РАБОТНАТА СРЕДИНА..	7
3. ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ И ТЕХНИЧКО - ТЕХНОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АГК.....	12
3.1 Отпорност на дупчење	12
3.2 Разорливост на карпата со експлозив.....	15
3.3 Цепливост.....	17
3.4 Способност за длабење и обликување на каменот.....	19
3.5 Отпорност на сечење	20
3.6 Способност за полирање	22
4. ТЕХНОЛОГИЈА НА ДОБИВАЊЕ КОМЕРЦИЈАЛНИ БЛОКОВИ.....	24
4.1 Технологија на добивање камени блокови со дупчачко - минерски работи.....	26
4.1.1 Дупчење на мински дупнатини.....	27
4.1.2 Минирање на ламелите.....	30
4.2 Технологија на добивање блокови со примена на експанзивни смеси ..	34
4.3.Технологија на добивање камени блокови со дијамантска жичена пила38	
4.4.Технологија за добивање камени блокови со каменорезачка машина....	45
4.5.Технологија за експлоатација на архитектонско - градежен камен со термичка постапка за сечење	48
4.6. Технологија на експлоатација со хидродинамична постапка или Water Jet - технологија.....	57
5 ИЗРАБОТКА НА МОДЕЛ НА ТЕХНОЛОГИЈА ЗА ДОБИВАЊЕ КОМЕРЦИЈАЛНИ БЛОКОВИ	62
5.1 Дефинирање на моделот	62
5.1.1 Анализа на проблемот	63
6. ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА	69
6.1 Методи за повеќекритериумска оптимизација.....	70
6.1.1 Метод PROMETHEE.....	70

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови
при експлоатација на архитектонско - градежен камен

6.1.1.1	Метод PROMETHEE I.....	78
6.1.1.2	Метод PROMETHEE II.....	80
6.2	Конечен избор на критериуми и дефинирање на нивната тежина.....	80
6.2.1	Трансформација на квалитетите на атрибутите	84
6.3	Решавање на повеќекритериумскиот модел	85
6.3.1	Решавање на моделот со метод PROMETHEE I	85
6.3.2	Решавање на моделот со метод PROMETHEE II	87
6.3.3	Споредба на добиените резултати.....	89
7.	ДИСКУСИЈА.....	91
8.	ЗАКЛУЧОК	93
9.	КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА И СОФТВЕР	94

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Краток извадок

Проектирањето и планирањето на површинските копови за архитектонско-градежен камен претставува тешка и сложена операција, за чиешто реализирање се потребни познавања од сите области на рударството, а во овој случај и од повеќекритериумската оптимизација.

Моделирањето на технологијата за добивање комерцијални блокови, како составен дел од рударскиот менаџмент, опфаќа избор на правилна технологија со која успешно ќе се отвори површинскиот коп и истиот ќе даде производ кој во иднина ќе биде конкурентен на пазарот.

Во овој магистерски труд ќе биде прикажано моделирањето на технологија за површинските копови на гранит со примена на повеќекритериумска оптимизација во која, како критериуми, ќе се земат: цената на производот, коефициентот на искористување, степенот на обученост, влијанието врз животната средина и можноста за комбинирање со друга технологија.

Клучни зборови:

оптимизација, рудник, алтернатива, критериум, параметар.

Abstract

Design and planning of surface mines for architectural and building stone represents a difficult and complex operation whose implementation required knowledge in all areas of mining and in this case of multicriteria optimization.

Modeling technology for commercial blocks as part of the mining management includes the selection of the right technology, that will open successfully mine and it will give you a product that will be competitive in the future market.

In this paper thesis will be shown modeling technology for granite quarry using multicriteria optimization that such criteria will be considered: the cost of the product, the coefficient of utilization, level of training, environmental impact and the possibility of combining with other technology.

Key words

Optimization, quarry, an alternative, criterion, parameter.

1. ВОВЕД

Под архитектонско-градежен камен (овој термин во најновата законска регулатива е заменет со терминот архитектонско-украсен камен) се подразбираат различни видови карпи и минерални маси со различен начин на настанување, кои се користат во градежништвото, односно архитектурата, за различни декоративни примени. Теоретски гледано, практично сите видови камен можат да се користат како АГК, но областа на примена на каменот е определена со неговите својства (минералниот состав пред сè) кои зависат од условите на настанување и различните влијанија на кои некоја генеза била изложена.

Во овој труд, предмет на истражување ќе биде моделирањето на технологија за добивање комерцијални блокови во рудниците за архитектонско - градежен камен. Според сегашните состојби на пазарот и начинот на производство на АГК, особено гранитот во Република Македонија, многу е важно да се избере правилниот модел на технологија на експлоатација со што би се намалиле трошоците на експлоатацијата, бидејќи кај нас не постојат гранити кои можат да се вбројат во ексклузивни материјали кои постигнуваат повисоки пазарни цени. Кај мермерите, пак, треба да се оди на поевтинување на производниот процес бидејќи имаат низок коефициент на искористување што дополнително ги зголемува трошоците на експлоатација .

1.1 Предмет на истражување

Експлоатацијата на АГК опфаќа низа работни операции кои сочинуваат една специфична технолошка целина, од фазата на подготовка, отворање и експлоатација, до геометризација и транспорт на блоковите со комерцијални димензии и останатиот карпест материјал надвор од работниот простор на површинскиот коп. Овие операции заедно ја сочинуваат технологијата на експлоатација на АГК.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Во овој труд, предмет на истражување ќе биде моделирањето на технологија за добивање комерцијални блокови во рудниците за АГК. Примената на правилна технологија е од суштинско значење за работата на рудникот.

Условите на пазарот за АГК, особено на гранитите кои се експлоатираат и во Република Македонија, бараат намалување на цената на комерцијалните блокови, што би се постигнало со примена на правилна технологија за дадено наоѓалиште.

1.2 Цел на истражување

Во основа, скоро и да не постојат две исти или слични наоѓалишта кога се во прашање структурно-текстурниот состав на каменот, тектонските, инженерско-геолошките и рударските услови. Целта на ова истражување е избор на правилен модел (концепт) на технологија кој ќе даде масовно производство со ниска производна цена, што ќе овозможи употреба на АГК за масовно користење (вградување) во јавни објекти: плоштади, улици, тротоари, патеки, трговски центри, спортски сали и др.

1.3 Методологија на истражување

За изработка на овој магистерски труд ќе се користи современа методологија, која ќе опфати изработка на модел на технологија за добивање комерцијални блокови, а истиот ќе се реализира со примена на методи за повеќекритериумска оптимизација. Ова би значело примена на софтверски решенија за решавање на проблемите на проектниот менаџмент во рударството.

1.4 Осврт на досегашните истражувања

Според моите согледувања, досега нема трудови кои се занимаваат со моделирање на технологија за експлоатација на комерцијални блокови со помош на повеќекритериумска оптимизација. Ова би значело дека оваа тема дава многу можности за понатамошно истражување.

2. СТРУКТУРНО -ТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РАБОТНАТА СРЕДИНА

На репрезентативен примерок се вршат испитувања на следните својства:

- петрографски;
 - технички;
 - технолошки.
- Петрографските својства ги опфаќаат следниве елементи:
1. минерален состав;
 2. структура;
 3. текстура;
 4. испуканост.

1. Својствата на цврстите карпи, кои можат да бидат асоцијација на еден или повеќе видови, зависат од својствата на минералите од кои се изградени.

Минералот се дефинира како анорганско тело со одредени физички својства и одреден хемиски состав. Деталното познавање на минеролошкиот состав на некој камен, може да биде добар показател, ако се познати физичките својства на минералот. Исто така, својствата на минералот, како што се: хемискиот состав, тврдината, густината, правецот на лепење, хемиската постојаност, можат да го одредат однесувањето на каменот под одредени услови.

Познавањето на минералите кои го градат каменот, подразбира и познавање на многу особини, како што е неговата свежина, како и евентуални деформации поради тектонските притисоци.

2. Структурата на цврстите карпи ги одразува големината, обликот и начинот на меѓусебно врзување на основните состојки. Зрната механички се поврзани преку контактните површини (кристална врска) или преку цементните материјали кои го исполнуваат потполно или делумно просторот помеѓу минералните зрна.

Во случај кога сите други фактори би биле исти, цврстината би била правопрпорционална со контактната површина, а обратнопрпорционална со големината на зрната.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

3. Текстурата на цврстата карпа го претставува просторниот распоред на минералните состојки во масата и исполнетоста на просторот. Основни текстури се: хомогена и насочена текстура. Хомогената текстура е карактеристична за поголемиот број магматски и седиментни карпи, а насочената е за поголем број метаморфни карпи.

Текстурите кои се однесуваат на исполнетоста на просторот во масата на карпата можат да бидат: компактна - кога масата на карпата е целосно исполнета со цврста супстанција; порозна - кога карпата содржи пори со мали размери; шуплива - кога содржи шуплини со правилен и неправилен облик.

4. Тектонските напрегања на кои карпестата маса била изложена во долгата историја на создавање на земјината кора, предизвикале пукање, кршење или пластични деформации на карпестата маса. Една од основните карактеристики на цврстите карпести маси е испуканоста.

Значењето на овие дисконтинуитети во карпестата маса е од голема важност за добивање камени блокови во комерцијални димензии и за анализа на механиката на карпата, а пред сè, заради утврдување на геомеханичките параметри на работната средина во експлоатација.

- Техничките својства на каменот опфаќаат широк спектар на карактеристики како што се:
 1. физички својства;
 2. топлотни својства;
 3. електрични својства;
 4. акустични својства;
 5. магнетни својства;
 6. радиоактивни својства;
 7. пропустливост на гасови и светлина;
 8. вода во каменот;
 9. трајност.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

1. Физичките својства на каменот ги опфаќаат следните карактеристики: боја, густина, порозност и тврдина.

- Бојата е визуелна карактеристика и, како таква, не е физичка големина која може да се мери. Бојата се карактеризира со: сјај - карактеристика на бојата која сме свесни за разликата на осветлување; нијанса - разлика на брановата должина и заситување - чистина на дадената нијанса.

- Густината претставува однос на цврстата фаза (M_0) спрема нејзината зафатнина (V_0):

$$\rho_0 = \frac{M_0}{V_0} \quad (\text{g/cm}^3)$$

Густината на каменот зависи од минералниот состав т.е. од густината на минералите и нивниот зафатнински процент

$$\rho_0 = \sum_{i=1}^n \rho_{oi} V_i \quad (\text{g/cm}^3)$$

каде што: n - број на минерали кои го градат каменот;

V_i - процентен дел на зафатнината на поединечен минерал;

ρ_{oi} - густина на поединечен минерал.

- Порозноста се изразува како однос на зафатнината на сите шуплини содржани во каменот спрема зафатнината на тој камен во неговата природна состојба:

$$n = \frac{V - V_0}{V} = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = 1 - \frac{\rho}{\rho_0} \quad (\%)$$

Вака изразената порозност претставува вистинска или апсолутна порозност која вообичаено се означува како порозност.

- Тврдината на каменот подразбира негова отпорност на механички дејства од друго цврсто тело предизвикана од цврстината на кристалната структура на минералите, нивната големина и цврстината на нивната меѓусебна врска.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

2. Топлотните својства се карактеризираат со:

- топлотна спроводливост;
- специфична топлина;
- топлотно ширење;
- отпорност на оган.

- Топлотната спроводливост е својство на материјата да пренесува топлина низ својата средина.

3. Електрични својства: Сите цврсти карпи имаат способност на спроведување електрична енергија која, со оглед на природниот состав, се остварува со движење на електроните. Тие се вбројуваат во полупроводници со различна електроспроводливост.

4. Акустичните својства на каменот се дефинираат со неговата способност за звучна апсорпција, звучно-изолациска моќ и звучна пропустливост.

5. Магнетната пропустливост на цврстите карпи се изразува со магнетна пропустливост (K) што претставува однос на интензитетот на магнетизација (J) која карпата го прима спрема силата на магнетното поле (H) што ја предизвикува таа магнетизација.

$$K = \frac{J}{H} \quad (H/m)$$

Магнетната пропустливост на некоја карпа зависи од многу фактори, од кои најзначаен е минеролошкиот состав.

6. Радиоактивни својства: Во зависност од содржината на минерали од ураниумовиот и торијумовиот ред, сите карпи поседуваат помал или поголем степен на радиоактивност, но за техничка примена оваа природна радиоактивност нема практично значење.

7. Каменот, во зависност од неговата порозност, може со дифузни процеси да пропушта помала или поголема количина водена пареа. Со компактоста таа опаѓа.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

За материјалите кои имаат својство да пропуштаат еден дел од светлосниот флуks низ својата средина и овозможуваат да се примени светлосниот извор, но без јасно распознавање на неговиот облик, велиме дека се просирни. Такви се некои мермери и оникси. За материјалите пак, кои во потполност ја запираат светлината, велиме дека се непровидни.

8. Според степенот на подвижност на водата во каменот, карактерот на нејзината врска и влијанието на составот на карпата разликуваме:

- хемиски врзана вода;
- физички врзана вода;
- слободна вода.

Хемиски врзаната вода се дели на:

- кристализациона вода - вода врзана во кристалните решетки;
- конституциона вода - вода која преку ОН-јоните ја гради кристалната решетка.

Физички врзаната вода се дели на:

- цврсто врзана вода (апсорбна вода) која нема способност за движење;
- слабо врзана вода која има способност за движење под дејство на молекуларни сили.

Слободната вода може да биде:

- капиларна и
- гравитациона вода.

9. Трајноста или распаѓањето на каменот е последица на дејствувањето на:

- хемиски влијаниа - (CO_2), (SO_2), хлориди и др.;
- физички влијанија - влага во каменот, во атмосферата;
- механички влијаниа - влажнење и сушење наизменично, промена на температура, дејство на мраз.

3. ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ И ТЕХНИЧКО - ТЕХНОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АГК

3. 1 Отпорност на дупчење

Отпорноста на дупчење претставува отпор кој каменот го дава во процесот на дупчење. Отпорноста на дупчење се изразува со брзината на напредување во единица време (m/h). Потполна слика за ова својство се стекнува кога брзината на дупчење ќе се надолжни со податоците за петрографските карактеристики, конструктивно-техничките елементи на алатот и опремата за дупчење, режимот и техниката на дупчење.

За технологијата на експлоатација на АГК, ова прашање е од големо значење, бидејќи нема работна операција во која не се применува дупчењето како основна или помошна операција. Отпорноста на дупчење зависи од следните групи фактори:

- петрографски;
- механички;
- конструктивно-технички параметри на алатот;
- режим на дупчење;
- техника и тип на дупчење.

Петрографските карактеристики директно влијаат на својствата на дупчење, па ефектите зависат од:

- минералниот состав на карпата;
- структурниот склоп на зрното;
- минералниот склоп на карпестата маса;
- големината на минералните зрна.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Механичките фактори извонредно влијаат на отпорноста на дупчење. Тие се важни при изборот на алат за дупчење и најбитни се двете својства:

- тврдина на карпата и
- физичко-механичките својства на карпата.

Конструктивно-техничките елементи на алатот директно влијаат на параметрите на отпорноста на дупчење, а тие се:

- обликот на работниот алат;
- видот и типот на работниот алат;
- видот на абразивниот материјал на матриксот;
- концентрацијата на абразивниот материјал во резниот алат;
- видот на врзното средство на абразивниот материјал.

Режимот на дупчење е во директна врска со отпорноста на дупчење и ефектите на разорување на карпестата маса. Параметри кои го карактеризираат режимот на дупчење се:

- енергија на дупчење - силата на главниот мотор;
- квалитет на уредот за дупчење;
- степенот на автоматизација на дупчалката;
- енергијата на ударот - енергија на ротација на работниот орган;
- бројот на удари - брзина на ротација на работниот орган;
- притисокот на работниот орган на ортата на дупчалката;
- видот на дупчење: суво – водено;
- начинот на испирање и одведување на разорениот материјал;
- енергијата на движење на системот за дупчење (пневматичен-хидрауличен).

Во рударството, кога е во прашање типот на дупчење, се издвојуваат следните типови дупчења:

- ротационо;
- ударно;
- ударно - ротационо;
- ротационо - ударно.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Типот на дупчење и дупчачкиот алат се бираат според намената на дупчењето и главните физичко-механички својства на карпестата маса. Сите постапки во дупчењето се базираат на дејствувањето на оптоварувањето на дупчечкиот алат на минијатурните површини на карпата.

Концентрираната сила која се пренесува преку дупчечкиот алат ја разорува, ја кине, ја дроби, ја струже карпестата маса која се изнесува од дното на дупнатината со помош на вода или воздух.

Намената на дупчењето е од големо значење за изборот на работниот алат, па од тој аспект дупчењето се дели на:

- истражно дупчење со јадрување;
- истражно дупчење без јадрување;
- експлоатациско дупчење за минирање;
- дупчење работни дупки во експлоатација на АГК;
- дупчење дупнатини со мал пречник за насочено лепење на карпестата маса.

Ако се согледа целиот дијапазон на елементи кои влијаат на утврдување на отпорноста на дупчење на карпата, може да се каже дека на секое ново лежиште претстојат низа активности на запознавање на работната средина и нејзините оперативни и нормативни параметри.

Без експериментално дефинирање на параметрите кои влијаат на отпорот на дупчење, нема ни практични ни егзактни податоци кои ја детерминираат работната средина во однос на дупчењето. Пресметките и податоците на производителите на опрема и алат за дупчење можат да се прифатат како прогнози. Теоретскиот пристап во оваа област се движи во широк дијапазон на различни претпоставки, така што, како единствена законитост може да се прифати следново:

- карпите со голема динамична цврстина се дупчат побавно;
- карпите со помала динамична цврстина се дупчат побрзо;
- карпите со поголемо учество на ситнозрнести минерали се дупчат побавно;
- тврдите карпи со содржина на тврди минерали се дупчат побавно;

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- карпите со поголемо учество на крупнозрнести минерали се дупчат побрзо.

Веродостојни податоци за отпорноста на карпите на дупчење се утврдуваат со:

- експериментални постапки во лабораторија и
- експерименти “in situ” во лабораторија.

Многу поверодостојни се податоците добиени од “in situ”- експериментите, но тие се доста поскапи и затоа не се користат во технологијата на експлоатација на АГК.

3. 2 Разорливост на карпата со експлозив

Познато е дека експлозијата ги има следните карактеристики:

- брзината на експлозија на бризантни експлозиви е 5000-6000 m/s;
- брзината на експлозија на црн барут е 400-600 m/s;
- ослободува голема енергија при експлозија;
- развива висок притисок од 20 000 МПа;
- развива висока температура од 5000-7000 °C.

За да се врши експлоатација на АГК без разорување и уништување на карпестата маса, потребно е да се искористат само карактеристиките што не го оштетуваат каменот, а тоа може да се постигне само со адекватна геометрија на дупнатините и насочено дејство на експлозивот и негово правилно користење.

Примената на експлозивите во експлоатација на АГК се движи во границите на компромис помеѓу разорното дејство на експлозивот и потребите да се насочи дејството на цепање на камениот блок од масивот.

Разорливоста на карпата со експлозив е една типична релативна големина кога се во прашање својствата на карпестата маса и таа зависи од низа елементи:

- физичко - механички карактеристики на каменот;

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- структурно - геолошки карактеристики;
- параметрите на експлозивот;
- геометријата на дупнатините.

Изборот на видот и типот на експлозивот треба да се врши во корелација со механичките и физичките својства на карпестата маса. Сигурни податоци можат да се добијат со “in situ“- експерименти каде што, како променливи големини се јавуваат геометријата на дупнатините и видот и количината на експлозивот. Овие фактори можат да се квалификуваат како:

- познати - однапред утврдени и
- непознати - параметри кои се утврдуваат со експерименти.

Познатите фактори се непроменливи и се однесуваат на експлозивните својства на експлозивот, геометријата на дупнатините и рударските параметри на експлоатација.

Непознатите фактори се променливи и се однесуваат на:

- физичко - механичките карактеристики на каменот и
- структурно - геолошките состојби на лежиштето.

Според отпорноста на експлозивни, карпите се делат на:

- отпорни;
- умерено отпорни;
- слабо отпорни;
- неотпорни.

Отпорните карпи се претежно од магматско потекло со квалитетни физичко-механички особини и овозможуваат извонредно насочено цепање на камените блокови од масивот. Во нив спаѓаат:

- магматски: дијабаз, базалт, габро, диорит, дацит, андезит;
- метаморфни: кварцити, амфиболити, гнајсеви;
- седиментни: кварцни песочници и конгломерати.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Умерено отпорни карпи се:

- метаморфни: шкрилци и мермери;
- магматски: серпентинити;
- седиментни: варовници, доломити и бречи.

Кај овие карпи е важно правилното насочување на линиското цепење заради користење на природните предиспозиции. Типично за овие карпи е тоа што немаат воедначено цепење во сите правци.

Карпите кои се слабо отпорни на минирање воопшто не се цепат по правец, што важи и за неотпорните карпи во кои спаѓаат: порозните варовници, травертини, мермерни оникси и микашести.

3.3 Цепливост

Цепливоста е својство на каменот при кое, при напрегање со удар со соодветен алат за цепење, каменот се разделува по рамна површина. Испитувањето на ова својство се врши со соодветен алат за цепење.

Утврдувањето на цепливоста не е дефинирано со технички стандарди, па може да се каже дека оценувањето на цепливоста кај некој камен, како и другите техничко-технолошки својства, зависи од низа фактори кои во различен степен влијаат на квалитативните својства на цепењето.

Цепливоста на каменот директно зависи од петрографските карактеристики на карпата, а индиректно од:

- техниката на напрегање и
- видот на алатот.

Минералниот состав во групата петрографски својства ја одредува техниката на цепење. Присуството на лушпести минерали како што се лискунот и хлоритот ја истакнуваат цепливоста, додека пак, кварцот, плагиокласот и пироксинот ја намалуваат цепливоста.

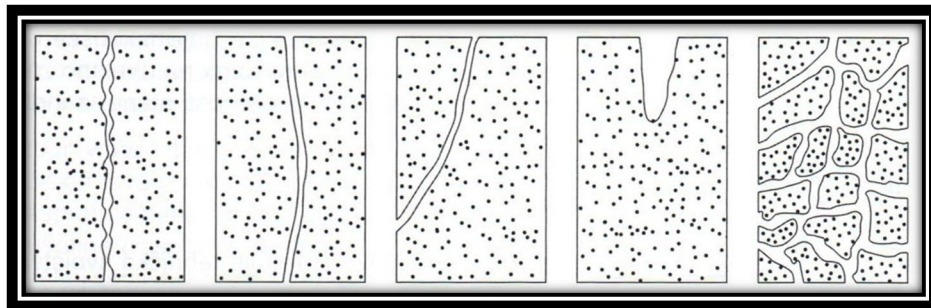
Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Формата и големината на минералот, начинот на појавување, врската на цементната маса или кристализацијата, директно ја одредуваат цепливоста, изгледот на цепената површина, мазноста и др.

Најважна особина од групата петрографски својства е текстурата. Текстурата го одредува правецот на цепливост и може да биде: во еден правец (линеарна текстура) и во два правци (планарна текстура).

Цепливоста може да се манифестира на следните начини:

- А) одлична цепливост;
- Б) добра цепливост;
- В) лоша цепливост;
- Г) карпи без цепливост;
- Д) фрагментација.



Слика 1. Цепливост на каменот

Figure 1 Stone cutting

Цепливоста е важно својство, како во експлоатацијата, така и во преработката и на ова својство се развива технологијата на експлоатација на карпестата маса на секој површински коп.

Многу битно за ова својство е да се скрати рокот на цепање за да се задржи т.н. “рудничка влага” на каменот што кај некои материјали дополнително ја поттикнува цепливоста. Такви се аргилошистите.

3.4 Способност за длабење и обликување на каменот

Способноста на каменот да може да се обработува со различни видови алат претставува својство на обликување на каменот. Длабењето и обликувањето на каменот е во корелација иако како работни операции се различни.

Длабењето не може да се работи без удар на алатот од каменот, а обликувањето не може да се врши без ротирачки алат бидејќи длабењето е груба постапка, а обликувањето е фина постапка.

Способноста за обликување зависи од низа фактори, меѓу кои најзначајни се:

- минералниот состав;
- структурата;
- текстурата;
- физичко - механичките карактеристики.

Минералниот состав на карпестата маса, како во поглед на присуството на минерали, така и во поглед на големината на минералот, исклучително влијае на својството на обликување.

Особено неповолна е појавата на крупнозрнести минерали на кварц, плагиоклас и хорнбленда, затоа што никогаш не се знае каде ќе излезе и како ќе се обработи крупнозрнестиот материјал. Исто така, неповолни својства се и хетерогената структура, анизотропните материјали, како и грубите зрна на минералот.

Варијабилноста во ориентацијата на минералниот состав во вид на непрекината концентрација на меки и тврди минерали, дополнително го отежнува длабењето.

Физичко - механичките параметри се од големо значење, пред сè од аспект на тврдина на каменот. Тврдиот камен бара повеќе време и поквалитетен алат.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Но, денес сè помалку се применува рачна работа, а сè повеќе се користат нови CNC - машини, кај кои длабењето е скоро укинато, а се користи обликување најмногу со ротирачки алат. Притоа, многу фактори кои негативно влијаат при длабење (при работа), со овие машини го губат значењето. Активната примена многу го скратува времето на изработка и овозможува повеќекратна изработка на исти форми, што е многу значајно во градежништвото денес.

За длабење и обработка се погодни меки карпи кои не го спроведуваат ударот подлабоко во камената маса.

Изразито поволни за обработка со удирање се финозрнестите и ситнозрнестите мермери, среднотврдите варовници, а ониксот, шкрилците, аргилошистите и серпентините не треба да се обработуваат со длабење поради анизотропија и нерамномерна концентрација на тврди и меки минерали и некои други својства кои ги чинат неподобни за обработка.

3.5 Отпорност на сечење

Со развојот на технолошки постапки на разорување на карпестата маса по пат на контакт со резен алат, експлоатацијата на АГК доживеа исклучителен напредок во производството и обработката на АГК.

Сечењето, како механизам на разорување на карпестата маса, се користи во сите сегменти на добивање архитектонски камен, од геометризација до сечење на блоковите во плочи.

На отпорот на сечење влијаат следните фактори:

- минералниот состав;
- структурата;
- тврдината.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Исто така, важно е да се напомене дека обликот на алатот за сечење е различен кај различни машини, затоа што се сечат различни карпи во посебни геолошки услови, со различна тврдина, структура и текстура и на крај се користат за различни цели.

Машините во експлоатација на АГК користат резен алат со плочеста, конусна и цилиндрична форма, каде што сечењето се врши со механизам на поместување, втиснување и стружење на карпестиот материјал во резот. За ефектите и начинот на сечење од значење е и користењето на вода за ладење на резниот алат и изнесување на разорениот материјал.

Машините за преработка на архитектонски камен користат алат со строги геометриски форми, сегменти од дијаманти и алати од тврди метали т.н. абразивна маса.

Водата е медиум за ладење и изнесување на исечениот материјал каде сечењето се врши со директно свлекување на откинатите зрна камен.

Ова својство зависи најмногу од минералниот состав, односно содржината на кварцот, а пресудна е големината на зрната.

Карпите можат да се поделат на:

- тврди карпи - во чиј состав има: кварц, амфибол, пироксен;
- меки карпи - во чиј состав има минерали со тврдина под 4-ти степен на Мосовата скала, односно калцит, серпентинит, доломит итн.

Отпорноста на сечење се зема како еден од основните фактори кои влијаат на формирање на цената на експлоатацијата и преработката на АГК.

3.6 Способност за полирање

Полирањето е својство на каменот при кое, со технолошки постапки на површинска обработка, со помош на абразивни средства, каменот добива сјајна површина. Полирањето се врши поради неколку функции и тоа:

- истакнување на декоративните елементи на каменот;
- истакнување на бојата и структурниот состав;
- заштита од штетни влијаниа;
- зголемување на употребливоста и постојаноста.

Способноста за полирање, главно зависи од:

- минералниот состав;
- структурата;
- порозноста.

Минералниот состав е доминантен фактор според кој минералите се поделени на :

- минерали кои извонредно се полираат;
- минерали кои добро се полираат;
- минерали кои лошо се полираат;
- минерали кои не се полираат.

Минерали кои извонредно се полираат се: калцит, пироксен и амфиболи. Добро се полираат кварцот и гранитот. Лошо се полираат пентинитот и доломитот, а не се полираат лискуните, хлоритите и др.

Високиот сјај на полираниот камен, воглавно, зависи од процентуалното учество на минералот кој има добро својство на полирање, а најдобро се полираат хомогените и компактните карпи со микрокристална структура.

Порозноста негативно влијае на полирањето затоа што многу средства се трошат за полирање, а порозната средина многу тешко се потполнува.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Тешкотии при полирањето предизвикуваат и генетскиот дисконтинуитет, помали вдлабнатини и недоволната цементација на карпестата маса.

Германскиот геолог Т. Muller го изучувал полирањето од аспект на минералниот состав, структурата, текстурата, хомогеноста и компактоста и ја дал следнава поделба:

- А) површина идеално мазна со висок сјај карактеристична за базалти;
- Б) површина со испупчувања и вдлабнатини (тврдите минерали се останати испакнати, а меките многу избрусени или отпаднати) карактеристична за гранити и габро;
- В) површина на која се гледаат свлечени лушпести минерали, типично за гранито - гнајсови;
- Г) полирана површина типична за порозни материјали кај кои се воочуваат меѓупростори на површината (такви се травертините);
- Д) површини со вдлабнатини кај кои се свлечени слабо цементираны фрагменти карактеристични за песочниците ;
- Ѓ) површини со длабоки и невоедначени вдлабнувања проследени со испуѓање на крупнозрнести минерали, какви што се конгломератите;
- Е) површини со пукнатини и дисконтинуитет, карактеристично за варовници, бречи и др.

4. ТЕХНОЛОГИЈА НА ДОБИВАЊЕ КОМЕРЦИЈАЛНИ БЛОКОВИ

Експлоатацијата на архитектонско - градежниот камен претставува одвојување на примарните блокови од камениот масив со различни постапки. Механизмот за одвојување на камената маса и функцијата на работниот орган за сечење на каменот се елементи кои го одредуваат изборот на основните машини за експлоатација и технологија на работата во еден рудник.

Физичко - механичките параметри на камениот масив мораат да бидат во корелација со функцијата на машините кои се бираат врз основа на истите. Начинот на експлоатација се избира врз основа на големината на лежиштето и капацитетот на површинскиот коп, односно капацитетот на основните машини. Специфичноста на експлоатацијата на архитектонско - градежниот камен ја зголемува тоа што таа се врши во строги геометриски форми кои се потребни за подобро искористување на камените блокови.

Примарните блокови имаат форма на паралелопипед, се сечат во распон (дијапазон) од неколку десетици до неколку стотици кубни метри и тие димензии се повеќекратно поголеми од потребните мерки на комерцијалните блокови.

Начинот на експлоатација зависи и од геолошките услови во лежиштето за најдобро искористување на камената маса.

Современата технологија на експлоатација на архитектонско-градежниот камен ги опфаќа следниве технологии на производство на камени блокови:

- технологија на добивање камени блокови со дупчачко - минерски работи;
- технологија на добивање камени блокови со дупчење и примена на експанзивни смеси;
- технологија на добивање камени блокови со дијамантска жичена пила;

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- примена на каменорезачка машина;
- технологија за експлоатација на АГК со пламеник;
- water Jet - технологија.

Табела 1. Преглед на основни машини

Table 1. Review of basic machines

Ред. Бр.	Основна машина	Начин на сечење на каменот
1	Лафетни дупчалки	Дупчење и цепење со детонаторски фитил
2	Лафетни дупчалки	Дупчење и цепење со експанзиона смеса
3	Дијамантска жичена пила	Абење и сечење
4	Каменорезачка машина	Триење и сечење
5	Пламеник	Топење (термичко напрегање)
6	Воден млаз - Water Jet	Разорување со воден млаз

Капацитетот и техничко - конструктивните перформанси на основните машини овозможуваат експлоатација на големи камени блокови кои се поголеми од техничките можности на механизацијата за товарање на камени блокови (утоварни лопати, разни кранови, подвижни дигалки и друго).

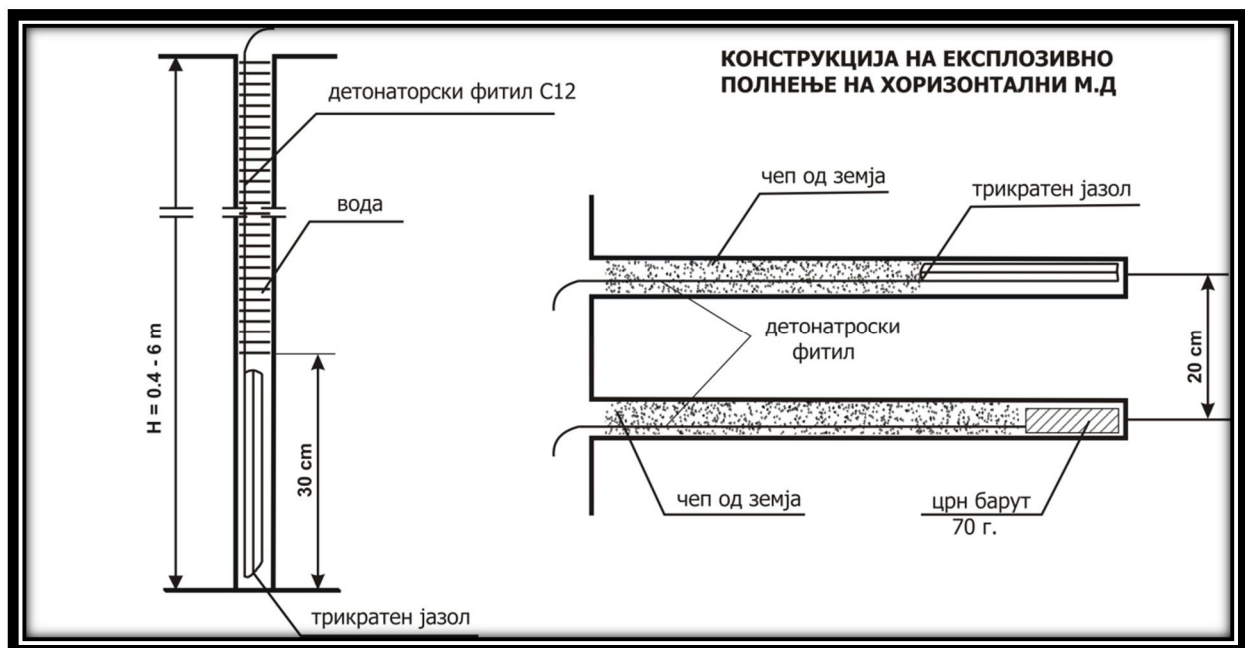
Денес, тенденција е, со долги фронтални работи по етажи и поголеми зафати, од камената маса да се зголемува ефектот, да се подобрува организацијата, подобро да се искористува машинскиот парк и да се зголемува капацитетот на површинскиот коп. Кога примарниот блок ќе се оддели од камениот масив, следува операција на превртување на блокот на етажната рамнина и негово кроење на комерцијални блокови со големини кои се компатибилни со техничките карактеристики на утоварните машини и технологијата на сечење на истите.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

4.1 Технологија на добивање камени блокови со дупчачко - минерски работи

Добивањето камени блокови со дупчачко - минерски работи се смета за стара технологија и, во поново време, се избегнува нејзината примена. Се користи во рудници за гранит при што, како експлозивно средство се користи детонаторски фитил.

Цепењето на архитектонско - градежниот камен со минирање по должина на низа од мински дупнатини со мал пречник е еден од стандардните начини за добивање блок со комерцијални димензии. Задачата на експлозивното средство (детонаторскиот фитил) е да создаде пукнатина по должина на рамнината на цепење – линија на најмал отпор.



Слика 2. Сечење со помош на детонаторски фитил

Figure 2. Cutting with detonating fuse

Оваа технологија се изведува со

- дупчење на хоризонтални и вертикални дупнатини;
- минирање на ламели со примена на детонаторски фитил.

4.1.1 Дупчење на мински дупнатини

Дупчењето на камениот масив се врши на одредено растојание со цел
цепење на истиот.

Тоа може да се изведува на различни начини:

- со рачни пневматски чекани;
- со подвижни дупчачки гарнитури;
- со комбинирани уреди за дупчење на утоварно-транспортни средства;
- со дупчалки на пневматски погон кои се користат во голем број површински копови на архитектонско - градежниот камен.

Опремата што притоа се користи е компресор (на дизел или електрична енергија) за производство на компримиран воздух и дупчачки алат.

- Дупчачките пневматски чекани ги има од различни производители и се со различни тежини и димензии, а нивниот извор зависи од капацитетот на компресорот, длабината на дупнатините и пречникот на дупнатините на овие простори. Најмногу се користат дупчалките на Железара "Равне" и тоа моделот VK-23 (слика 3)



Слика 3. Пневматски дупчачки чекан модел VK-23, Железара „Равне“

Figure 3. Pneumatic rock drill VK-23

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- Подвижни дупчачки гарнитури се користат за инсталирање, насочување и маневрирање со еден или повеќе пневматски чекани. Со примена на лафетните дупчалки се добива на брзина и длабина. Се состојат од неколку делови и тоа: носечки дел кој претставува рам или главна конструкција, команден дел и погонски дел кој се состои од еден или повеќе пневматски чекани (слика 4). Ги произведуваат повеќе фирми кои се занимаваат со производство на рударска опрема. Големината на рамот и бројот на пневматските чекани инсталирани на истиот зависи од типот на каменот што ќе се експлоатира.

Во последно време на лафетните дупчалки се применуваат и хидраулични чекани со што се зголемува брзината и квалитетот на дупчење.



Слика 4. Лафетна дупчалка

Figure 4. Mobile rock drill

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- Комбинираните уреди се состојат од дел за дупчење што работи на хидрауличен погон и транспортен дел кој може да биде багер или специјална дигалка на чија стрела се монтира дупчачкиот дел.



Слика 5. Комбиниран уред за дупчење

Figure 5. Combined drilling device

Дупчачкиот дел се состои од хидраулични чекани чиј број зависи од материјалот што се дупчи и тоа: за мермери од 2-4 чекани, а за гранити (тврди карпи) од 1-2 чекани. Длабината на дупчење е максимум до 3,2. За поголема длабина потребно е промена на моноблок - бургијата што дополнително ја комплицира операцијата. Можат да бидат склоп на дупчачки дел приклучен на багер чија хидраулика ја користи претходно споменатиот дел, или пак да бидат во еден склоп со носечкиот дел кој воедно е и погон за придвижување на дупчачката гарнитура. Ги произведуваат повеќе фирми, како што се: Тамгоск, Perforra, Marini итн. (слика 5). Сите се со различни карактеристики, а нивниот ефект најмногу зависи од тврдината на материјалот и конфигурацијата на теренот.



Слика 6. Хидраулична дупчалка тип „Perfora“
Figure 6. Hydraulic drill type "Perfora"

Нивната предност е во тоа што не се зависни од транспортните средства, имаат голема брзина на дупчење (1-2 м/мин во гранити и 2-6 м/мин во мермери) и се прецизни, ја собираат пращината што ја создаваат при дупчењето, но се бучни и работат на дизел - погон (слика 6).

4.1.2 Минирање на ламелите

Цепењето на ламелите со минирање се врши со примена на експлозивни средства. Изборот на експлозивот за конкретен камен зависи од повеќе фактори и тоа:

- структурно - текстурниот состав на камената маса;
- физичко - механичките својства на каменот;
- цепливоста на камената маса.

Овие параметри влијаат на изборот на експлозивот, количината и потрошувачката, а со тоа и на геометријата на дупчење, длабочината на

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

минските дупнатини и ефектите од минирањето, при што исто така, треба да се земе предвид и времето на палење на хоризонталните и вертикалните дупнатини.

Ако се земат предвид сите овие фактори, изборот на експлозивни средства се сведува на :

- црн рударски барут со брзина на согорување 300-600 m/s кој не е отпорен на вода;
- емулзиони патронски експлозиви;
- детонаторски фитил со брзина на согорување 5000-7000 m/s.

Детонаторскиот фитил се употребува во мински дупнатини со пречник од 28-36 мм и, зависно од должината на дупнатините, неговото дејство може да се засилува со плетење на повеќе јазли на неговиот крај, а потоа сите водови се врзуваат на еден вод кој се иницира со рударска каписла број 8.

Може да се користи во суви дупнатини при што со негова детонација се јавува ударен бран од гасови и температура што дејствува на сидовите на дупнатините, при што отпорот е:

$$P = \varphi \sigma_i - B H d N L \quad (\text{MN})$$

φ - коефициент за претходно ослабување на камената маса;

σ_i - динамичен отпор на истегнување (МПа);

B - должина на линијата на раздвижување на блокот (m);

H - висина на етажа (m);

d N L- површински пресек на дупнатината на линија на раздвојување (m²);

d - дијаметар на дупнатини (m);

N - број на дупнатини;

L - длабина на дупнатини (m).

За да дојде до одвојување на блокот, потребно е да се исполни условот:

$$\varphi \sigma_i \geq (0,02 - 0,04) \sigma_c$$

σ_c - специфична цврстина на каменот (МПа).

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Растојанието на минските дупнатини може да се одреди од:

$$a = \frac{L}{H} \left(\frac{0,47n}{\sigma_c} + d \right) \quad (\text{MPa})$$

n - број на јазли кои се ставаат во минските дупнатини.

При примена на овој начин на минирање, треба да се земе предвид големината на зоната на оштетување на материјалот околу дупнатините.

Друг начин на користење на детонаторскиот фитил е со зачепување на минските дупнатини со вода или т.н. хидроминирање, при што водата служи како заптивен материјал со што се зголемува ефектот на експлозијата, притисокот се распоредува рамномерно и се намалува потрошувачката на детонаторски фитил.

Импулсниот притисок е:

$$I = 55,8 \sqrt{\frac{G}{d}} \quad (\text{MPa})$$

I - импулсен притисок;

G - маса на експлозивно полнење;

D - дијаметар на минските дупнатини.

Притисокот на ѕидовите на дупнатините со примена на оваа технологија мора да биде поголем од цврстината на истегнување, при што потрошувачката на детонаторски фитил по m' дупнатина треба да биде помал од $0,25 m'$ така што оштетувањата на камената маса нема да бидат поголеми од 5 cm.

Ефектите на цепење на камената маса по должина на дупнатините може да се зголеми, ако се внимава на основните геометриски параметри како што се :

- правилноста на дупнатините;

- исто растојание помеѓу нив;

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- апсолутна вертикалност;
- иста длабочина;
- ист дијаметар на дупнатините.

Важен фактор при примена на оваа технологија е растојанието помеѓу дупнатините што зависи од самиот материјал што се обработува. Многу е важно тоа растојание да се стандардизира за еден материјал што претставува техничко-економски компромис помеѓу трошоците за дупчење и потрошувачката на експлозивот. Притоа, треба да се земе предвид фактот дека трошоците за дупчење на еден коп за архитектонско - градежен камен се голем дел од трошоците за експлоатација.

Оваа технологија е најдоминантна во експлоатацијата на гранити, а е условена од следниве причини:

- многу мала инвестиција во опрема (може да се работи само со дупчачки чекан);
- едноставна и лесна работа;
- основна технологија во услови каде што нема вода;
- лесно прилагодлива технологија и во најлоша конфигурација на површински коп;
- не е потребна висококвалификувана работна рака;
- примената на оваа технологија овозможува брзи навики кај работниците за понатамошен развој на рудникот.

Оваа технологија најмногу се применува кај лежишта на гранит, додека кај мермерите се избегнува бидејќи создава негативни последици поради големото оштетување на камената маса што доведува до намалено искористување на здравата карпеста маса.

Карактеристики на цепање на камената маса со експлозив:

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Табела 2. Геолошки фактори за примена на цепење на камената маса со експлозив

Table 2. Geological factors for splitting stone table with explosives

Ред. Бр.	Фактори за примена	Опис
1	Поле на примена	Засега најмногу во гранитите
2	Структурни и тектонски	Кај карпите со дисконтинуитет тешко се контролира насочено цепење, па најмногу се користи во гранитите

Табела 3. Технички параметри за цепење на камената маса со експлозив

Table 3. Technical parameters for splitting stone with explosives

Ред. Бр.	Параметри	Опис
1	Технички можности на методот	Вертикално и хоризонтално цепење
2	Длабина на разорување на карпата	Ограничена длабина на дупчење, најмногу 8 м
3	Дијаметар на дупнатини	Помал пречник, поголема густина на дупчење, поголем ефект на цепење
4	Должина на линија на фронтот	Колку што дозволува должината на етажата, но не повеќе од 15м

4.2. Технологија на добивање блокови со примена на експанзивни смеси

Експанзивните смеси се хемиски средства со кои се врши цепење на камената маса во правец на дупнатините во кои се создава притисок.

Првичната примена на експанзивните смеси била во градежништвото за рушење разни бетонски конструкции во урбаните средини каде е ризична употребата на експлозивни смеси. Но, со нивно усовршување нашле примена и

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

во рударството, а најмногу во експлоатацијата на гранитите. Примената на експанзивните смеси, пред сè, зависи од температурата на околината и врз основа на тоа тие се делат во неколку групи.

Табела бр 4. Примена на експанзивни смеси во зависност од температурата на околина

Table 4. Application of expansion mixtures depending on the ambient temperaturea

Ред. Бр.	Температура на околниот медиум	Бавна реакција (час)	Брза реакција (час)
1	50	8	3
2	40	12	4
3	30	15	5
4	20	20	10
5	10	30	15

Подготовката на експанзивните смеси се врши така што експанзивниот прашок се меша со вода во строго определен однос што го дава производителот, а зависи од пречникот и должината на дупнатината. При подготвувањето на смесата, задолжително е одржувањето на суви дупнатини и носење заштитна опрема од страна на работникот кој работи со истата.

Вредноста на притисокот (P) е променлива во зависност од температурата и времето во кое се одвива експанзијата.

За да се пресмета тој притисок, потребно е да се разгледаат низа од најмалку пет дупнатини, а математички тоа може да се претстави:

$$F = \int_0^x p \sin \alpha \times r d\alpha$$

каде: r - радиус на дупнатината;

$p \sin \alpha$ - компонета p во правец на променливата F .

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Ако се реши интегралот се добива:

$$F=r.p.r_1=p.d$$

каде: $d=r.r_1$

За да се добие силата P за конкретна должина на дупнатината, се доаѓа до:

$$P=F.H=p.d.H \quad (MN)$$

Предности на цепањето со експанзивни смеси:

- Процесот на цепање е „мирен“ без вибрации и експлозии;
- Со ставањето на смесата во дупнатините престанува и потребата од присуство на работникот;
- Прифатлива е од еколошки аспект;
- Чувањето е безопасно;
- Не бара посебни овластувања и дозволи за набавка и користење;
- Процесот може да се запре едноставно, со чистење на веќе исполнетите дупнатини.



Слика 7. Подготвување на експанзивна смеса

Figure 7. Preparation expansion mixture

Недостатоци на оваа технологија се:

- Експанзивните смеси се поскапи од експлозивите;
- Ограничена примена во однос на температурата;
- Ограничена примена во однос на тектонските оштетувања на карпестата маса (бара здрава средина).

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Карактеристики на цепење со експанзивни смеси

Табела 5. Геолошки фактори на примена на експанзивни смеси

Table 5. Geological factors implementation of expansion mixtures

Ред. Бр.	Фактори на примена	Опис
1	Поле на примена	Најголема примена за цепење на гранити, можат да се применат во сите геолошки услови
2	Структурно - литолошки и тектонски фактори	Камена маса со што помалку пукнатини

Табела 6. Технички параметри за примена експанзивни смеси

Table 6. Technical parameters for application expansion mixtures

Ред. Бр.	Параметри	Опис
1	Технички можности	Цепење со експанзивни смеси изведува во вертикален правец, под агол и хоризонтално кога дупнатините се полнат со помош на пумпи
2	Длабина на цепење на каменот	Економски е оправдано дупчење низ дупнатини до 8 м. Ефектите на цепењето се поголеми на помали висини на подетажите и помали висини на блоковите
3	Должина на фронтот на цепење	Нема ограничувања во здрави камени маси. Не се пожелни подолги фронтони доколку има пукнатини и дисконтинуитет
4	Дијаметар на дупнатините	Дупчењето е со моноблок - бургии, чиј пречник се движи од 28 до 42 мм

4.3.Технологија на добивање камени блокови со дијамантска жичена пила

Оваа технологија е една од најприменуваните технологии во експлоатацијата на архитектонско-градежен камен. Таа е една од најусовршуваниите технологии, па така, денес најдува голема примена и во експлоатацијата на најтврдите гранитни карпи. Дијамантската жичена пила е со најоптимален ефект и може да се користи во примарно сечење блокови, сечење големи резони и во геометризација на примарните блокови.

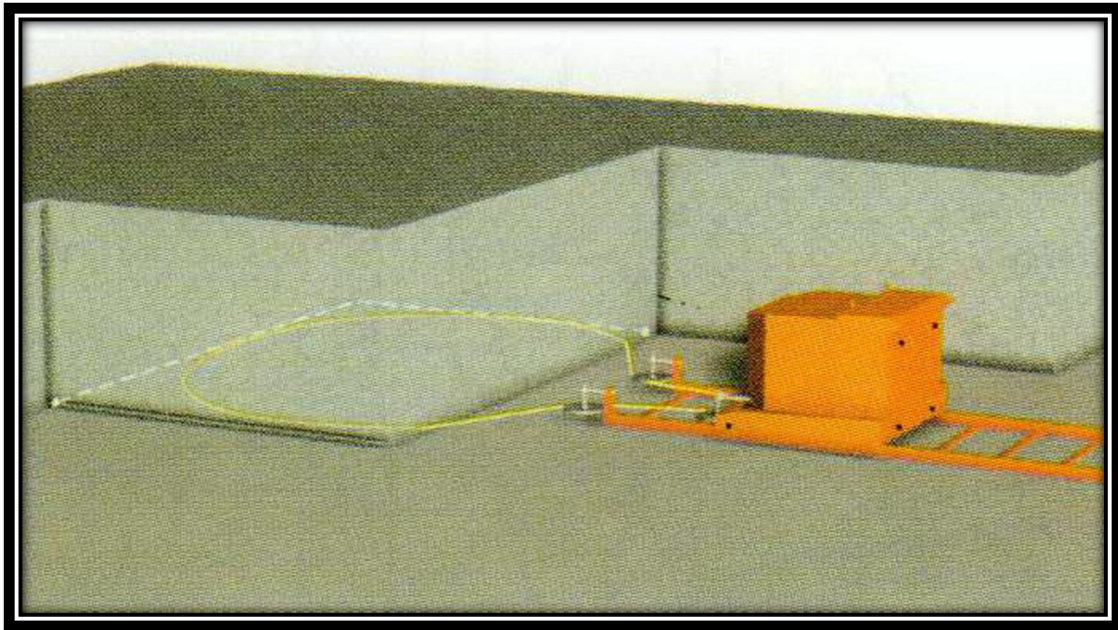


Слика 8. Дијамантска жичена пила

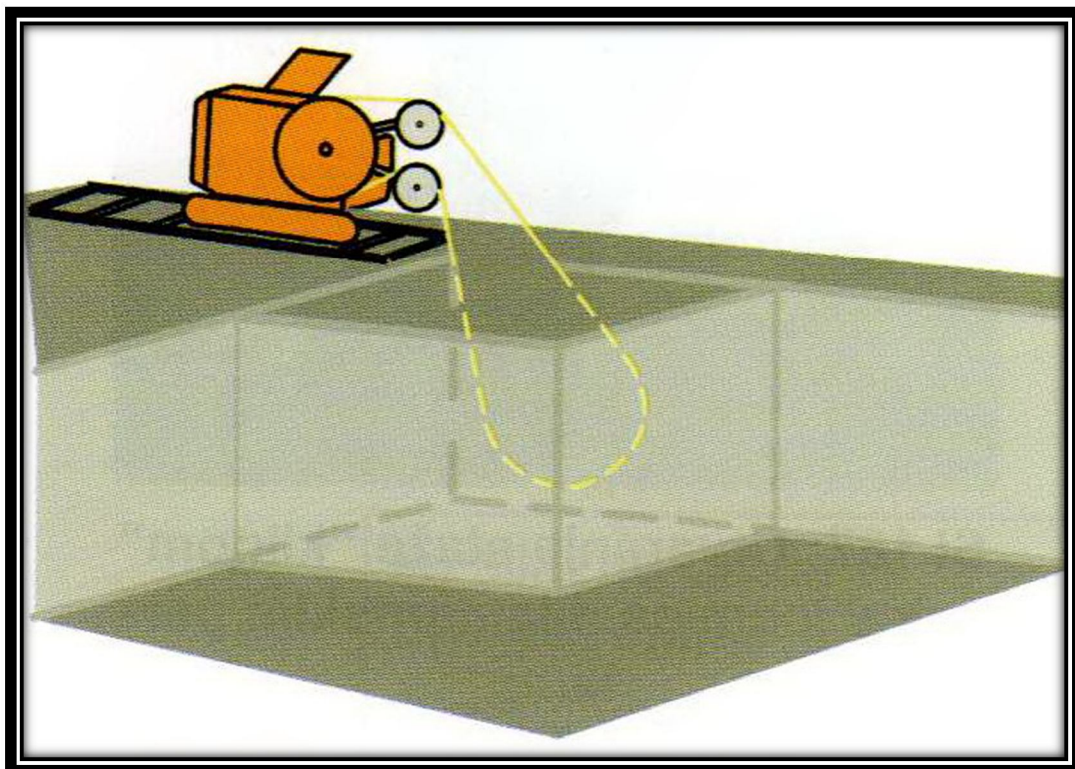
Figure 8. Diamond wire saw

Можат да се применат неколку начини за изведување резони и тоа:

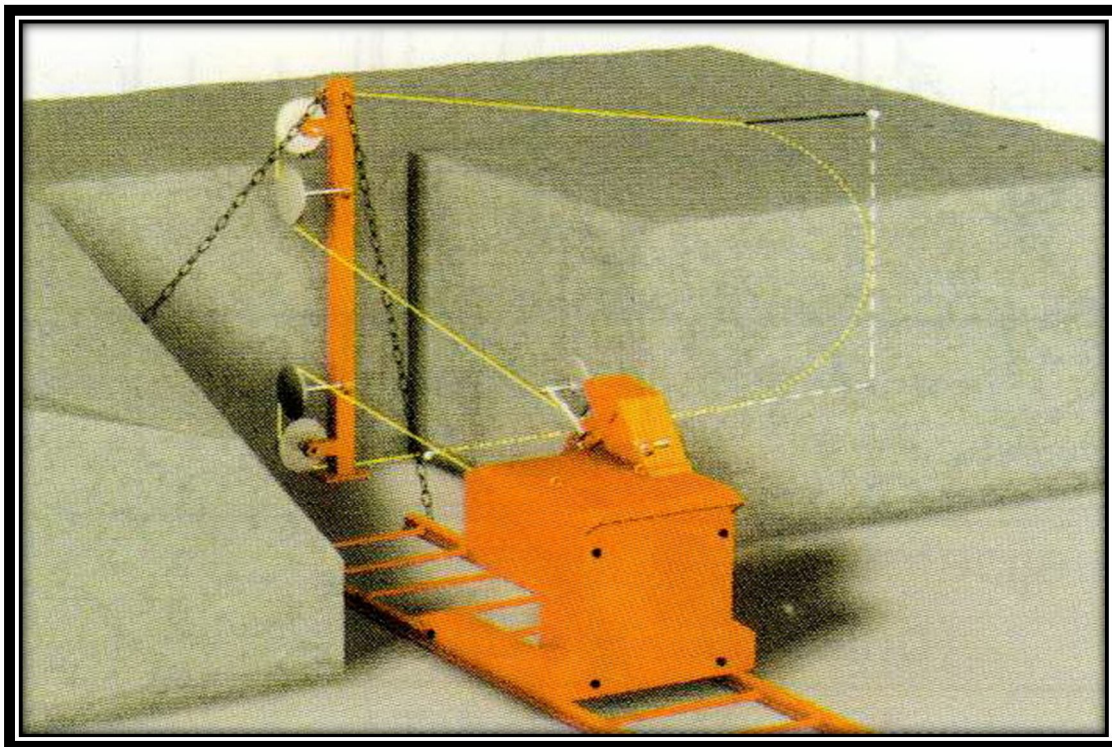
1. хоризонтално сечење со затворен круг;
2. вертикално сечење со затворен круг;
3. вертикално сечење на затворен рез со водилка;
4. вертикално сечење;
5. вертикално сечење на „слеп“ рез



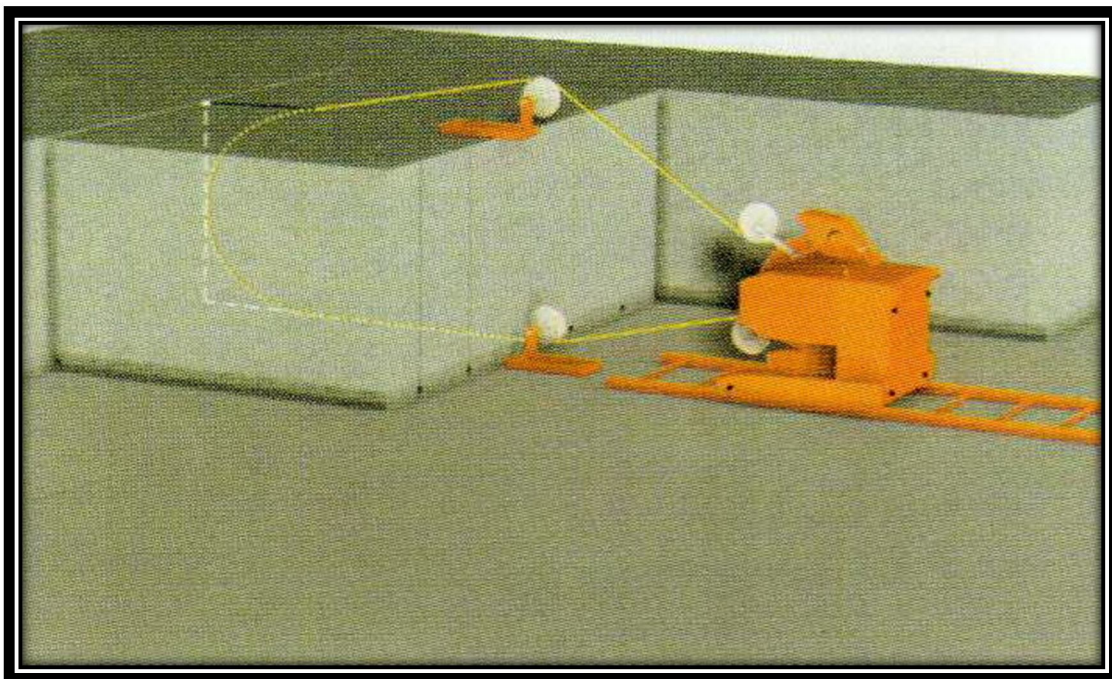
Слика 9. Хоризонтално сечење со затворен круг
Figure 9. Horizontal closed circle cutting



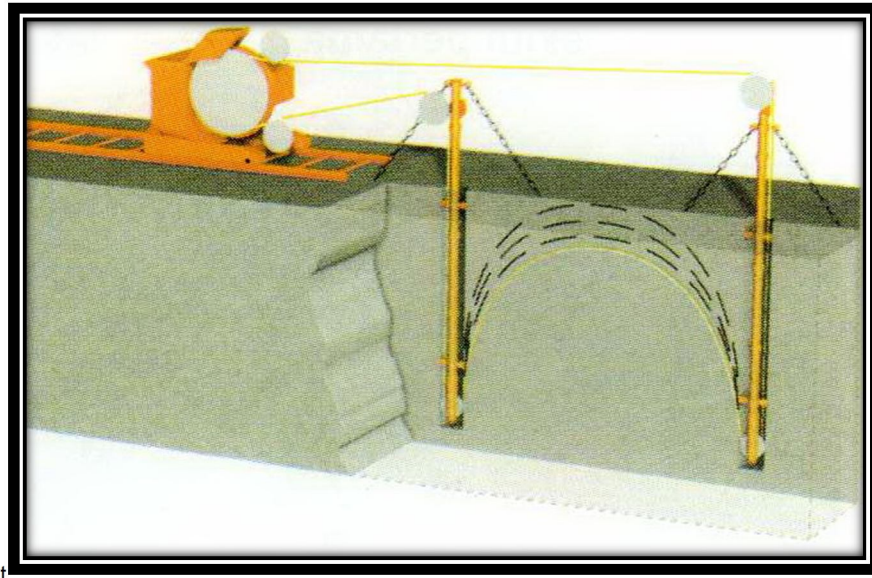
Слика 10. Вертикално сечење со затворен круг
Figure 10. Cutting vertically with closed circuit



Слика 11. Вертикално сечење на затворен рез со водилка
Figure 11. Vertikally indoor section with cutting guide



Слика 12. Вертикално сечење
Figure 12. Vertical cutting



Слика 13. Вертикално сечење на „слеп“ рез
Figure 13. Vertical cutting „blind“ section

Ефектот на дијамантските жичени пили зависи од:

- конструктивно-техничките параметри и силата на жичарата;
- видот и квалитетот на дијамантското јаже;
- видот на камената маса;
- големината на резот.

При изборот на машина треба да се испита квалитетот и физичко-механичките особини на каменот и да се претпостави големината на резовите, односно волуменот на блоковите. Треба да се земат предвид и квалитетот на дијамантските перли и нивниот број во еден метар должина на јажето, како и начинот на врзување на јажето.

Теоретски, ефектот на дијамантската жичена пила се пресметува по:

$$Q_t = 6 \frac{m^2}{h} \quad (m^2/h)$$

Техничкиот ефект пак, зависи од геометријата на работилиштето и од димензиите на комерцијалниот блок, а тоа е:

$$Q_{teh} = \frac{P_b}{T} \cdot \frac{m^2}{h} \quad \text{или} \quad Q_{teh} = \frac{V}{T} \cdot \frac{m^3}{h} \quad (m^2/h),$$

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

каде:

P_b - површина на сечење на карактеристичниот блок;

T - време на сечење во кое е влезена целата манипулација со жичарницата;

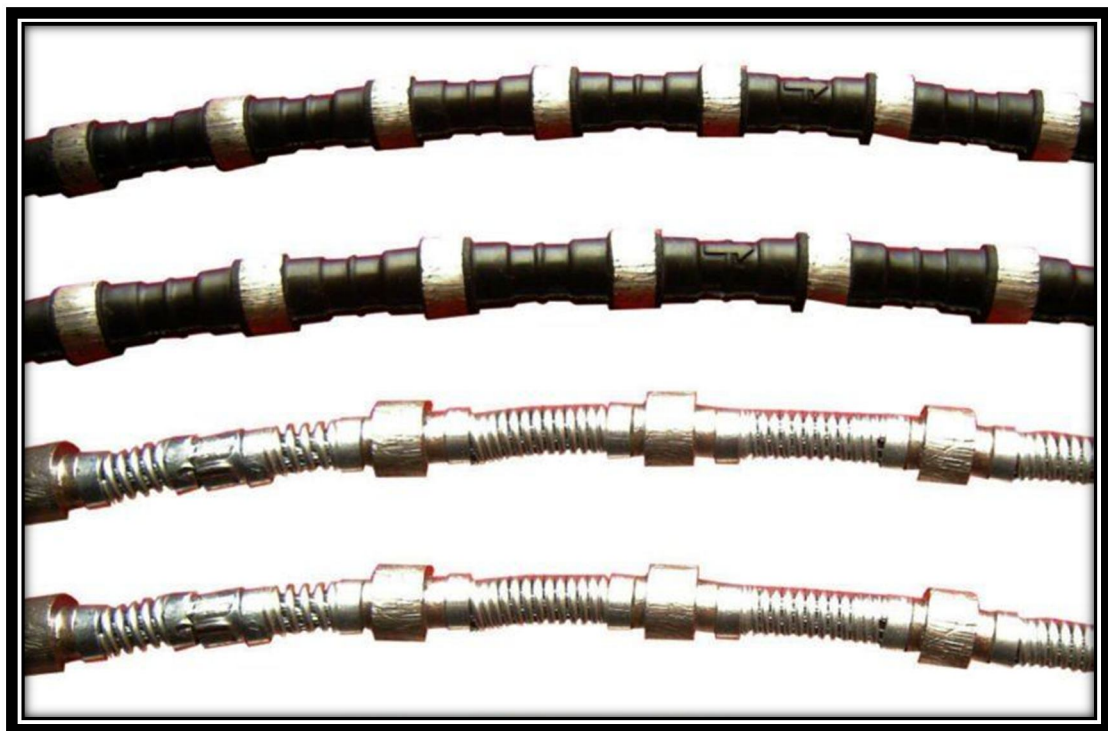
V - волумен на карактеристичниот блок.

Експлоатациониот ефект е производ на коефициентот на временско искористување и техничкиот ефект.

$$Q_{eksp} = Q_{teh} \cdot K_1 \quad (m^2/h)$$

K_1 - коефициент на временско искористување 0,73-0,78.

Експлоатациониот ефект зависи од квалитетот на дијамантското јаже и неговите карактеристики. Така, за мермери се користи јаже со број на перли од 30-38 по м' и како дистанцери се користат челични прстени и пружини.



Слика 14. Типови дијамантски јажиња

Figure 14. Types of diamond wires

Кај гранити се користат јажиња со 40-42 перли по м', а растојанието помеѓу нив е исполнето со вулканизирана гума или пластика.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Брзината на движењето на јажето во камената маса зависи од физичко-механичките својства на каменот и за различни материјали е различен, па за мермери се движи од:

Табела бр 7. Брзина на сечење на мермери

Table 7. Speed cutting for marbles

Ред. Бр.	Материјал	Брзина на движење (m/sec)	Брзина на сечење (m ² /h)
1	Мермери	30	10-12

додека пак, за гранити, во зависност од нивната тврдина е:

Табела бр 8. Брзина на сечење на гранити

Table 8. Speed cutting for granite

Ред.бр	Материјал	Брзина на движење (m/sec)	Брзина насечење (m ² /h)
1	Меки гранити	26-28	3,0-4,5
2	Средно тврди гранити	23-25	2,0-3,5
3	Тврди гранити	20-23	1,5-2,5

Предности на примената на оваа технологија се:

- брзо напредување и голем капацитет на експлоатација;
- добро формиран коп;
- можност за добивање добри блокови со правилна геометриска форма;
- селектиран здрав материјал;
- лесно следење на тектониката;
- еколошки доста прифатлива технологија.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Недостатоци на оваа технологија се:

- бара добро развиен коп;
- високо стручна работна рака;
- потребна е значителна количина вода што се користи за ладење на дијамантското јаже;
- додатни машини што ќе вршат транспорт на дијамантските пили;
- строго запазена мрежа на електрична енергија низ копот;
- потребна е подготовка со дупчење за провирање на јажето.

Карактеристики при работа со дијамантска жичена пила

Табела 8. Геолошки услови за примена на дијамантско јаже
Table 8. Geological conditions of application of diamond wire

Ред.бр.	Фактори за примена	Опис
1	Поле на примена	Во сите видови материјали од меки седиментни до тврди гранити
2	Структурни и тектонски фактори	Ограничена примена во здробени и растресити материјали

Табела 9. Технички параметри на сечење со дијамантско јаже
Table 9. Technical parameters of diamond wire cutting

Ред. Бр.	Параметри	Опис
1	Технички можности за примена	Сечење во сите правци и агли
2	Можни површини на сечење	Камената маса и технолошките услови ја одредуваат оптималната големина на резот
3	Дебелина на резот	Од 7-12 мм.

Табела 10. Карактеристики на сечење на камениот масив
Table 10. Features cutting stone massif

Ред.бр.	Карактеристики	Опис
1	Механизам на сечење	Сечењето може да биде суво или со помош на вода
2	Вид работен алат	Метален цилиндер со дијамантски зрна нанижан на челично јаже
3	Изглед на сечената површина	Мазна површина прегледна за картирање и проценка на квалитетот на блокот

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

4.4.Технологија за добивање камени блокови со каменорезачка машина

Технологијата за работа со каменорезачки машини со кружни пили се користи од седумдесеттите години на минатиот век, а денес е во посебен подем во Кина, од каде произлегуваат машини со голем дијаметар на пилите кои, моментално, се со димензија до 4,0 метри, а нивниот развој зависи од развојот на дијамантскиот резен алат.

Според димензијата на пилите разликуваме:

- машини со кружни пили со голем дијаметар;
- машини со кружни пили со мал дијаметар;
- машини со две вертикални пили;
- машини со хоризонтална и вертикална пила.

Експлоатацијата на архитектонско-градежен камен со овие машини бара запазување на неколку строги услови како што се:

- работната средина мора да е здрава и без дисконтинуитет;
- лежиштето да е без шуплини, каверни и пукнатини;
- непрекинато снабдување со големи количини вода за ладење на резниот алат;
- потребно е постојано присуство на ракувач;
- стручен и строг избор на дијамантските сегменти на пилата;
- етажата да е рамна;
- шините да бидат добро анкерисани без какво било поместување.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Теничкиот ефект на каменорезачките машини може да се пресмета по формулата:

$$Q_{\text{tex}} = \frac{r^2 \pi}{2} v \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

r - радиус на пилата;

v - брзина на движење на каменорезачката машина;

Експлоатациониот ефект е резултат од:

$$Q_{\text{eksp}} = Q_{\text{teh}} k_1 \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

каде: k_1 - коефициент на искористување кој се движи од 0,5-0,7 и зависи од крајниот дијаметар на пилата. k се определува искусствено, затоа што при работа со овие машини нивната манипулација и преместување, како и промената на пилите одзема голем дел од времето.



Слика 15. Каменорезачка машина

Figure 15. Stonecutting machine

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Растијанието помеѓу пилите е променливо и се движи од 2.6- 3.1 метар. Големината на ова растојание зависи од зададената димензија на комерцијалниот блок.

Прендости на овој начин на експлоатација се:

- зголемениот капацитет на копот;
- правилната форма на блокот;
- строгото почитување на зададените димензии на блоковите;
- брзото напредување;
- не е потребна изработка на засеци за отворање на копот;
- работи на електрична енергија;
- еколошки прифатливата технологија;
- малтаа почетна инвестиција.

Недостатоци на оваа технологија се:

- големата потрошувачка на вода (водата мора да се рециклира);
- применливае само во здрави камени маси;
- континуираната промена на сегментите од пилите;
- додатната машина или технологија за хоризонтално потсекување;
- сложениот транспорт и монтажа;
- потребна е високо квалификувана работна рака;
- додатните дигалки за преместување и промена на пили.

Карактеристики при работа со каменорезачки машини

Табела 11. Геолошки фактори на примена на каменорезачка машина

Table 11. Geological factors application for stonecutting machine

Ред.бр.	Фактори за примена	Опис
1	Поле на примена	Во сите видови на компактни карпи
2	Структури и тектонски фактори	Не е можна примена во растресити раздробени карпести маси

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Табела 12. Параметри на сечење со каменорезачка машин
Table 12. Cutting parameters for stone cutting machine

Ред. Бр.	Параметри	Опис
1	Технички можности	Сечење на вертикални резови
2	Длабина на рез	Максимален дијаметар на дискот е 4,0 метри
3	Ширина на рез	Ширината на резот е 2,5-3.5 см
4	Должина на рез	Должината на резот не е ограничена и зависи од големината на фронтот

4.5. Технологија за експлоатација на архитектонско - градежен камен со термичка постапка за сечење

Појавата на оваа технологија претставувала техничко - технолошка револуција бидејќи овозможувала експлоатација на архитектонско - градежен камен при што се избегнува контактот на работниот алат со работната средина (каменот), што претставува идеална технологија за сечење на тврдите карпи.

Развојот на опремата што се користи во оваа технологија се одвива во два правци:

- систем кај кој погонска енергија е воздухот, а енергетско гориво е дизелот и
- систем кај кој погонска енергија е воздухот, а енергетско гориво е бензинот.

Изборот на системот кој ќе се користи, зависи од видот на карпестата маса и нејзините карактеристики, па пожелно е пробна примена од повеќе производители на истиот материјал, на иста етажа и во идентични временски услови, по што најдобро би се видел ефектот на секој систем.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

При изборот треба да се споредат следните параметри:

- температурата што ја развива пламеникот;
- потрошувачката на воздух и гориво;
- ширината на резот;
- работниот притисок на горивото и воздухот;
- ориентациски теоретскиот учинок.

Пламеник со дизел - погон

Основни делови на пламеникот со дизел - погон се:

- пламеник со приклучоци за мешавина на нафта, воздух, кислород и ацетилен;
- пумпа со резервоар за нафта;
- компресор за воздух;
- ацетилен и кислород - боци;
- компресорски сад со волумен од 600-700 литри.

Овој апарат претставува резултат на истражувањата за добивање на пламеник со најевтино погонско гориво.

Исто така, тој е посигурен затоа што дизел - горивото го нема експлозивното својство на бензинот што истовремено ја зголемува сигурноста при употребата.



Слика 16. Пламеник за термичко сечење

Figure 16. Burner for thermal cutting



Слика 17. Термичко сечење на камена маса

Figure 17. Thermal cutting stone masiff

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови
при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Табела бр13. Техничко-економски параметри на дизел - пламеници од фирмата
Pellegrini:

Table br13. Technical-economic parameters of diesel burners from Pellegrini:

Ред.бр.	Техноекономски параметри	FA-150	FA-300
1	Потрошувачка на воздух (м ³ /мин)	4,2	8,4
2	Потрошувачка на гориво (л/час)	30-35	50-60
3	Ефект (м ² /час)	1,5-2.0	2,5-3
4	Максимална длабина на сечење (м')	4-4.5	4,5
5	Ширина на рез (мм)	70-80	100-110
6	Притисок на воздухот (бар)	7	7
7	Притисок за палење на оксигенот (бар)	7	7
8	Работен притисок за палење на ацетиленот (бар)	1,5	1,5

Пламеник со бензински погон

Основен принцип на работа на овој пламеник е согорување на бензинот под притисок на компримиран воздух, при што се развива температура од 1500-1600 °C.

Делови на пламеникот со бензински погон се:

- пламеник со приклучок за бензин и компримиран воздух;
- резервоар за бензин;
- компресор.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Функцијата на пламеникот е претворање на кинетичката енергија на воздухот и бензинот во топлинска енергија, за што е неопходноа фина мешавина на бензин и воздух што се прави во комората за турбуленција на воздухот и млазницата за гориво во телото на дизната.

Ефикасноста на пламеникот е поврзана со квалитетот на согорување. Обликот и големината на пламеникот ја овозможуваат потребната брзина на согорување, ширина на рез, концентрација на пламенот на површината на каменот.

Доводот на горивото до пламеникот може да се одвива на два начини и тоа со пумпи и со компримиран воздух.

Транспортот со компримиран воздух е подобро техничко решение затоа што на резервоарот можат да се приклучат повеќе пламеници, а и технички е побезбедно. Транспортот со пумпи, пак, е покомплициран затоа што е потребен и погон за самата пумпа, а на секоја пумпа се приклучува само по еден пламеник.

Табела 14. Технички карактеристики на бензинските пламеници

Table 14. Technical characteristics of gas burners

Ред. Бр.	Карактеристики на пламеник	Оптимални вредности
1	Потрошувачка на воздух ($\text{m}^3/\text{мин}$)	3,5-4,5
2	Потрошувачка на бензин (л/час)	10-12
3	Ефект ($\text{m}^2/\text{час}$)	0,7-1,2
4	Длабина на рез (м')	4-4,5
5	Ширина на рез (мм)	70-110
6	Работен притисок (бар)	5-7
7	Работен притисок на воздухот (бар)	5-7
8	Број на оператори	2

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Сечењето на камената маса со пламеници се применува во експлоатација на магматски и метаморфни карпи со содржина на кварц преку 50%. Кварцот под дејство на топлината се топи, а останатите минерали кои немаат добра топлинска спроводливост (плагиокласи, ортокласи) се распркуваат и се ронат, при што се формира празнина во облик на рез.

Развојот на оваа технологија е поттикнат од:

- квалитетот и големината на лежиштата на гранит во ладни климатски подрачја;
- во овие ладни региони (Русија, Финска, Норвешка итн.) класичните методи се користат само во период од 6-7 месеци;
- вложувањата во оваа опрема се ниски;
- трошоците за погонска енергија економски се прифатливи;
- лесно и едноставно ракување со опремата.

Сепак, оваа технологија нема заживеано како основна технологија, туку се покажала добра само како помошна технологија, а како нејзини недостатоци се вбројуваат:

- ефектот е ограничен и не може да се зголеми со техничко напредување на пламениците;
- ефектот е помал во однос на другите технологии;
- нема можности за механизирани работа;
- технологијата е штетна за здравјето на работникот;
- развива голема бучава заради експлозија на минералите од термошоковите;
- висината на етажите е максимум 5 метри.

Во принцип, разорувањето на камениот масив бара формирање на строго определени резови и, во практиката, се изведуваат само вертикални и

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

коси резови. При изведбата на хоризонтални резови, пак, се јавува проблем со движењето на пламеникот од страна на операторот, бидејќи не може да се одржува паралелност со етажната рамнина, а и стопените минерали протекуваат кон операторот, што е ислучително опасно.(Слика бр.)

Пламеникот во сите случаи се води рачно, при што брзината на движење е еден од битните фактори за остварување на добар ефект. Оптималната брзина е 1,0-1.5 м/мин, при што од голема важност е, растојанието помеѓу пламеникот и камената маса да биде 4-6 см.

Карактеристики при работа со пламеник

Табела 15. Геолошки фактори за примена на пламеници

Table 15. Geological factors for burners usage

Ред. Бр.	Фактори за примена	Опис
1	Поле на примена	Само магматски карпи
2	Структурно- литолошки фактори	Дисконтинуитетот и пукнатините пречат при процесот на топење

Табела 16. Параметри на сечење со пламеници

Table 16. Cutting parameters for burners

Ред. Бр.	Параметри	Опис
1	Технички можности на пламениците	За вертикални коси резови каде што нема пристап за друга машина
2	Длабина на резот	Максимум 5м.
3	Ширина на резот	70-110 мм
4	Должина на резот	Нема ограничување

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Табела 17. Карактеристики на сечење и работен алат

Table 17. Features cutting and working tool

Ред. Бр.	Карактеристики	Опис
1	Начин на сечење	Топење на кварцот и распрскување на останатите минерали
2	Изглед на сечената површина	Нерамна и застаклена
3	Брзина на транспорт	Лесно се пренесува целата опрема

Ефектот на пламениците во голема мера е зависен од факторот човек затоа што, како во ниедна друга погоре спомената технологија, вештината, добриот осет и спретноста на операторот играат главна улога во брзината на сечењето. Некои анализи покажале дека физичкиот ефект на работникот во шестиот час опаѓа за 50% во однос на првиот час од работното време, што значи дека голем фактор е и физичката подготвеност на работникот.

Следни фактори што влијаат на ефектот се минеролошко-петрографските и структурните карактеристики на камениот масив, при што, предвид се земаат градбата и составот на камениот масив и процентот на содржина на одредени минерали. Големо влијание имаат и тектонско-геолошките услови на експлоатација. Во монолитен камен масив топењето е регуларно, лесно и брзо во однос на анизотропни средини со дисконтинуитет и фрактури.

Теоретски ефектот е:

$$Q_{\text{teo}}=2,5 \text{ m}^2/\text{h}$$

Техничкиот ефект е:

$$Q_{\text{teh}}=Q_{\text{teo}} k_d k_s k_l \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

каде што:

K_d - коефициент на длабина на рез (висина на етаж)

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Висина на етаж	0	1	2	3	4
K_d	1,0	0,98	0,95	0,91	0,85

K_s - коефициент што зависи од работното време во смената

Време на работа	0	1	2	3	4	5	6
K_s	1,0	0,97	0,93	0,87	0,78	0,66	0,5

K_l - коефициент што зависи од геолошките услови на лежиштето

Карактеристики на лежиштето	Монолитни лежишта	Банковити лежишта	Лежишта со пукнатини	Лежишта со раседи
K_l	0,98	0,95	0,92	0,88

Експлоатациониот ефект е:

$$Q_{eks} = Q_{teh} k_i h_s S_g \quad (m^2/god)$$

каде:

k_i – кофициент на искористување на сменското време 0,75-0,8;

h_s - број на работни часови во смена;

S_g - број на смени во годината.

4.6. Технологија на експлоатација со хидродинамична постапка или Water Jet - технологија

Water Jet - технологијата е релативно нова технологија. Water Jet-технологичката за добивање на камени блокови, не е независна технологија за работа во архитектонско-градежниот камен. Таа се појавува само како придружна технологија на веќе постоечките технологии. Сечењето со оваа технологија по вертикала, паралелно со ивицата на етажот од горната страна е крајно непрактично и нерационално, а честото преместување на целиот систем технички и физички е многу тешко. Оваа технологија се употребува за сечење на камениот масив на голема површина од челото на работилиштето, со што висината на етажот може да биде преку 10 метри, а во некои случаи и до 18 метри.

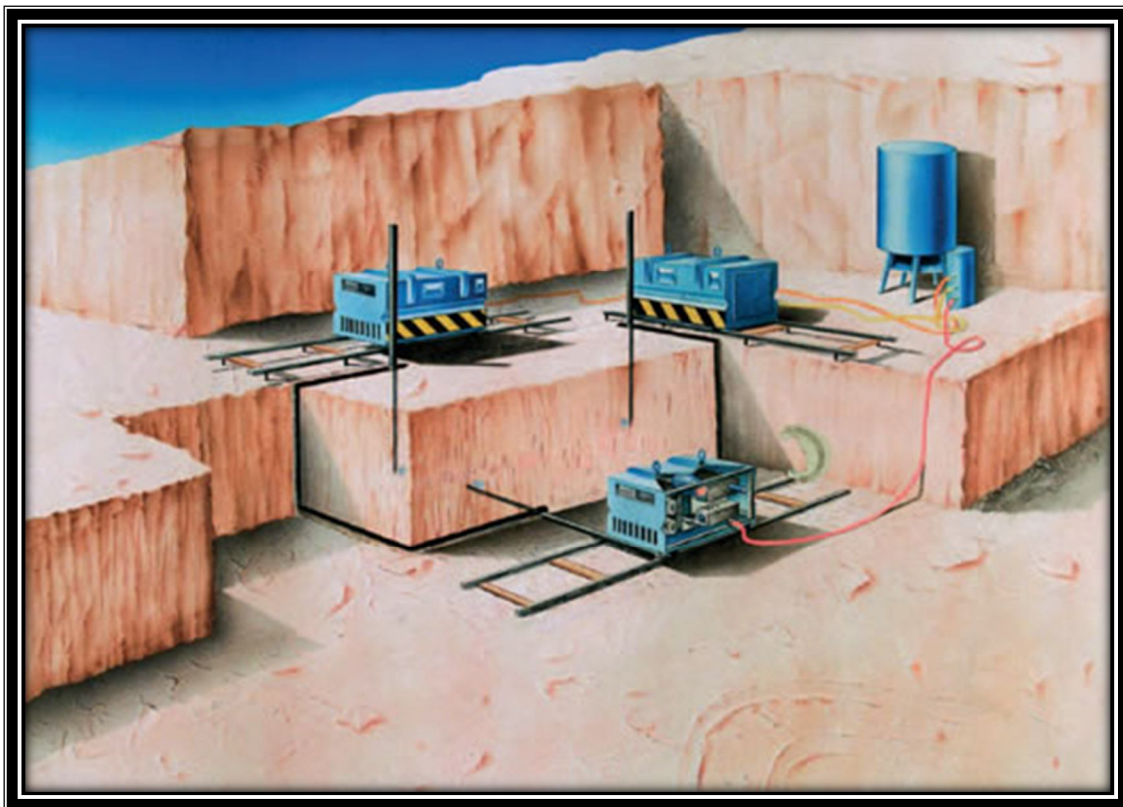
Постапката за сечење со Water Jet има точно дефинирани операции и нивен распоред. Хоризонталните резови се изведуваат така што количката со лафетот се движи од една на друга страна на шините со утврдена брзина, правејќи рез во камената маса. Тој рез е со длабочина од 5-7см. Длабочината на резот и брзината на движење на лафетот се утврдува конкретно за секое лежиште на база на физичко - механичките и структурните карактеристики на каменот. Резовите се формираат одозгора према долу.

Во практиката, секогаш се применува друга технологија за одвојување на задниот дел на блоковите од масивот, при што, препорачливо е да се синхронизира товарењето и сечењето на блоковите за зголемување на ефектот.

Како комбинирана технологија со Water Jet- технологијата може да се користи:

- континуирано дупчење “multi drill” (кај монокарпи);
- сечење со дијамантско јаже (најчесто применета технологија);
- дупчење на дупнатини и лепење.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен



Слика 18. Water Jet - технологија за сечење

Figure 18. Water Jet Cutting Technology

Табела 18. Параметри за технички можности за примена на Water Jet :

Table 18. Parameters for technical opportunities for the application of Water Jet:

Ред. Бр	Вид на карпа	Отпорност на притисок	Потребен притисок (bar)	Порошувачка на вода (l/min)	Просечен учинок (м ² /h)
1	Песочник	7,2-8,0	800-900	80-90	7,0-8,1
2	Варовник	7,5-8,5	800-900	80-90	5,2-6,0
3	Порфир	15.9-17,6	1200-1600	90-100	4,0-5,2
4	Диорит	17,6-20,0	1200-1600	90-100	3,5-4,5
5	Гнајс	22,0-23,5	1800-2000	100-110	2,4-2,8
6	Гранит	23,0-24,0	2000-2200	100-120	2,2-2,5

Ефектот е обратнопропорционален од притисокот на карпестата маса.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Предности на оваа технологија се:

- добар ефект на сечење во тврди карпи со зрнеста структура до $8\text{m}^2/\text{час}$;
- чиста технологија, привлечна од еколошки аспект;
- едноставна организација на работилиште;
- висок степен на автоматизација;
- голема сигурност и безбедност на работникот и целиот систем;
- правилни геометриски блокови;
- масивна експлоатација на долг фронт од етажот.

Недостатоци на оваа технологија се:

- голема инвестиција;
- голема потрошувачка на вода;
- чувствителност на филтерскиот систем и одржување во непрекорна состојба;
- голема потрошувачка на резервни делови (глава на млазница и црева отпорни на висок притисок);
- голема потрошувачка на енергетско гориво;
- работа само на дневна светлина.

Опремата за Water Jet - технологијата се состои од:

- погонска единица - Power pack;
- лафет со подвижна количка;
- млазна цевка со млазница;
- резервоар за вода со филтерски систем.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

- Погонската станица е составена од клипна пумпа и соодветен дизел-мотор за придвижување на пумпата. Нејзината конфигурација се утврдува според физичко - механичките карактеристики на работната средина. Бројот на пумпите се одредува во зависност од тврдината на карпестиот масив, па така за меки карпи (отпорност на притисок до $8\text{KN}/\text{cm}^2$) доволна е една пумпа со еден клип, а за тврди карпи ($22\text{KN}/\text{cm}^2$) се инсталираат четири пумпи во сервиска врска со 3 и повеќе клипови. Во пумпите се вградуваат специјални филтри за честици до големина од $5\ \mu\text{m}$.

Дизел-моторот се избира адекватно на пумпниот капацитет, а сè заедно се монтира во контејнер, заради подобра заштита и полесен транспорт.

- Лафетот е монтиран на количка што се движи по шини. Стандардно лафетот е висок до 12 метри, а може да се продолжи до 18 метри. Шинската конструкција е во сегменти од 6 метри, а челото не се препорачува да е подолго од 50 метри. Млазната цевка со млазницата од сафир е оригинално решение и претставува најосетлив и најважен дел од опремата. Вистинскиот избор на млазницата е основа за големи ефекти. Различни млазници се користат за различни ширини на резот, а должината на цевката е 4 метри, но може да се продолжи до 8 метри.

- Резервоарот за вода е со волумен $6\text{-}8\ \text{m}^3$ со што може да работи 1 час, опремен е со два филтри што ја прочистуваат водата пред нејзиниот влез во резервоарот. Системот за филтрирање на вода е од голема важност за временско искористување на водата, затоа што дизајнот на млазницата е осетлива на честици поголеми од $5\ \mu\text{m}$, што значи дека временското искористување на опремата зависи од чистината на водата и квалитетот на одржување, како и од контролата на системот за филтрирање.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Карактеристики на работа на Water Jet

Табела 19. Геолошки фактори за примена на Water Jet - технологија
Table 19. Geological factors for the application of Water Jet Technology

Ред. Бр.	Фактори за примена	Опис
1	Поле на примена	Најприменета е при сечење на песочници
2	Структурно-литолошки фактори	Дисконтинуитетот на карпата не влијае на ефектот

Табела 20. Параметри на сечење со Water Jet - технологија
Table 20. Parameters of Water Jet cutting technology

Ред. Бр.	Параметри	Опис
1	Технички можности на Water Jet - уредот	Сечење на вертикални и хоризонтални резови
2	Длабина на резот	3.5-4м.(зависи од должината на млазницата)
3	Ширина на резот	50-70мм.
4	Должина на резот	Без ограничување

Табела 21. Карактеристики на сечење и работен алат на Water Jet - технологија
Table 21. Features cutting and working tools Water Jet Technology

Ред. Бр.	Карактеристики	Опис
1	Начин на разорување на каменот	Воден млаз со голема брзина го крши одвојува и испира зрното од карпестата маса
2	Конструкција на работниот орган	Млазница за работа под притисок
3	Изглед на сечената површина	Груба, но рамна површина
4	Брзина и притисок на водениот млаз	Брзина 700-800м./сек
5	Брзина на транспортирање	Лесно се движи и транспортира
6	Оддалеченост на млазницата од резот	Околу 10см (100 пати поголема од дијаметарот на дизната)

5 ИЗРАБОТКА НА МОДЕЛ НА ТЕХНОЛОГИЈА ЗА ДОБИВАЊЕ КОМЕРЦИЈАЛНИ БЛОКОВИ

За изработка на модел на технологија за добивање комерцијални блокови, ќе се спроведе експериментално-моделско истражување со повеќекритериумски пристап на различни технологии за експлоатација на украсен камен.

Сите технологии кои се споменати во овој труд можат да се употребат за експлоатација на АГК, но во зависност од повеќе фактори даваат различни резултати при примена на истите. Моделирањето на технологија за експлоатација на архитектонско - градежниот камен дава можност за употреба на соодветни експериментално-моделски истражувања со повеќекритериумска оптимизација. Бројот на проблемите би се зголемил во зависност од типот на архитектонско - градежниот камен и неговите карактеристики, па затоа како основен модел ќе се земе примената на сите гореспоменати технологии при експлоатација на гранитот.

Овие повеќекритериумски математичко - моделски пристапи укажуваат на можноста од релативно добра примена и голема можност за адаптирање во решавање на проблемите кои се јавуваат при планирањето и проектирањето на коповите за експлоатација на архитектонско - градежниот камен.

5.1 Дефинирање на моделот

Дефинирањето на моделот ги содржи следниве постапки:

- анализирање на проблемот;
- утврдување на алтернативи;
- конечен избор на критериуми и дефинирање на нивните тежини;
- трансформација на квалитетите на атрибутите.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

5.1.1 Анализа на проблемот

Разгледуваме модел на систем од технологии за експлоатација на архитектонско-градежен камен гранит, за негова експлоатација односно добивање комерцијални блокови, при што можат да се применат следниве технологии:

- дупчење и минирање;
- дупчење и употреба на експанзивни смеси;
- сечење со дијамантска жичарница;
- сечење со каменорезачка машина;
- сечење со пламеник;
- сечење со Water Jet.

Ова значи дека повеќекритериумскиот модел е составен од шест алтернативи кои се прикажани во табела 22.

Табела 22. Алтернативи за повеќекритериумскиот модел

Table 22. Alternatives for multicriteria model

Ред. Бр	АЛТЕРНАТИВИ	Ознака
1	Дупчење и минирање	A1
2	Дупчење и употреба на експанзивни смеси	A2
3	Сечење со дијамантска жичарница	A3
4	Сечење со каменорезачка машина	A4
5	Сечење со пламеник	A5
6	Сечење со Water Jet	A6

Во продолжение ќе биде даден реалниот систем, информациите за истиот, производно-технички карактеристики од разни стучни и научни трудови од оваа проблематика и од проспекти за машините кои се употребуваат во овие технологии.

I. Технологија за добивање комерцијални блокови со дупчење и минирање

Ова е една од најстарите технологии за добивање архитектонско градежен камен. Оваа технологија користи компримиран воздух и алат за дупчење (моноблок - бургија). Дупчењето и минирањето се релативно евтина технологија и добро развиена во светот и кај нас, а опремата е различна и со различен капацитет. За коп со капацитет од 2000 м³ комерцијални блокови потребна е една лафетна дупчалка за хоризонтално и една за вертикално дупчење и два борхамери со вкупен капацитет за воздух од 10 м³, додека потрошувачката на детонаторски фитил изнесува околу 12000 м годишно. Оваа технологија се применува во рудникот за гранит на „Крин“ ДОО и, според пресметките добиени оттаму, цената на 1м³ комерцијален блок изнесува 48,8 €.

Коефициентот на искористување изнесува 53% што претставува не толку задоволителна бројка, ако се знае дека во гранитите тој би можел да биде многу поголем, што е резултат на оштетувањата што се јавуваат при минирањето.

Оваа технологија не бара голема обученост на луѓето кои работат со неа, а проблем претставува само минирањето за што е потребна посебна обука и лиценца за палител на мини. Минирањето, исто така, влијае и на сигурноста при работата што дополнително влијае за избор на истата.

Влијанието на оваа технологија на животната средина е негативно бидејќи при дупчењето се јавува прашина која влијае на животната средина, а проблем се и бучавата и издувните гасови кои се јавуваат при минирањето. Особено треба да се земе предвид детонацијата која влијае како шок врз животната средина.

Како технологија е една од најкомпатибилните технологии за комбинирање со останатите, а историски гледано е една од најстарите технологии за производство на комерцијални гранитни блокови. Најмногу се користи во комбинација со дијамантската жичена пила, што е случај и во „Крин“ ДОО - Прилеп. Пожелно е да се користи со комбинирање на друга технологија

бидејќи, при минирањето на три страни на здравата камена маса, доведува до оштетување на истата, а колку и да е тоа контролирано и добро изведено.

II. **Технологија за добивање комерцијални блокови со дупчење и употреба на експанзивни смеси**

Технологијата на дупчење и цепење на камените блокови со експанзивни смеси е често употребувана технологија во коповите за гранит со поголема компатибилност и изразита цепливост на камената маса. Дупчењето на дупнатините се врши исто како и кај претходниот метод со помош на дупчечки чекани и компримиран воздух, разликата е само во распоредот на дупнатините. Цената на експанзивната смеса е различна и зависи од производителот, од типот на смесата и температурата при која истата се употребува и се движи од 5-10 € за килограм експанзивна смеса.

Цената на 1 м³ блок добиен со оваа технологија во рудниците на „Крин“ ДОО - Прилеп изнесува 51 € за метар кубен блок.

Коефициентот на искористување на камената маса и комерцијалниот блок изнесува 58%. Малата вредност на коефициентот на искористување е поради нерамната површина која се добива по цепењето со експанзивната смеса, а проблем се и нерамните површини на страните на блокот.

Оваа технологија не бара голем степен на обученост на работната рака бидејќи не користи никакви софистицирани средства, односно овде проблем е само подгвтувањето на експанзивната смеса која, со тек на време, станува рутина и успешноста на истата зависи само од правилниот избор на типот на смесата во зависност од температурата на околината. Освен прашина и бучавата што се јавува при дупчењето, оваа технологија нема друго штетно влијание врз животната средина затоа што експанзивната смеса по дејството се претвора во прашина која нема никакво штетно дејство врз околината.

Како технологија, пожелно е секогаш да се комбинира со друга, бидејќи е проблематично примарното одвојување на банковите од камената маса. Поради овие причини, оваа технологија се користи како секундарна, односно за кроење на комерцијалните блокови.

III. **Технологија за добивање камени блокови со дијамантска жичена пила**

Ова е една од новите технологии и една од најприменуваните за добивање комерцијални гранитни блокови, а се користи кај добро организирани и копови со јасна конфигурација. Трошоците за имплементирање на оваа технологија не се големи, ако се зне дека ефектот на жичарите е доста голем. Во зависност од производителите, набавната цена на машините изнесува 20000-40000 € во зависност од моќноста на погонското тркало, а дијамантското јаже чини 50-80€ по метар должина. Цената на добиен кубен метар комерцијален блок изнесува 58 €/м³. Ова е податок добиен од пресметките за производство на блокови во рудникот на „Крин“ ДОО Прилеп.

Искористувањето на камената маса е околу 70%, што претставува добар коефициент на искористување. Губитоци на камената маса се јавуваат само при отворање на етажите, „V“- каналите и кршењето на банквите при соборување на ламелите.

Оваа технологија бара добро обучен кадар кој треба да ја познава технологијата бидејќи, самите машини што се употребуваат, се сè поусовршени и со многу електроника која ја олеснува работата и го зголемува капацитетот.

Влијанието на оваа технолгија врз животната средина е сведено на минимум, ако се има предвид дека водата што служи за ладење на резниот алат и за отстранување на разорениот материјал може да се рециклира односно да поминува низ таложници и пак да се враќа во производниот процес.

Кај оваа технологија се јавува неопходност од комбинирање со друга технологија од самата потреба на изработка на дупнатини кои служат за провирање на дијамантското јаже. Поради висината на цената на сајлата пожелно е да се комбинира со дупчење и цечење, што значително ја намалува цената на комерцијалниот блок.

IV Технологија на добивање камени блокови со каменорезачка машина

Ова е една од најновите технологии за добивање гранитни блокови која користи машини со дискови кои имаат пречник од 2,5-4,5 метри. Дисковите се со сегменти комбинирани со дијаманти и видија и имаат голем ефект. Предност на оваа технологија е тоа што за почеток не е потребна изработка на почетни засеци и канали. Оваа технологија е применета во рудниците на „Крин“ ДОО и пресметките за цената на еден метар кубен блок изнесува околу 65€. Коефициентот на искористување е исто така голем и знесува 83%, што е доста висок коефициент и значително го зголемува ефектот.

Оваа технологија бара високо ниво на обученост на работниците бидејќи машините се со софистицирана опрема и нивниот ефект зависи директно од правилноста на монтажата на шините врз кои се движи каменорезната машина. Пожелно е, со машината да раководи високостручен кадар.

Влијанието на оваа технологија врз животната средина е на исто ниво како и кај претходната, што значи дека е прилично чиста технологија, само што оваа технологија бара поголема количина вода за ладење на резниот алат (пилите).

Кај оваа технологија, комбинирњето со друга технологија е неопходно бидејќи нема можност за хоризонтално потсекување на блоковите. Комбинацијата со друга технологија зависи од тоа која технологија е претходно употребена или, ако копот е нов, важна е цената на секундарната технологија.

V Технологија за добивање камени блокови со пламеник или термичка постапка на сечење

Технологијата за добивање камени блокови со термичко сечење е една од поскапите технологии со оглед на цената на горивата која и понатаму се движи во нагорна линија. Цената на 1м³ комерцијален блок е околу 180 € што и не е така ниска и го прави самиот камен неконкурентен на пазарот, па нејзината употреба е само во одредени случаи каде не е можна примена на други технологи како во ладните северни краишта (Русија, Норвешка, Финска и др.) Коефициентот на искористување е низок и се движи околу 40, а треба да

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

се земе предвид и ширината на резот што го прави пламеникот, а се движи од 5-7 сантиметри. Степенот на обученост не е толку битен, па во оваа технологија позначајна е физичката подготвеност на работникот затоа што од тоа директно зависи ефектот на самата технологија.

Оваа технологија многу негативно влијае на животната средина, како од гасовите што ги испушта горивото при согорување, така и од бучавата која се јавува од топењето и разорувањето на камената маса. Истата, многу негативно влијае и на самиот работник кој директно е изложен на висока температура што дополнително го истоштува и ја намалува неговата ефикасност.

Можноста да се комбинира со друга технологија е потребна бидејќи со истата не е можно да се прават длабоки хоризонтални резови, па комбинирањето со друга технологија е неопходно.

VI Water Jet - технологија за добивање камени блокови

Оваа технологија е доста скапа и сè уште недоволно истражена и усовршена технологија за сечење на каменот, особено на гранитите. Цената на добиен комерцијален блок со оваа технологија е околу 150€/м³ по комерцијален блок. Коефициентот на искористување е 75% што ја прави високопрофитабилна затоа што блоковите се правилни и здрави. Степенот на обученост на ангажираните работници треба да е висок, бидејќи се работи за скап резен алат на висококвалитетни машини. Од обученоста на самиот работник, односно од контролирањето на производниот процес, зависи и векот на резниот алат. Оваа технологија е најчиста од сите гореспоменати технологии бидејќи водата мора да се контролира и да се рециклира односно прочистена пак да се врати во технолошкиот процес.

Комбинирањето на оваа технологија со други не е неопходно, освен ако сакаме да го забрзаеме технолошкиот процес.

6. ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА

Повеќекритериумската оптимизација користи поголем број критериуми (критериумски функции) за разлика од еднокритериумската која користи само еден критериум, со што значително се намалува и реалноста за решавање на самиот проблем. Поголемиот број критериуми во моделите ќе значи и зголемување на веродостојноста на добиените резултати.

Недостатоците на повеќекритериумската оптимизација се состојат во големиот број критериуми и начинот на нивно дефинирање. Дефинирањето на нивните влијанија (тежини) е во самиот модел што, од своја страна, овој процес на математичко моделирање го прави комплексен и во денешни услови на развој на математиката како наука.

Гледано од историски аспект, развојот на методите за повеќекритериумска оптимизација започнал со решавање на проблемите чекор по чекор, односно се развивале методи за конкретни проблеми.

Методите за повеќекритериумска оптимизација се класифицираат во две групи:

- методи на повеќецелно одлучување и
- методи на повеќеатрибутно одлучување или т.н. повеќекритериумска анализа.

Споредбата на двата типа методи за повеќекритериумска оптимизација се дадени во следната табела.

Табела 23. Споредба на методите за повеќекритериумска оптимизација
Table 23. Comparing Multi-criteria optimization methods

Карактеристики	Метод на повеќеатрибутно одлучување	Метод на повеќецелно одлучување
Критериум	Атрибути	Цели
Цел	Слабо дефиниран	Добро дефиниран
Атрибут	Добро дефиниран	Слабо дефиниран
Ограничувања	Вклучен во атрибутите	Активни
Активности	Дискретни	Континуирани
Меѓусебна зависност	Не е изразена	Силно изразена
Примена	При процес на избор, вреднување и проектирање	При проектирање и планирање

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

И покрај тоа што методите на повеќекритериумската оптимизација се доста сложени, сепак имаат некои заеднички карактеристики како што се:

- голем број критериуми, што ги креира доносителот на одлуката;
- постоење конфликтност на критериумите;
- субјективност во оптимизацијата;
- секој критериум има своја мерна единица и тежина;
- решенија на овие видови проблеми се:
 - проектирање на најдобри алтернативи или
 - избор на најдобра акција од множеството претходно дефинирани конечни акции.

6.1 Методи за повеќекритериумска оптимизација

За повеќекритериумска оптимизација можат да се користат повеќе видови методи. Работата со нив е различна во зависност од начинот на пресметката на моделите и внесувањето на влезните податоци (алтернативите и критериумите).

Во овој труд, повеќекритериумската оптимизација ќе се врши според следниве методи:

- Метод PROMETHEE I
- Метод PROMETHEE II

6.1.1 Метод PROMETHEE

Методот PROMETHEE името го добил по англискиот израз “ Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations” што во превод значи: Метод на преферентно организационо рангирање за дофатни вреднувања. Основите за овој метод се дадени од Brans (1984), Brans I Marechal (1984), Brans I Vincke (1985) и Marechal (1985). Развиен е во пет варијанти и тоа:

PROMETHEE I, PROMETHEE II, PROMETHEE III, PROMETHEE IV и PROMETHEE V.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Овој метод се карактеризира со користење на шест таканаречени генерализирани критериуми на поставениот проблем. Доносителот на одлука може да воведо нови типови генерализирани критериуми и да ги искаже своите преференци во однос на соодветните критериуми. Во овој труд ќе бидат разгледувани методите PROMETHEE I и PROMETHEE II.

PROMETHEE I дава можност за делимичен поредок на алтернативите, додека PROMETHEE II дава потполн поредок.

Основните предности во однос на останатите методи се следниве:

- голема едноставност;
- со воведувањето на генерализираните критериумски функции се намалува субјективноста во одлучувањето;
- параметрите коишто се користат имаат свое економско објаснување;
- придружните ефекти од рангирањето се потполно елиминирани.

Основната карактеристика на методот PROMETHEE II е потполно рангирање на алтернативите што го класифицира овој метод како еден од најприфатливите методи за решавање на проблемите на повеќекритериумска оптимизација. Треба да се има предвид дека методот PROMETHEE II во однос на методот PROMETHEE I се разликува само во некои постапки со кои по парцијалното рангирање би се утврдил потполниот поредок на алтернативите. Во продолжение дадени се основите на методот PROMETHEE.

Фаза А. Дефинирање на моделот на повеќекритериумска оптимизација

За конкретен модел се дефинира вредност за секој j -ти критериум за секоја i -та алтернатива $f_j(A_i), i=1,2,3,\dots,m, j = 1,2,3,\dots,n$. На секој критериум f_j треба да му се придружи тежински коефициент w_j и тип на генерализиран критериум g_j со потребни параметри, $j=1,2,3,\dots,n$.

Со помош на шесте генерализирани типови на критериуми може да се опфатат најголемиот број реални случаи. Тежината на критериумите не мора да биде нормализирана. Ако има критериуми со исто значење, се смета дека тежините имаат вредност $w=1$ за случај на максимизација односно $w= -1$ за случај на минимизација.

Фаза В. Дефинирање на процентниот (фази) граф од повисок ранг

Во иваа фаза се врши одредување на вредноста на дункцијата на преференција $P_{isj} = P_j(A_i, A_s)$, во зависност од типот на генерализираниот критериум за секој пар на алтернативи (A_i, A_s) и секој критериум $f_j (i= 1,2,3,\dots,m; s = 1,2,3,\dots,m; i \neq s; j = 1,2,3,\dots,n)$. При ова се врши дефинирање на потребните параметри (q_j, ρ_j, σ_j) .

Одредувањето на функцијата на преференција на алтернативата A_i во однос на алтернативата A_s за критериум f_j од типот на максимизација се врши според реализацијата 1-1.

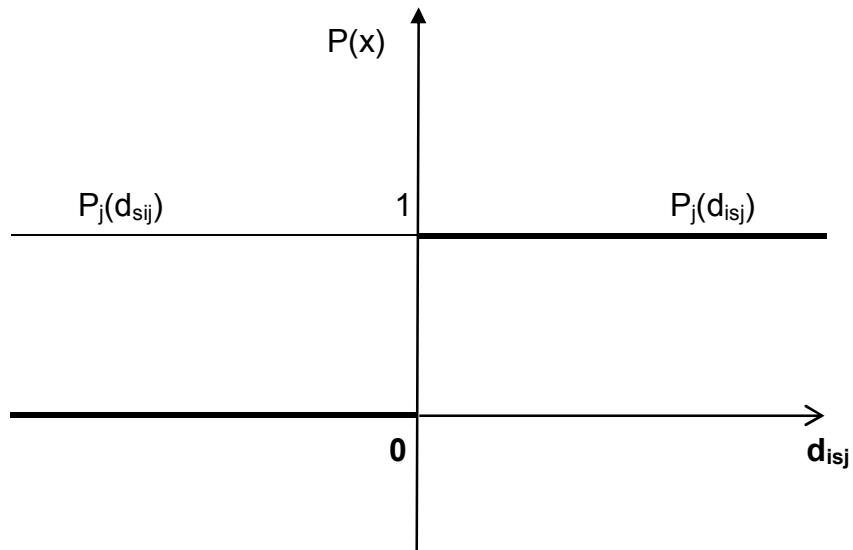
$$P_{isj} = P(A_i, A_s) = \begin{cases} 0, & \text{ако } f_j(A_i) \leq f_j(A_s) \\ P_j(\text{disj}), & \text{ако } f_j(A_i) > f_j(A_s) \end{cases} \quad (1-1)$$

каде:

$$d_{isj} = f_j(A_i) - f_j(A_s), \text{ за секое } i, s, j \quad (1-2)$$

Генерализираните типови критериуми, потребните параметри и индексите на преференција прикажани се во продолжение.

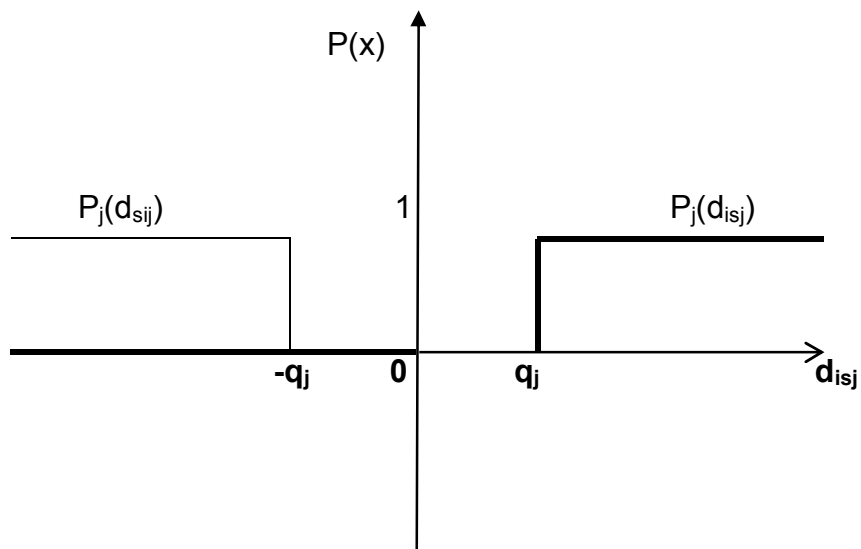
Тип I. Обичен критериум



Слика 19. Функција на преференција за тип на слика на критериум I
Figure 19. Function preference for type of image criteria I

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0 & \text{за } d_{isj} = 0 \\ 1 & \text{за } d_{isj} > 0 \end{cases}$$

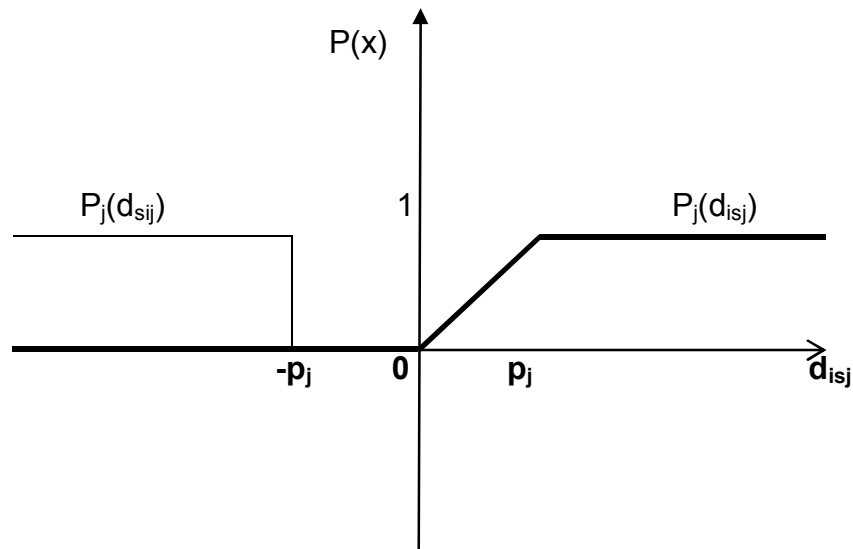
Тип II. Квази критериум



Слика 20. Функција на преференција за тип на критериум II
Figure 20. Function preference for type II criteria

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0 & \text{за } d_{isj} \leq q_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > q_j \end{cases}$$

Тип III. Критериум со линеарна преференција

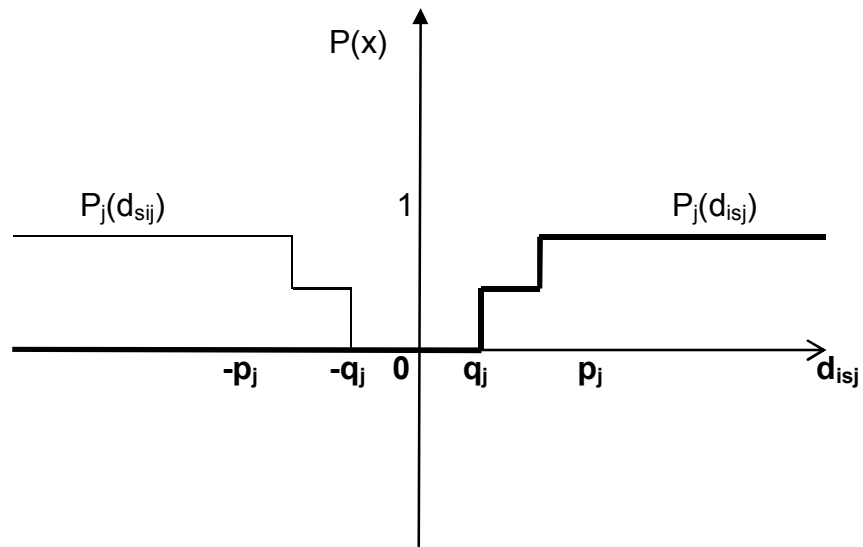


Слика 21. Функција на преференција за тип на критериум III

Figure 21. Function preference for type III criteria

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq 0 \\ d_{isj}/p_j, & \text{за } 0 < d_{isj} \leq p_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > p_j \end{cases}$$

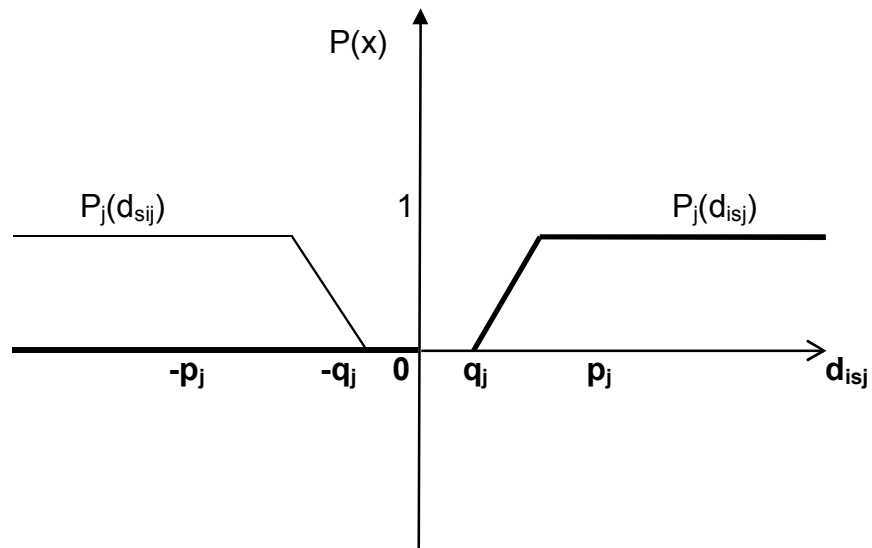
Тип IV. Ниво на критериум



Слика 22. Функција на преференција за тип на критериум IV
Figure 22. Function preference type IV criteria

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq q_j \\ 1/2, & \text{за } q_j < d_{isj} \leq p_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > p_j \end{cases}$$

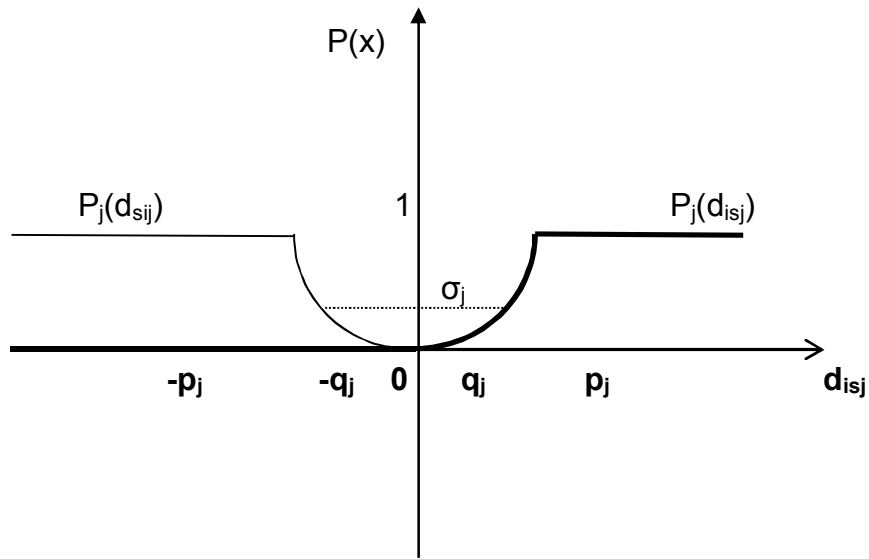
**Тип V. Критериум со линеарна преференца и област на
идентификација**



Слика 23 Функција на преференција за тип на критериум V
Figure 23 Function type preference criterion V

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0, & \text{за } d_{isj} \leq q_j \\ (d_{isj} - q_j) / (p_j - q_j), & \text{за } q_j < d_{isj} \leq p_j \\ 1 & \text{за } d_{isj} > p_j \end{cases}$$

Тип VI. Gauss-ов критериум



Слика 24. Функција на преференција за тип на критериум VI

Figure 24. Function type preference criterion VI

$$P_j(d_{isj}) = \begin{cases} 0 & \text{за } d_{isj} = 0 \\ 1 - e^{-d^2/2\sigma^2} & \text{за } d_{isj} > 0 \end{cases}$$

Од претходните графици на функциите може да се види симетричноста на функциите за две алтернативи A_i и A_s при споредувањето (A_i и A_s) и обратно (A_s и A_i), при што важи :

$$d_{isj} = -d_{sij}$$

$$P_j(d_{isj}) = -P_j(d_{sij})$$

Фаза С. Дефинирање на индексот на преференции

Дефинирањето на индексот на преференции се врши за секој пар алтернативи (A_j , A_s), со дадена мера на преференција A_j спрема A_s во вкупниот износ и со вклучување на карактеристиките на поедини критериуми (тип, параметри, тежински коефициенти), $i = 1,2,3,\dots,m$; $s = 1,2,3,\dots,m$; $i \neq s$.

$$\pi_{is} = \Pi(A_j, A_s) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j(A_1, A_s) \text{ критер. со иста важност} \\ \sum_{j=1}^n P_j(A_1, A_s) \text{ критер. имаат тежина } w_j \end{cases} \quad (1 - 3)$$

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

За анализа може да се користи и поимот проценет график од висок ранг, односно граф чии јадра се дозволените алтернативи. За секој пар (A_j, A_s) соодветниот лак има вредност на нивниот индекс преференција π_{is} .

Фаза D. Одредување на влезен, излезен и нето- тек

Во проценетиот граф од висок ранг се одредува влезниот и излезниот тек на секое јадро. Притоа, се разгледуваат индексите на преференција на јадрата алтернатива A_j во однос на останатите јадра на алтернативата A_s , $i = 1, 2, 3, \dots, m$; $i \neq s$. Нето - тек е разлика помеѓу влезниот и излезниот тек.

Во продолжение дадени се математичките формули за овие поими:

Влезен тек на јадрата на алтернативата A_j :

$$\Phi^+(A_j) = \sum_{s=1}^m \pi_{is}, \text{ за } i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad s = 1, 2, 3, \dots, m; \quad i \neq s \quad (1-4)$$

Излезен тек на јадрата на алтернативата A_j :

$$\Phi^-(A_j) = \sum_{s=1}^m \pi_{is}, \text{ за } i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad s = 1, 2, 3, \dots, m; \quad i \neq s \quad (1-5)$$

Нето - тек на јадрата на алтернативата A_j :

$$\Phi(A_j) = \Phi^+(A_j) - \Phi^-(A_j), \text{ за } l = 1, 2, 3, \dots, m \quad (1-6)$$

Со анализа е утврдено дека, колку е поголем излезниот тек, толку алтернативата A_j доминира над останатите алтернативи, а колку што е помал влезниот тек толку е помал и бројот на останатите алтернативи што доминираат над A_j . Кај нето - текот важи: колку е поголем, толку алтернативата A_j има повисок ранг во поредокот.

6.1.1.1 Метод PROMETHEE I

Претходно образложеното за методот PROMETHEE се однесуваше за сите варијанти на овој метод. Во продолжение дадени се специфичностите на варијантата PROMETHEE I, односно фаза E-I, што се однесува на методот PROMETHEE I.

Фаза Е- I. Дефинирање на делимичниот поредок на алтернативите

Пред сè, се дефинираат првите два потполни поредоци на алтернативите (P^+, I^+) и (P^-, I^-) :

$$\begin{cases} AP \ B \text{ ако } \Phi(A) > \Phi(B) \\ AP \ B \text{ ако } \Phi(A) < \Phi(B) \end{cases} \quad (1-7)$$

Изразот AP^+B значи дека алтернативата A преферира над алтернативата B по влезниот тек, односно изразот AP^-B значи дека алтернативата A преферира над алтернативата B по излезен тек.

$$\begin{cases} AI \ B \text{ ако } \Phi(A) = \Phi(B) \\ AI \ B \text{ ако } \Phi(A) = \Phi(B) \end{cases} \quad (1-8)$$

Изразот AI^+B значи дека алтернативите A и B се индиферентни меѓу себе спрема влезниот тек, а изразот AI^-B значи дека алтернативите A и B се индиферентни спрема излезниот тек.

Пресеците на овие два потполни поредоци ги одредуваат делимичните поредоци на алтернативите (P^I, I^I, R) :

$$A \text{ има поголем ранг од } B \} (AP \ B) \text{ ако } \begin{cases} AP^+ \ B \wedge AP^- \ B \\ AP^+ \ B \wedge AI^- \ B \\ AI^+ \ B \wedge AP^- \ B \end{cases} \quad (1-9)$$

$$A \text{ индиферентна со } B \} (AI^I \ B) \text{ ако } \{ AI^+ \ B \wedge AI^- \ B \quad (1-10)$$

$$A \text{ и } B \text{ не се споредуваат } \} (A \ R \ B) \text{ ако } \{ \text{во сите останати случаи} \quad (1-11)$$

На овој начин се одредува делумната релација помеѓу алтернативите, односно е извршено делумно рангирање во случаите кога алтернативите се споредливи (постои дури и можност некои од алтернативите да не се споредливи).

6.1.1.2 Метод PROMETHEE II

Специфичностите на овој метод се дадени во следната фаза Е-II.

Фаза Е-II. Одредување на поредокот на сите алтернативи – рангирање на алтернативите

Рангирањето на алтернативите се врши на основа на нето-текот. При разгледувањето на секој пар алтернативи (A_i, A_s) , $i = 1, 2, 3, \dots, m$; $s = 1, 2, 3, \dots, m$; $i \neq s$; постои само една од две можности:

A_j има повисок ранг од A_s ($A_i P^II A_s$) ако е $\Phi(A_i) > \Phi(A_s)$

(1-12)

A_j е индиферентен со A_s ($A_i I^II A_s$) ако е $\Phi(A_i) = \Phi(A_s)$

Во случаите кога постојат индиферентни алтернативи A_j и A_s , се формираат варијанти на ранг - листи на сите алтернативи со комбинирање на положбата на паровите на индиферентните алтернативи на листата (еднаш A_j пред A_s , втор пат A_s пред A_j).

6.2 Конечен избор на критериуми и дефинирање на нивната тежина

Откако ќе се заврши со анализата на проблемот и ќе се утврдат алтернативите, треба да се изврши идентификација на критериумите кои имаат најголемо влијание во решавање на проблемот. Според факторите кои влијаат на избраните алтернативи при моделирање на технологиите, имаме предкритериуми кои треба да се земат како влијателни при овој избор, а се дадени во следнава табела:

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови
при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Табела 24. Критериуми за избор

Table 24. Criteria for selection

Ред.бр.	КРИТЕРИУМИ	Ознака	Опис
1	Цена на произведен блок	K1	Трошоци за производство на 1м ³ блок
2	Кофициент на искористување	K2	Степен на искористување на камената маса
3	Степен на обученост	K3	Ниво на обученост на ангажирана раб. рака
4	Влијание врз животната средина	K4	Еколошки аспект, заштита на животната средина
5	Можност за комбинирање со друга технологија	K5	Примена на технологијата со друга технологија

Секој критериум има своја тежина односно влијание врз избраните алтернативи. За да се одредат тежините на критериумите, треба да се дефинираат критериумските функции кои се добиени од:

- анализа на применетите технологии кај нас и во светот;
- анализа на техно-економските анализи и други информации од странски истражувачи;
- пресметка на одредени вредности добиени од гореспоменатите постапки.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови
при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Притоа, дефинирани се следниве вредности на тежините на критериумите:

Табела 25. Вредности на тежините на критериумите

Table 25. Weight values of the criteria

Ред.бр.	КРИТЕРИУМ	Ознака	ТЕЖИНА
1	Цена на произведен блок	K1	10
2	Коефициент на искористување	K2	4
3	Степен на обученост	K3	8
4	Влијание врз животната средина	K4	5
5	Можност за комбинирање со друга технологија	K5	3

Повеќекритериумските методи користат т.н. нормализирани тежини или збирот на сите тежини на критериумите треба да биде (еден) 1. Ако се изврши пондерирање, тежините добиваат нормализирани критериуми дадени во следнава табела:

Табела 26. Нормализирани критериуми

Table 26. standardized criteria

Ред.бр.	КРИТЕРИУМ	Ознака	НОРМАЛИЗИРАНИ ТЕЖИНИ
1	Цена на произведен блок	K1	0,33
2	Коефициент на искористување	K2	0,13
3	Степен на обученост	K3	0,27
4	Влијание врз животната средина	K4	0,17
5	Можност за комбинирање со друга технологија	K5	0,10

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

Природата на критериумите е прикажана во следната табела:

Табела 27 Природа на критериумите
Table 27 Nature of criteria

Ред.бр.	КРИТЕРИУМ	Ознака	ЦЕЛ
1	Цена на произведен блок	K1	Min
2	Коефициент на искористување	K2	Max
3	Степен на обученост	K3	Max
4	Влијание врз животната средина	K4	Min
5	Можност за комбинирање со друга технологија	K5	Max

По извршеното анализирање на оценката на поедините критериуми, за секоја алтернатива се добива повеќекритериумскиот модел

Табела 28. Повеќекритериумски модел
Table 27. Multi-criteria model

АЛТЕРНАТИВИ		КРИТЕРИУМИ				
		Цена	Искористување	Обученост	Влијание на животна средина	Можност за комбинирање
		K1	K2	K3	K4	K5
Цел		min	max	max	min	max
Дупчење и минирање	A1	48,8	53	ниска	средна висока	ниска
Дупчење и експанзивни смеси	A2	51	58	средно ниска	средна	средно ниска
Сечење со дијамантска жичена пила	A3	58	70	средна	средно ниска	средна
Сечење со каменорезачка машина	A4	65	85	средно висока	средно ниска	висока
Сечење со пламеник	A5	180	40	средно ниска	висока	средно висока
Сечење со Water Jet	A6	150	75	висока	ниска	ниска
Тежини	w _j	0,33	0,13	0,27	0,17	0,10

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

6.2.1 Трансформација на квалитетите на атрибутите

Вака поставениот повеќекритериумски модел е дефиниран со описни оценки, па од тоа произлегува потребата за нивно трансформирање во нумерички вредности. Претворањето на описните оценки во нумерички ќе се изврши со линеарна скала на трансформација:

2	4	6	8	10
ниска	средно ниска	средна	средно висока	висока

По извршената трансформација, се добива конечниот повеќекритериумски модел кои изгледа вака:

Табела 29. Конечен повеќекритериумски модел
Table 29. Final Multicriteria model

АЛТЕРНАТИВИ		КРИТЕРИУМИ				
		Цена (€/m ³)	Искористување (%)	Обученост	Влијание на животна средина	Можност за комбинирање
		K1	K2	K3	K4	K5
Цел		min	max	min	min	max
Дупчење и минирање	A1	48,8	53	2	8	2
Дупчење и експанзивни смеси	A2	51	58	4	6	4
Сечење со дијамантска жичена пила	A3	58	70	6	4	6
Сечење со каменорезачка машина	A4	65	85	8	4	10
Сечење со пламеник	A5	180	40	4	10	8
Сечење со Water Jet	A6	150	75	10	2	2
Тежини	w _j	0.33	0,13	0,27	0,17	0,10

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

6.3 Решавање на повеќекритериумскиот модел

Решавањето на повеќекритериумскиот модел ќе се изврши со примена на методите PROMETHEE I и PROMETHEE II, за што ќе се изработи компјутерска програма во MS EXCEL, со поддршка на VISUAL BASIC со која е можно решавање на проблемот од m - алтернативи и n - критериуми каде што m и n не треба да се поголеми од 256. За споредба на излезните резултати и текот на пресметката, се користи готов софтверски пакет: SANNA (Add-in софтвер за EXCEL), PROMACALC (student version).

Во продолжение е дадено решавањето на моделот со примена на методите PROMETHEE I и PROMETHEE II.

6.3.1 Решавање на моделот со метод PROMETHEE I

Комплетниот модел за решавање на реалниот проблем подготвен за понатамошна обработка според методот PROMETHEE I изгледа вака:

Табела 30. Комплетен модел за решавање по метод PROMETHEE I

Table 30. Complete model to resolve method PROMETHEE I

КРИТЕРИУМИ	K1	K2	K3	K4	K5
АЛТЕРНАТИВИ					
	min	max	max	min	max
A ₁	48,8	53	2	8	2
A ₂	51	58	4	6	4
A ₃	58	70	6	4	6
A ₄	65	85	8	4	10
A ₅	180	40	4	10	8
A ₆	200	70	10	2	2
Минимум	48	40	2	2	2
Максимум	200	85	10	10	10
Ср. Вредност	104,69	63,29	6	5,43	4,86
Ср. Девијација	59,95	13,37	2,62	2,56	3,0

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

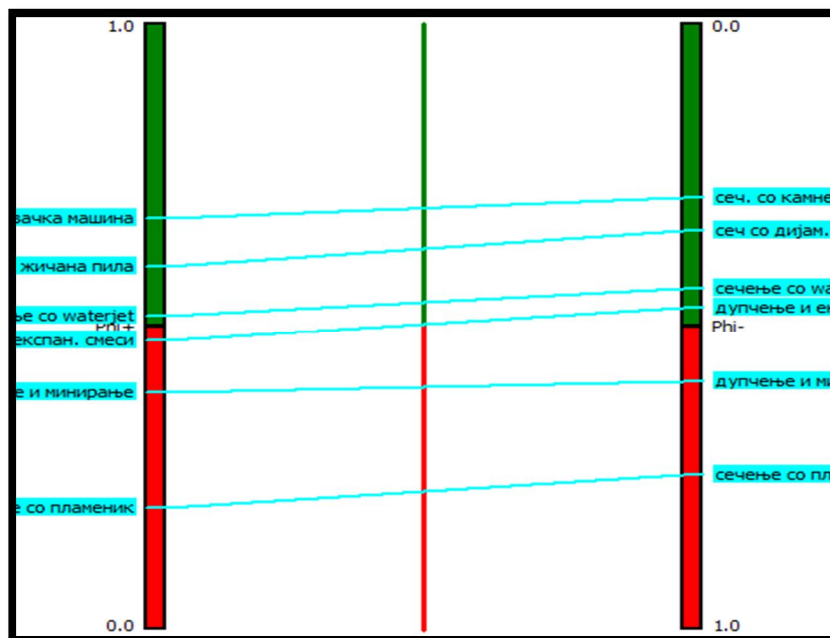
По софтверската обработка на влезните податоци, се добива распоредот на алтернативите по методот PROMETHEE I.

Табела 31. Парцијално рангирање според метод PROMETHEE I

Table 31. Partial ranking method PROMETHEE I

АЛТЕРНАТИВА	ОЗНАКА	ПРЕФЕРИРА НАД
Дупчење и минирање	A ₁	Не преферира
Дупчење и експ. смеси	A ₂	A ₁ и A ₅
Дијамантска жич. пила	A ₃	A ₁ , A ₅ и A ₆
Каменорезачка машина	A ₄	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₅ и A ₆
Сечење со пламеник	A ₅	Не преферира
Water Jet	A ₆	A ₁ , A ₂ и A ₅

Во продолжение е даден графот на парцијално рангирање според методот PROMETHEE I:



Слика 25. Граф на парцијално рангирање по метод PROMETHEE I

Figure 25. Graf partial ranking method PROMETHEE I

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови
при експлоатација на архитектонско - градежен камен

6.3.2 Решавање на моделот со метод PROMETHEE II

Моделот за решавање на проблемот според методот PROMETHEE II
изгледа вака:

Табела 32. Комплетен модел за решавање по метод PROMETHEE II

Table 32. Complete model to resolve method PROMETHEE II

КРИТЕРИУМИ	K1	K2	K3	K4	K5
АЛТЕРНАТИВИ					
	min	max	max	min	max
A ₁	48,8	53	2	8	2
A ₂	51	58	4	6	4
A ₃	58	70	6	4	6
A ₄	65	85	8	4	10
A ₅	180	40	4	10	8
A ₆	200	70	10	2	2
Минимум	48	40	2	2	2
Максимум	200	85	10	10	10
Ср. Вредност	104,69	63,29	6	5,43	4,86
Ср. Девиијација	59,95	13,37	2,62	2,56	3,0

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

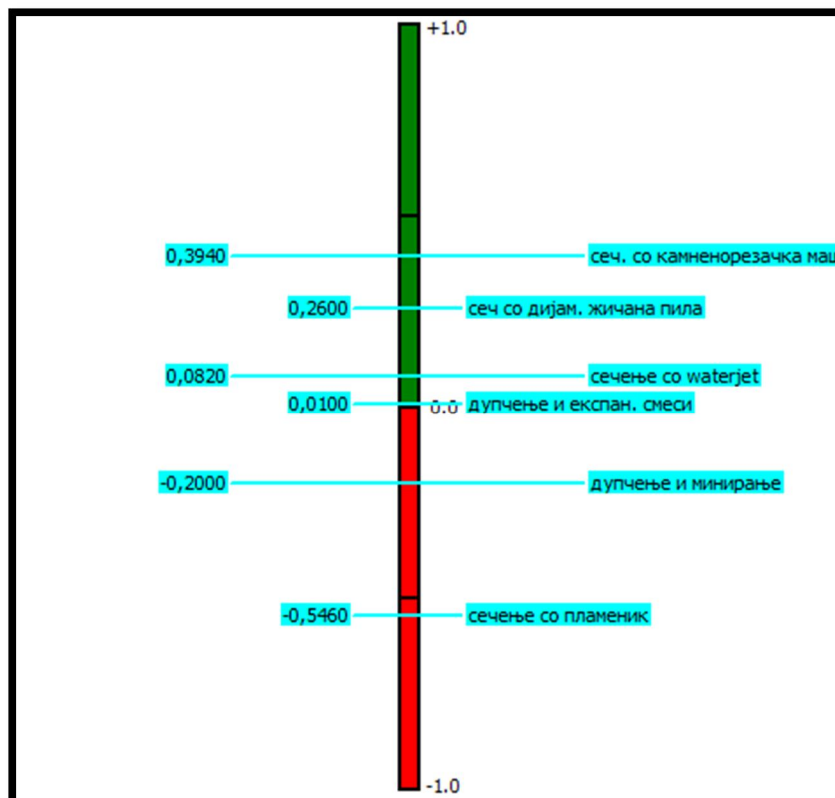
Распоредот по софтверската обработка е даден во следната табела:

Табела 33. Распоред по обработката на податоците

Table 33. Schedule after processing data

АЛТЕРНАТИВА	ОЗНАКА	Ф	РАНГ
Каменорезачка машина	A ₄	0,3940	1
Дијамантска жич. пила	A ₃	0.2600	2
Water Jet	A ₆	0,0820	3
Дупчење и експ. смеси	A ₂	0,0100	4
Дупчење и минирање	A ₁	-0,2000	5
Сечење со пламеник	A ₅	-0,5460	6

Графот на текот на јадрата на алтернативите според методот PROMETHEE II е следниот:



Слика 26. Граф според метод PROMETHEE II

Figure 26. Graf according matod PROMETHEE II

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

6.3.3 Споредба на добиените резултати

Во продолжение дадена е споредбата на резултатите добиени од примената на методите PROMETHEE I и PROMETHEE II :

Табела 33. Споредба на резултатите добиени со примена на методите PROMETHEE I и PROMETHEE II

Table 33. Comparison of the results obtained by applying the methods PROMETHEE I and PROMETHEE II

АЛТЕРНАТИВА	ОЗНАКА	PROMETHEE I преферира над	PROMETHEE II
Дупчење и минирање	A ₁	Не преферира	5
Дупчење и експ. смеси	A ₂	A ₁ и A ₅	4
Дијамантска жич. пила	A ₃	A ₁ , A ₅ и A ₆	2
Каменорезачка машина	A ₄	A ₁ ,A ₂ ,A ₃ ,A ₅ и A ₆	1
Сечење со пламеник	A ₅	Не преферира	6
Water Jet	A ₆	A ₁ ,A ₂ и A ₆	3

Резултатите од примената на методите PROMETHEE I и PROMETHEE II укажуваат дека решението е идентично и еднозначно. Ова значи дека конечното рангирање на алтернативните решенија ќе изгледа вака: A₄ → A₃ → A₆ → A₂ → A₁ → A₅, односно: Сечење со каменорезачка машина → Сечење со дијамантска жичана пила → Water Jet → Дупчење и експанзивни смеси → Дупчење и минирање → Сечење со пламеник.

Согледуваќи ги овие решенија на двете методи, највисок приоритет имаат технологиите за вадење камени блокови со каменорезачка машина и дијамантска жичана пила, среден приоритет имаат технологиите Water Jet и дупчење и примена на експанзивни смеси, додека пак, најнизок приоритет

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

имаат технологиите за вадење камени блокови со дупчење и минирање и сечење со пламеник.

Анализирајќи ги претходните решенија на повеќекритериумскиот модел, можат да се добијат следните заклучоци:

- За експлоатација на архитектонско - градежен камен – гранит најдобра технологија е сечењето со каменорезачка машина и сечењето со дијамантска жичена пила;
- Water Jet - технологијата и технологијата со дупчење и употреба на експанзивни смеси се технологии кои, при одредени услови, даваат добри резултати;
- Технологијата со дупчење и минирање и сечењето со пламеник се технологии кои даваат најслаби резултати и можат да се применуваат само во некои специфични услови кои ќе дозволат нивна примена.

7. ДИСКУСИЈА

Изборот на технологија за добивање комерцијални блокови во коповите за архитектонско - градежен камен е еден од најзначајните услови за успешна експлоатација. Ова е особено важно кај гранитите кои се предмет на испитување во овој труд.

Овде се разгледуваат шест типови технологии за добивање на АГК и тоа:

- дупчење и минирање;
- дупчење и примена на експанзивни смеси;
- сечење со дијамантска жичена пила;
- сечење со каменорезачка машина;
- сечење со пламеник;
- Water Jet технологија.

Сите овие технологии преставуваат алтернативи помеѓу кои се врши изборот во повеќекритериумските модели, а нивната примена зависи од условите или критериумите што ќе се дадат за одреден коп.

За правилен избор на технологија која ќе се примени во одреден коп важат повеќе услови односно критериуми, а во овој труд битни критериуми се:

- ц Цената на m^3 произведен блок;
- коефициентот на искористување;
- степенот на обученост на работната рака;
- влијанието врз животната средина;
- можноста за комбинирање со друга технологија.

При проектирање и планирање на коповите за експлоатација на АГК, примената на повеќекритериумските модели дава најголема можност за решавање на проблемите со воспоставување на реални критериуми.

Моделирање на технологија на добивање на комерцијални блокови при експлоатација на архитектонско - градежен камен

По изборот на вистинските критериуми, следен важен чекор е давањето на вистинските вредности, односно давањето на реалните тежини на секој од избраните критериуми, при што е потребно нивно правилно оценување.

Сложените процеси на експлоатација се понеповолните услови кои владеат во наоѓалиштата за АГК кои, заедно со беспопштедната пазарна конкуренција, бараат сериозен научно-истражувачки пристап при решавање на проблемите при проектирање и планирање на коповите за експлоатација на АГК.

Примената на повеќекритериумските модели при планирање и проектирање на површинските копови за експлоатација на АГК бара познавање не само на техниката на оптимизација на соодветно применетиот метод, туку пред сè, реално дефинирање на моделот за конкретен проблем.

Изборот и дефинирањето на критериумите е најсложена операција при повеќекритериумската оптимизација. Решавањето на повеќекритериумските модели преку соодветно избрани методи и техники ќе значи добивање на решенија, односно донесување правилни одлуки на проектниот менаџмент во рударството.

Изборот на метод за повеќекритериумска оптимизација зависи од начинот на пресметката на моделите и внесувањето на влезните податоци (алтернативите и критериумите), при што е потребно да се спроведе правилно истражување, избор и класификација на податоци кои ќе го дефинираат моделот.

Во овој труд, конкретно, се врши избор на најадекватна технологија за експлоатација на АГК во дадени услови, при што изборот паѓа на технологија со сечење со каменорезачка машина која дава евтин производ и е лесно применлива и чиста технологија што бара добро обучен кадар. Но, проблемот е што оваа технологија може да се употреби кај компактни и здрави лежишта како што се гранитите, додека кај мермерите и другите видови АГК треба да се прават дополнителни анализи за компактоста на самото лежиште.

8. ЗАКЛУЧОК

Во овој магистерски труд анализирана е една од битните области при планирање и проектирање на површинските копови за експлоатација на АГК, а тоа е моделирањето на технологија за производство на комерцијални блокови.

Правилниот избор на технологија за добивање комерцијални блокови при експлоатација на АГК, е еден од клучните фактори за понатамошна успешна работа на коповите за АГК, а примената на повеќекритериумските модели за оптимизација дава реална слика за понатамошно проектирање и развој на коповите.

Проблемите при проектирањето и планирањето во експлоатацијата на АГК се сложени и зависат од многу фактори, додека пак, големиот број фактори условуваат потреба од оптимизирање по повеќе функции по цел.

Примената на повеќекритериумските методи при планирање и избор на технологија за добивање комерцијални блокови бара познавање, не само на техниката на оптимизација на соодветно применетиот метод, туку и реално дефинирање на моделот за конкретниот проблем. Изборот и дефинирањето на критериумите е најсложената операција при повеќекритериумската оптимизација. Решавањето на повеќекритериумскиот модел преку соодветно избран метод значи и добивање решенија, односно донесување одлука во проектниот менаџмент во рударството.

Со примената на повеќекритериумските модели на оптимизација, при моделирање на технологија за добивање комерцијални блокови, се доаѓа до избор на правилен модел (концепт) на технологија што ќе даде производство со ниска цена, што понатаму ќе овозможи масовна употреба на АГК при изградбата на јавни објекти.

Исто така, овој метод може да се употреби за успешно решавање на многу други проблеми, како при изборот на различни машини и начини на отворање на коповите, така и при решавање на други проблеми во проектниот менаџмент во рударството.

9. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА И СОФТВЕР

1. Д-р Зоран Панов, Повеќекритериумски математичко - моделски пристап при планирање и проектирање на површински копови, докторска дисертација, РГФ, Штип, Штип 2001 година.
2. Д-р Зоран Панов, д-р С. Вујиќ, Примена на повеќекритериумските методи на оптимизација при проектирање во рударството, Зборник на трудови бр. 2, Рударско - геолошки факултет Штип, 2002
3. Мирко Максимовиќ, Експлоатација, испитивање, примена архитектонског камена, книга, I издание .Београд, 2006 година
4. Главен рударски проект за површинска експлоатација на гранито-гнајс од наоѓалиштето „Мраморски рид“ - Прилепско. Рудпроект, Скопје, 2004 година
5. Главен рударски проект за експлоатација на архитектонско - градежен камен на локалитетот Лозјанска река, с. Крушејца, Прилепско, Рударско-геолошки Факултет - Штип, Штип, 2002 година
6. Costa, C., Modern trend of technology for marble quarring and processing, Associazione costruttori italiani macchine per marmo e affii, Milano, 1988
7. Vujčić, S et al., Multicriterium mathematics-modeling aproach to production planning of mineral resoures, XVI World mining congres, Sofija 1994
8. Josef Jablonsky, SANNA 2009 – MS Excel based system for evaluation of alternatives, 2009
9. Brans, J.P.; Mareschal, B, The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid, 1994

10. Neli Tomić-Plazibat & Zdravka Aljinović & Snežana Pivac, Risk assesment of transitional economies by multivariate and multicriteria approaches, Novi Sad, Serbia, 2010
11. Coduto, D. P., Geotechnical Engineering: Principles and Practices, Prentice Hall, 1988
12. Kolymbas, D., Advanced matematical and Computational Geomechanics, Springer, 1 edition, 2003
13. Zaman, M., Gioda, G., Booker, J., Modeling in Geomechanics, Wiley, 2000
14. www.pellegrini.net
15. www.MariniQG.it
16. www.quarryingtools.com
17. www.crack-ag.com
18. www.waterjetcorp.com