

Приказ методе подземног откопавања у два откопна захвата на примеру лежишта бакра

Светлана Малетић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Приказ методе подземног откопавања у два откопна захвата на примеру лежишта бакра | Светлана Малетић | | 2022
| |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006533>

**Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет**



Завршни рад

Основне академске студије

**Приказ методе подземног откопавања у два
откопна захвата на примеру лежишта бакра**

**Кандидат:
Светлана Малетић Р31/18**

**Ментор:
проф. др Бранко Глушчевић**

Београд, септембар, 2022.

Комисија:

1. Др Бранко Глушчевић, редовни професор, ментор

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. Др Чедомир Бељић, редовни професор, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. Др Зоран Глигорић, редовни професор, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

Резиме

Након бројних геолошких и рударских истражних радова, и са површине терена и из јаме, приступа се откопавању рудног тела лоцираног у централном делу једног великог лежишта бакра. Експлоатација се обавља у односу на већ постојећи јамски систем, али и кроз новоизрађене просторије. Руда бакра се откопава изнад XIX хоризонта у два откопна захвата.

За постизање најбољих резултата примењена је коморно стубна метода са блоковским откопавањем и засипавањем откопа паста засипом. Користи се највећим делом дизел механизација, а усклађивањем радних операција постиже се велики капацитет на добијању руде.

Кључне речи: подземна експлоатација, бакар, отварање рудника, метода откопавања

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ГЕОЛОШКИ И РУДАРСКИ ИСТРАЖНИ РАДОВИ.....	2
2.1. Положај и опис рудног тела.....	2
2.2. Истражни радови.....	2
2.3. Тектонске, физичко-механичке и експлозивне карактеристике.....	3
2.4. Квалитет минералне сировине.....	3
2.5. Минерални састав.....	4
2.6. Рудне резерве.....	4
2.7. Рударски радови.....	6
3. ОТВАРАЊЕ ЛЕЖИШТА И ИЗРАДА ПОДЗЕМНИХ ПРОСТОРИЈА.....	8
3.1. Избор начина отварања.....	8
3.2. Подела јамског поља на експлоатационе захвате.....	9
3.3. Технологија израде хоризонталних и косих подземних просторија.....	13
3.3.1. Подграђивање.....	13
3.3.2. Бушење и минирање.....	14
3.3.3. Утовар и транспорт ископине.....	15
3.3.4. Проветравање.....	15
3.3.5. Одводњавање.....	16
3.3.6. Организација рада.....	16
3.3.7. Динамика израде.....	16
3.3.8. Просторије припреме - објекти примарног дробљења.....	18
3.4. Технологија израде вертикалних подземних просторија.....	18
3.4.1. Подграђивање.....	19
3.4.2. Бушење и минирање.....	19
3.4.3. Утовар и одвоз ископине.....	20
3.4.4. Проветравање окна у фази израде.....	20
3.4.5. Одводњавање.....	20
3.4.6. Организација рада.....	20
3.4.7. Динамика израде.....	20
3.4.8. Бункер за истакање руде.....	21
4. ПРИКАЗ МЕТОДЕ ПОДЗЕМНОГ ОТКОПАВАЊА.....	22
4.1. Избор методе откопавања.....	22
4.2. Димензије откопног поља.....	23
4.3. Опрема на откопима.....	24
4.4. Откопна припрема.....	25
4.5. Опис методе откопавања.....	26
5. РАДНЕ ОПЕРАЦИЈЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА.....	30
5.1. Бушење и минирање.....	30
5.1.1. Прорачун бушења и минирања.....	31
5.2. Утовар и транспорт руде.....	38
5.2.1. Прорачун капацитета утовара јамским утоварачем.....	40
5.2.2. Прорачун капацитета транспорта јамским камионом.....	41
5.3. Проветравање радилишта у експлоатационим захватима и проветравање целе јаме.....	44
5.4. Одводњавање експлоатационог захвата и целе јаме.....	47
5.5. Управљање кровином у експлоатационом захвату.....	48
5.6. Засипавање откопа пастом.....	49
6. ДИНАМИКА ОТКОПАВАЊА.....	52

7. СТЕПЕН ИСКОРИШЋЕЊА ЛЕЖИШТА И ВЕК ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ.....	53
8. МЕРЕ ТЕХНИЧКЕ ЗАШТИТЕ, БЕЗБЕДНОСТИ И ЗДРАВЉА НА РАДУ.....	55
9. ЗАКЉУЧАК.....	57
ЛИТЕРАТУРА.....	58

1.УВОД

Процес подземне експлоатације рудних лежишта обухвата три основне фазе: отварање, припрему и откопавање.

Отварањем се површина терена повезује са лежиштем или његовим деловима, омогућавајући транспорт и извоз корисне супстанце, материјала, опреме и људи, а истовремено и проветравање и одводњавање радилишта.

Припрема подразумева израду просторија у самом лежишту, односно у пратећим стенама, како би се могло приступити откопавању.

Откопавање је начин добијања корисне сировине из лежишта.

У овом раду приказане су карактеристике рудног тела, које представља део једног великог лежишта бакра, приказане су фазе његове експлоатације, али са акцентом на избору методе откопавања. Методе су се заједно са научним и техничким достигнућима развијале и усавршавале, тако да и лежишта која су некада сматрана нерентабилним, данас се могу економично експлоатисати. Сигурност и здрави услови при раду, код сваке методе откопавања, су главни услов, који се мора испунити. Због постојања површинског копа изнад лежишта и због старих рударских радова постоји могућност прилива воде и могућност зарушавања наткопног масива. Избором адекватног начина откопавања и адекватне опреме, о чему ће бити реч у наредним поглављима, те опасности су сведене на минимум.

2. ГЕОЛОШКИ И РУДАРСКИ ИСТРАЖНИ РАДОВИ

2.1. Положај и опис рудног тела

Рудно тело смештено је у централном делу једног великог лежишта, где се истовремено налазе и највеће масе бакрове минерализације. Средина је таква, да је изграђена од интензивно измењених андезита и њихових пирокластита. На основу испитивања могу се издвојити две различите зоне које учествују у геолошкој грађи лежишта. Површинску зону чине пелити, туфови, лапорци, брече, а испод њих хорнбленда, биотитски андезити, ређе дацити и њихови вулканокластити. Другу зону чине, интензивно, хидротермално измењене стене андезитског састава. Ова зона се дели на два дела, при чему доњи део ове зоне представља рудно тело. Горњи део ове зоне није минерализован, изузев непосредне кровине рудног тела.

Лежиште належе на конгломерате, припада порфирском типу минерализације са импрегнацијама, жилицама, жицама и нагомилањима пирита, халкопирита, ковелина, борнита и ређе молибденита. Граница између конгломерата и хидротермално измењених стена је тектонска. Правац пружања лежишта је северозапад-југоисток, а залеже према западу под углом 45° - 55° . Максимална дужина рудног тела је 1,4km измерена на К-395m. На истом нивоу измерена је и максимална ширина од 635m, док је просечна 360m. Просечна дубина од површине терена до краја рудног тела је 920m (Институт за рударство и металургију Бор, 2010.).

2.2. Истражни радови

Геолошка истраживања целокупног лежишта почела су још током прошлог века, али са напретком и развојем технологије, она су унапредовала. Кренуло се са истражним бушењем и са површине терена и из јаме, отпочели су рударски истражни и експлоатациони радови (израда хоризонталних, вертикалних и косих просторија).

Рудно тело откривено је површинским истражним бушењем, приликом

испитивања терена око неког другог рудног тела, при чему је орудњени интервал износио приближно 100m. Затим су уследила интензивнија истраживања овог орудњења, када су са површине избушене 63 бушотине. Њихово испитивање је указало на постојање масивно-сулфидне минерализације, у виду сочива и сплета жица у вишим деловима, а у дубљим на порфирску минерализацију. Да би се дефинисала контура рудног тела, подземним истражним радовима, из старе јаме, рађени су приступни ходници, ускопи и нископи и том приликом избушена је 91 истражна бушотина и урађено 1,6km истражних ходника. Овим истраживањем рудно тело оконтурено је од нивоа -75m до нивоа -755m, а детаљно истражено од нивоа -75m до нивоа -315m.

2.3. Тектонске, физичко-механичке и експлозивне карактеристике

У простору рудног тела прерудна тектонска активност утицала је на стварање пукотина, прелина и довела је до хоризонталних кретања. Ти празни простори омогућили су циркулацију хидротермалних раствора, који су довели до стварања минерализације.

При картирању ходника и језгра бушотина није уочено издвајање самородног сумпора, сем веома ретких спорадичних појава, што би значило да нема опасности од samozапалења минералне сировине. Руда бакра не карактерише се спонтаном фисијом (цепањем), која би довела до радиоактивне емисије и не поседује експлозивна својства.

Рудно тело се налази у хидротермалној измењеној зони. Хидротермалне алтерације битно утичу на физичко-механичка својства стенских маса и њихово понашање у садејству са објектом. Углавном доводе до погоршавања карактеристика, али силификација може довести до очвршћавања стенске масе. На плићим деловима јаме срећу се зјапеће пукотине, а у дубљим деловима испуњене и срасле пукотине и прелине.

2.4. Квалитет минералне сировине

Под квалитетом минералне сировине подразумева се учешће корисних и

штетних компоненти, али и могућност концентрације корисних компоненти из минералне сировине. Квалитет руде се одређује зависно од методе опробавања, од интервала опробавања, масе пробе, скраћивања пробе на лицу места, али и од тачности саме анализе. Пробе су формиране узимањем целокупног материјала језгра, дужине 2m или 5m. Интервал опробавања језгра бушотине износио је 5m у слабо минерализованим и слабо хидротермално измењеним стенама, док је у оним минерализованим и хидротермално измењеним стенама тај интервал опробавања био 2m.

Приликом анализа постављен је гранични садржај бакра од 0,3% и управо због тога делови истражних радова, са средњим садржајем испод граничног, остали су ван граница рудног тела.

На основу података проспекцијских бушења закључено је да је рудно тело порфирског типа, континуирано по пружању и паду, није пуно поремећено пострудном тектоником и да је са приближно равномерном расподелом бакра и осталих компоненти.

2.5. Минерални састав

Најзаступљенији рудни минерал је пирит (FeS_2 - као самосталан, али често и удружен са другим рудним или петрогеним минералима).

Од минерала бакра доминира халкопирит (CuFeS_2 - најчешће се јавља са пиритом у виду упрскања), у мањој мери су заступљени ковелин (CuS), халкозин (Cu_2S) и борнит (Cu_3FeS_3), док су појаве енаргита ($3\text{Cu}_2\text{SAs}_2\text{S}_5$) и молибденита (MoS_2) ретке.

Честе су појаве рутила, магнетита (Fe_3O_4) и хематита, као и сфалерита и галенита, док је појава самородног злата веома ретка и спорадична.

2.6. Рудне резерве

Према „Правилнику о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођења евиденције о њима”, лежишта бакра, према својим карактеристикама, могу да се разврстају у четири групе. Ово рудно тело спада у

прву групу, лежиште порфирског типа, великих размера, изометричног облика са равномерном до неравномерном расподелом бакра.

Геолошким истраживањем рудног тела утврђене су резерве са 0,75% Cu и пред надлежном Републичком комисијом за оверу резерви су билансиране резерве категорије А+Б+Ц₁ (од нивоа -75m до нивоа -315m).

За категорију А вршени су истражни радови и бушење са максималним растојањем између њих 100x100m. За категорију Б и Ц₁ рађена су истражна бушења са растојањем 150x150m и 200x200m.

Геолошке резерве обухватају и Ц₂ категорију.

Прорачун резерви вршен је методом малих блокова, чија је величина 20x20x20m и рачунски преко програмског пакета GEMCOM. Ова метода је добра због велике мреже истражних радова. Блокови које пресеца гранична контура рачунају се као половина блока.

Експлоатационе резерве дефинишу се на основу методе откопавања. Експлоатациони блокови смештени су у контури лежишта са граничним садржајем бакра од 0,4%, а припремни ходници су пројектовани ван те контуре, у класи квалитета од 0,3% до 0,4% бакра. Овакав прорачун условљен је коморно-стубном методом са блоковским откопавањем и засипавањем откопа са паста засипом.

Према пројекту раде се два експлоатациона блока са заштитном плочом између њих и једном плочом у кровинском делу. Висина блока је 60m, са по три висине од по 20m и плочом између њих, моћности 15m.

- Први откопни блок, од К-150m до К-90m (доњи, средњи и горњи откопни ниво);

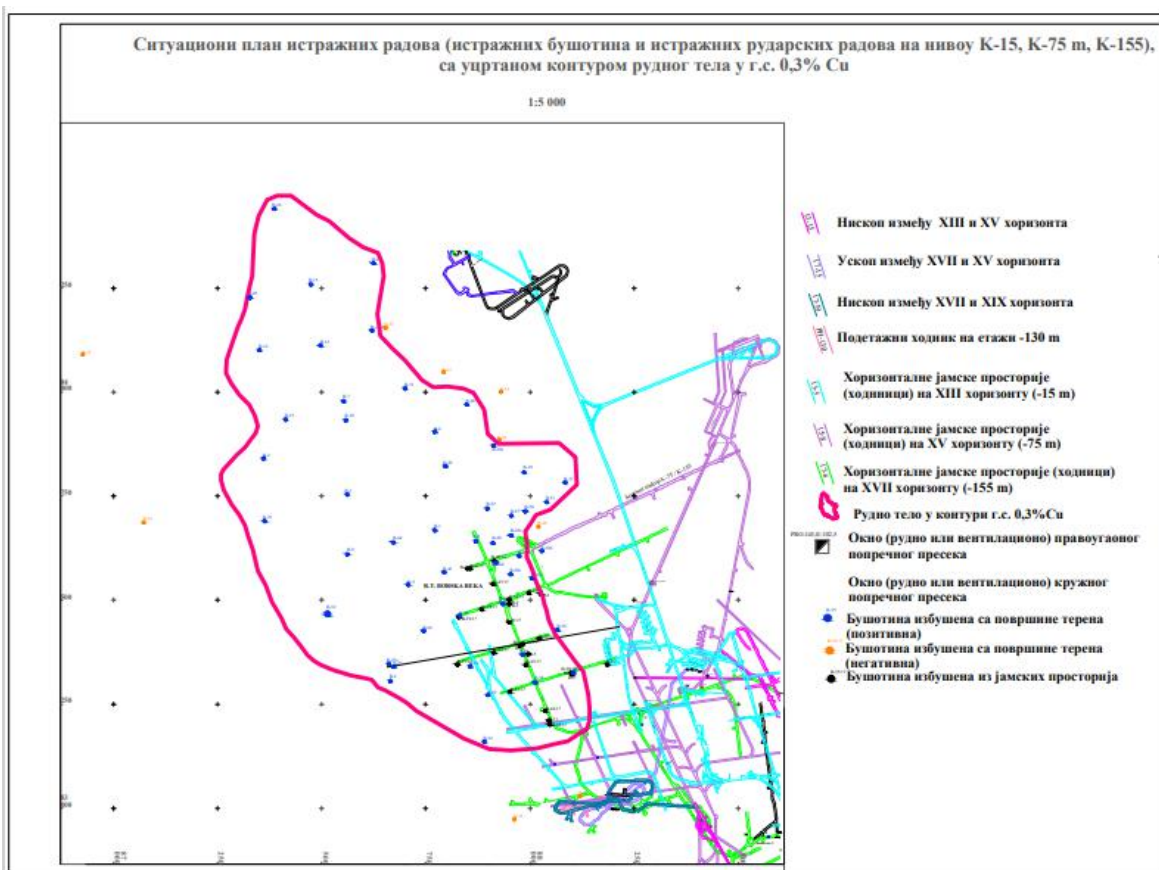
- Други откопни блок, од К-225m до К-165m (доњи, средњи и горњи откопни ниво).

Висина малог блока, који је коришћен при прорачуну резерви се поклапа са пројектованом висином откопавања на нивоу и са висином откопне коморе, чија ширина износи 12m.

2.7. Рударски радови

Истовремено са јамским почиње и површинско откопавање руде, јер се изнад рудног тела, на површини, припремао материјал за запуњавање празног простора при подземном откопавању. Радови на површинском копу су утицали на јамске радове и радови у јами су утицали на површински коп. Због радова на површини долазило је до неконтролисаног прилива и пробоја воде и муља, а утицај радова у јами односио се на поремећај стабилности косина површинског копа.

Старији радови су доста утицали на сам терен, јер је у рудном телу које се претходно откопавало примењена подетажна метода откопавања са зарушавањем, тзв. „Шведска метода”.



Слика 1. - Ситуациони план истражних радова са уцртаном контуром рудног тела у г.с. 0,3% Си

Откопавање новог рудног тела методама са зарушавањем имало би велики утицај на инфраструктуру и читав површински коп. Пореметили би се токови површинских и подземних вода, дошло би до губитка и осиромашења руде. У

старим радовима може доћи до акумулирања воде, провала воде и угрожавања експлоатације новог лежишта изнад XIX хоризонта. Откопавање без угрожавања површинских објеката и рудничке инфраструктуре могуће је коморно-стубном методом са запуњавањем празних простора паста засипом или са самонесећом конструкцијом.

Од постојећих, старијих објеката за откопавање овог лежишта од значаја су: сервисно окно, главно вентилационо окно, примарно дробљење на нивоу XVII хоризонта и истражни, XVII хоризонт.

Експлоатација лежишта због потребних капацитета и квалитета композита обавља се паралелно од XIX хоризонта (К-240m) до XVII хоризонта (К-150m) и од XVII хоризонта (К-150m) до XV хоризонта (К-75m). Да би се очувала функција XV и XVII хоризонта остављају се заштитне плоче за XV хоризонт од К-75m до К-90m (моћности 15m) и за XVII хоризонт од К-150m до К-165m (моћности 15m).

3. ОТВАРАЊЕ ЛЕЖИШТА И ИЗРАДА ПОДЗЕМНИХ

ПРОСТОРИЈА

3.1. Избор начина отварања

У интервалу од К-155m до К-755m и дужина и ширина рудног тела су приближно уједначене. Укупне геолошке резерве захваћене блок моделом, у контури граничног садржаја, износе преко милијарду тона руде и преко 5,5 милиона тона бакра. За избор адекватног начина приступа лежишту пошло се од неколико релевантних чињеница:

- Обим и квалитет изведених истражних радова омогућио је креирање квалитетне базе података за анализу концепције отварања;

- Дугогодишња активност на експлоатацији руде на том подручју омогућава лакши приступ отварању лежишта;

- Постојање система за одводњавање, вентилацију и транспорт на нивоу целе јаме, захтева само припајање новог система уз ревитализацију тог постојећег;

- Производња ће се одвијати истовремено из више рудних тела, због бољег економског ефекта производње;

- Очување инфраструктуре и објеката на површини терена и избегавање утицаја старих радова јаме и површинског копа на услове експлоатације;

- Решавање проблема депоновања јаловине засипавањем откопа;

- Постизање минималних губитака и осиромашења руде при откопавању;

- Избегавање еколошке штете од разарања наткопног масива и депоновања јаловине, уз постизање задовољавајућих економских ефеката.

Лежиште је отворено на XVII хоризонту мрежом истражних ходника, приступних и транспортних путева, изграђен је транспортно-сабирни хоризонт са примарним дробљењем руде. До нивоа XIX хоризонта, изграђени су главни транспортни путеви са тракастим транспортерима, објекти одводњавања, просторије за пролаз, вентилацију, сервисирање и обезбеђено је снабдевање

енергијом. Отварање се обаља системом етажних ходника из сервисних ускопа и нископа и одређеним бројем вертикалних окана намењених проветравању, одводњавању и транспорту руде.

Могуће је искористити постојеће примарно дробљење на XVII хоризонту за откопавање руде изнад тог хоризонта. За откопавање руде изнад XIX хоризонта изградиће се примарно дробљење испод рудних окана са чељусним дробилицама, где ће се руда која се гравитационо спушта преко рудних окана дробити на гтк = 150mm. Даљи транспорт врши ће се тракастим транспортерима ка извозном систему.

3.2. Подела јамског поља на експлоатационе захвате

Генерални експлоатациони захват, по висини рудног тела, налази се измађу XV (K-75m) и XIX (K-235m) хоризонта. Откопавање руде се одвија у два експлоатациона захвата, са појединачним или паралелним радом:

- Први експлоатациони захват од XVII до XV хоризонта и
- Други експлоатациони захват од XIX до XVII хоризонта.

Сваки експлоатациони захват је подељен на по три хоризонтална појаса, односно откопна блока, висине 20m. Откопни блокови се разликују по површини која је диктирана експлоатационом контуром граничног садржаја бакра у руди (гранични садржај = 0,4% Cu). За XV и XVII хоризонт дефинишу се две заштитне плоче моћности по 15m.

Први експлоатациони захват XVII/XV је предвиђен од нивоа K-150m до K-90m са поделом на:

- Горњи откопни блок од -90m до -110m (ГОб-90/-110);
- Средњи откопни блок од -110m до -130m (СОБ-110/-130) и
- Доњи откопни блок од -130m до -150m (ДОБ-130/-150).

ЕКСПЛ. ЗАХВАТ -90/-150	Дуж. комора у блоку	Вис. коморе	Шир. коморе	Хор. површина коморе	Запр. комора (стуба)	γ	Кол. руде у блоку
	m	m	m	m ²	m ³	t/m ³	t
ГОб -90/-110	9.330	20	12	111.960	2.239.200	2,7	6.045.840
СОБ -110/-130	10.640	20	12	127.680	2.553.600	2,7	6.894.720
ДОБ-130/-150	11.630	20	12	139.560	2.791.200	2,7	7.536.240
Σ I EЗ-90/-150	31.600	20	12	379.200	7.584.000	2,7	20.476.800

Табела 1. - Димензије комора по откопним блоковима у првом експлоатационом захвату

Димензије по откопним блоковима:

- ГОБ-90/-110, дужина \approx 610m и ширина \approx 320m;
- СОБ-110/-130, дужина \approx 640m и ширина \approx 360m и
- ДОБ-130/-150, дужина \approx 670m и ширина \approx 380m.

Други експлоатациони захват XIX/XVII је предвиђен од нивоа К-225m до К-165m са поделом на:

- Горњи откопни блок од -165m до -185m (ГОБ-165/-185);
- Средњи откопни блок од -185m до -205m (СОБ-185/-205) и
- Доњи откопни блок од -205m до -225m (ДОБ-205/-225).

ЕКСПЛ. ЗАХВАТ -165/-225	Дуж. комора у блоку	Вис. коморе	Шир. коморе	Хор. површина коморе	Запр. комора (стуба)	γ	Кол. руде у блоку
	m	m	m	m ²	m ³	t/m ³	t
ГОБ -165/-185	13.950	20	12	167.400	3.348.000	2,7	9.039.600
СОБ -185/-205	16.560	20	12	198.720	3.974.400	2,7	10.730.880
ДОБ-205/-225	17.610	20	12	211.320	4.226.400	2,7	11.411.280
Σ II EЗ-165/-225	48.120	20	12	577.440	11.548.800	2,7	31.181.760

Табела 2. - Димензије комора по откопним блоковима у другом експлоатационом захвату

Димензије по откопним блоковима:

- ГОБ-165/-185, дужина \approx 820m и ширина \approx 400m;
- СОБ-185/-205, дужина \approx 830m и ширина \approx 400m и

- ДОБ--205/-225, дужина $\approx 850\text{m}$ и ширина $\approx 400\text{m}$.

Откопни блокови су подељени на низ паралелних комора, висине 20m , ширине 12m и дужине коју диктира експлоатациона контура рудног тела. Коморе су попречно усмерене у односу на пружање лежишта. Откопавање комора се врши са подетажа. Бушење и минирање се обавља са горње подетаже, а утовар из подетаже са дна откопног блока. Висинско растојање подетажа је 20m . На растојању од 20m ван експлоатационе контуре, пратећи је по дужини откопног поља, налазе се етажни ходници. Они се раде из сервисних нископа, а из њих се раде откопни ходници на дну и изнад сваког откопног блока, тако да су као и коморе попречног распореда у рудном лежишту.

Откопни ходници изнад горњег откопног блока имају првенствено функцију ходника бушења за тај блок. Откопни ходници на дну доњег откопног блока имају првенствено функцију ходника утовара, док ходници на дну средњег и горњег блока имају двоструку функцију.

Попречни пресек етажних и откопних ходника је $4,5 \times 4\text{m}$, а површина тог пресека је $16,65\text{m}^2$.

Блоковско откопавање коморе се врши у сегментима чија је максимална дужина 50m , а у зависности од геомеханичких услова радне средине. Наставак откопавања зависи од времена запуњавања сегмента засипом и времена очвршћавања паста засипа. Коморе се откопавају у сва три нивоа откопних блокова, одоздо навише.

Откопни ходници се осигуравају подградом од прсканог бетона и fiberglass анкера, а по потреби и fiberglass мрежом.

Од XVII хоризонта (К-150m) до заштитне плоче (К-90m) израдиће се два рудна окна дужине по 65m , профила $3 \times 3\text{m}$ и једно пролазно вентилационо окно до XIII хоризонта дужине 140m и профила $3 \times 3\text{m}$. На XIII хоризонту ради се галерија за проветравање и дистрибуцију засипа.

На нивоу XIX хоризонта, у наставку главног транспортног ходника (ГТХ, К-235m), израђује се транспортни ходник ТХ-240, дужине 1.040m и профила $5 \times 3.5\text{m}$, са падом од $\alpha=5\%$ у који се уграђује тракасти транспортер истих карактеристика као и у ГТХ-235.

Од XIX хоризонта до заштитне плоче на XVII хоризонту раде се два рудна окна дужине по 65m, профила 3x3m и једно вентилационо окно дужине 95m и профила 3x3m.

За откопне нивое изнад XVII хоризонта користи се већ постојеће примарно дробљење на том хоризонту, а за откопне нивое изнад XIX хоризонта раде се два примарна дробљења испод окана са чељусним дробилицама од К-225m до К-240m. Бункери се израђују испод К-225m, из њих руда гравитацијски пада на вибро додаваче који хране дробилице. Даље се преко дозера-вибро додавача преусмерава на тракасте транспортере који воде од хале дробљења кроз транспортне ходнике ТХ₁-240 и ТХ₂-240 до ГТХ-240. Руда се дроби до гтк=150mm.

Засипавање откопаних комора се обавља паста засипом велике густине, који после уградње очвршћава и постиже одговарајуће физичко механичке карактеристике. За засипавање се израђују по две техничке бушотине Ø300mm са површине до етажних ходника на К-130m и К-205m. Две бушотине које се израђују до К-130m снабдевају паста засипом откопне нивое на К-130, -110 и -90. Откопни ходници на свим нивоима су у вертикалној равни. Друге две бушотине, које се израђују до К-205 снабдевају откопне нивое на К-205, К-185 и К-165.

Просторије отварања и припреме се раде паралелно на две етаже и са њиховим завршетком, то јесте израдом откопних ходника до изласка из контуре откопног блока, може да се започне откопавање примарних комора (свака друга комора). Смер откопавања је од крајње подужне контуре откопних блокова према етажном ходнику, где се на улазној подужној контури откопавање завршава. Док трају радови на откопавању у коморама, настављају се радови на отварању и припреми откопног блока изнад (средњег откопног блока, а затим и горњег откопног блока). Док се откопавање првог сектора приводи крају, припрема се следећи сектор израдом етажних ходника кроз откопни блок и откопних ходника којима се формирају откопне коморе. Постизање пуног капацитета производње могуће је чим се испуни услов да се врши откопавање у најмање 5 комора.

3.3. Технологија израде хоризонталних и косих подземних просторија

Технологија израде хоризонталних и косих просторија заснована је на примени методе бушачко-минерских радова. Извођења радова обухвата:

- Бушење минских бушотина;
- Пуњење бушотина експлозивним материјалом;
- Минирање;
- Проветравање;
- Осигуравање радилишта;
- Утовар;
- Одвоз отпуцаног материјала и
- Подграђивање радилишта.

Проветравање и одводњавање радилишта се изводи непрекидно. Утовар и одвоз ископине обавља се системом дизел јамски утоваривач-дизел јамски камион.

3.3.1. Подграђивање

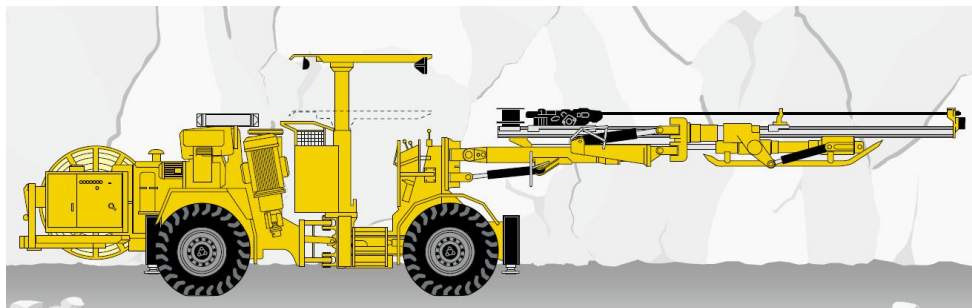
На основу резултата прорачуна стабилности просторија и величина напрезања која се јављају у радној средини закључено је да су просторије релативно стабилне, али због сигурности, значаја и њихове намене подграђују се следећом врстом подграде: торкрет + анкер + мрежа + торкрет. Подграда се примењује по потреби. Подземне просторије које пролазе кроз неизмењени андезит није потребно подграђивати.

У току израде свих ходника отварања и разраде потребно је торкретирати по целој дужини у току израде прсканим бетоном дебљине 4cm. У деоницама са мање израженим прслинама и пукотинама након торкретирања треба обавити и анкерисање. У деловима са више израженим прслинама, пукотинама и раседним зонама треба подградити анкер подградом и мрежом, што се односи и на откопне ходнике кроз рудно лежиште. Подграђивање се изводи одмах након ископаног

профила у максималној дужини од 10 до 20m како се не би дозволило стени да оксидише и почне са распадањем. Прскани бетон ће се по потреби уграђивати и након уградње анкера и мреже. Марка прсканог бетона је МВ30. За анкерисање свода користе се анкери дужине $l = 1,6$ до $2,4$ m. За бушење бушотина за анкере у стропу користи се механизована опрема или ускопни бушаћи чекић. За анкерисање свода користе се СН анкери са расцепом и клином, подлошком и навртком на спољашњем делу, као и цевasti анкери.

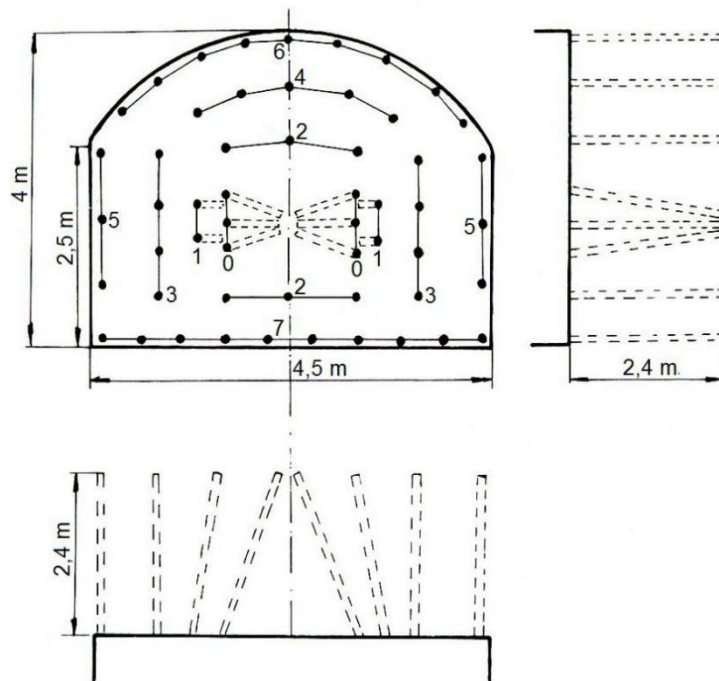
3.3.2. Бушење и минирање

Бушење се изводи електро хидрауличним бушаћим колима типа Boomer 282 – Atlas Copco или пнеуматским средње тешким бушаћим чекићем са потпорном ногом. За бушење се користе моноблок длета и бушаћи прибор, шипке дужине $L=2,4$ m и круне пречника $d= 45$ mm.



Слика 2. - Електро хидраулична бушаћа кола, Boomer 282 - Atlas Copco

За минирање се употребљава експлозив Амонекс 1 (амонал појачани $d_p=38$ mm). Примењују се патроне $\varnothing 38$ mm од 200g, дужине 17cm и од 500g, дужине 41cm. Иницирање се врши полусекундним електродетонаторима PSED-AI-2x4 m' серије 0.10 или милисекундним електродетонаторима MSED-AI серије 0.10. Електродетонатори се вежу серијско.



Слика 3. - Распоред минских бушотина и редослед иницирања у хоризонталним и косим просторијама отварања и припреме

3.3.3. Утовар и транспорт ископине

Утовар и транспорт се врши у систему дизел утоваривач-дизел камион. По завршетку мињања откопани материјал се товари самоходном утоварно-транспортно-истоварном машином (УТИ машина) типа Wagner ST-6C којом се пуни јамски камион Atlas Copco Wagner MT-420.

3.3.4. Проветравање

За одређивање потребне количине ваздуха за проветравање узет је нејнеповољнији критеријум, према количини ваздуха која је потребна за одвођење отровних гасова продуката мињања и дизел машина. Пошто се ради дуж трасе са различитим попречним пресеком просторија и различитим количинама експлозива, треба одмах уградити одговарајући пресек ветрених цеви који је потребан за највећи пресек ходника, како се не би касније замењивале. Да би се задовољили критеријуми изабрана су два аксијална вентилатора снаге 15kW.

3.3.5. Одводњавање

Због прилива воде из саме радне средине, али и због рада опреме током израде просторија израђује се канал за одводњавање. Ходник се израђује под успоном или нагибом од 3 ‰ до 5 ‰ са каналом за воду која несметано отиче.

3.3.6. Организација рада

Рад је организован у три смене у четири бригаде. Радовима руководи руководилац градње, ВСС-рударски инжењер, а непосредно му за радове одговара пословођа градње, ССС-рударски техничар. У смени је за послове одговоран сменски надзорник, ССС-рударски техничар.

Ред. број	Назив радног места	Струч. спре.	Радна смена				Укупно	Флукт.	Укупно
								15%	
1.	Надзорник смене	ССС	1	1	1	1	4	1	5
2.	Универзални копач-палиоц	ВКВ	1	1	1	1	4	1	5
3.	Руковаоц утоварача	КВ	1	1	1	1	4	1	5
4	Помоћник копача	ПКВ	1	1	1	1	4	1	5
	Укупно:		4	4	4	4	16	4	20

Табела 3. - Организација рада

3.3.7. Динамика израде

Уз нормалне услове рада, у три смене од по 8h, на гантограмима су приказане радне операције са њиховим трајањем. Време појединих радних операција зависи од тога да ли се просторије подграђују и како се подграђују.

Радне операције	Време (h)	I СМЕНА								II СМЕНА								III СМЕНА							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Долазак на радилиште	1,0	■							■								■								
Преглед радилишта	0,5		■							■								■							
Бушење	2,1		■	■	■					■	■	■					■	■	■						
Пуњење и минирање	0,6				■							■							■						
Проветравање	0,5				■							■							■						
Утовар и одвоз	1,7				■	■						■	■						■	■					
Торкретирање	0,2						■								■								■		
Одлазак са радилишта	1,0							■							■									■	

Циклуса на дан: 3,22

Табела 4. - Време радних операција: подграђивање прсканим бетоном

Радне операције	Време (h)	I СМЕНА								II СМЕНА								III СМЕНА							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Долазак на радилиште	1,0	■							■							■									
Преглед радилишта	0,5		■							■							■								
Бушење	1,9		■	■	■					■	■	■				■	■	■							
Пуњење и минирање	0,5				■							■						■							
Проветравање	0,5				■							■						■							
Утовар и одвоз	1,7				■	■						■	■					■	■						
Торкретирање+анкерисање	1,0						■							■								■			
Одлазак са радилишта	1,0							■						■									■		

Циклуса на дан: 2,94

Табела 5. - Време радних операција: подграђивање прсканим бетоном и анкерима

Радне операције	Време (h)	I СМЕНА								II СМЕНА								III СМЕНА							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Долазак на радилиште	1,0	■							■						■										
Преглед радилишта	0,5		■							■						■									
Бушење	1,7		■	■	■					■	■	■				■	■	■							
Пуњење и минирање	0,5				■							■						■							
Проветравање	0,5				■							■						■							
Утовар и одвоз	1,7				■	■						■	■					■	■						
Торкретирање+мрежа+анк.	2,2						■					■	■					■	■	■					
Одлазак са радилишта	1,0							■						■									■		

Циклуса на дан: 2,54

Табела 6. - Време радних операција: подграђивање прсканим бетоном, мрежом и анкерима

3.3.8. Просторије припреме - објекти примарног дробљења

У подземне објекте примарног дробљења се убрајају:

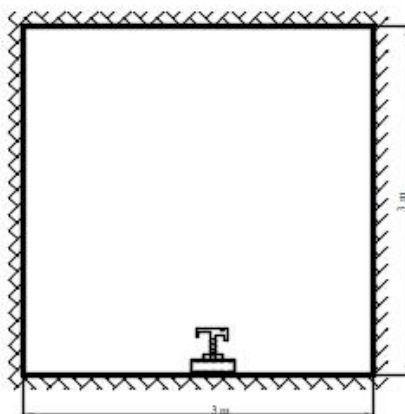
- Хала дробљења 1 и 2 на К-230/-240m, попречног пресека $F=70,3m^2$;
- Истоварна станица 1 и 2 на К-225m, попречног пресека $F=37,5m^2$ и
- Комора вибро додавача на К-230m, попречног пресека $F=11,5m^2$.

Ови објекти се израђују исто као и хоризонталне и косе просторије, само са изузетком величине попречног пресека.

3.4. Технологија израде вертикалних подземних просторија

Израда вертикалног окна димензија $3 \times 3m$, односно површине $P=9m^2$ врши се ускопном платформом, типа „Alimak”. Израда се заснива на методи бушачко-минерских радова, најпре бушењем и пуњењем минских бушотина са самоходне платформе, а затим минирањем из коморе са сигурног и прописаног места. Потом следи проветравање и обарање воденом маглом отровних и загушљивих гасова, као и прашине и на крају утовар и транспорт материјала у систему дизел утоваривач-камион.

Попречни пресек избијања окна
 $F = 9,0 m^2$
 $R_v = 1: 25$



Слика 4. - Попречни пресек избијања окна

За све прорачуне узима се да је чврстоћа на притисак:

Руда $\approx 90.000 \text{ KN/m}^2$ ($f = 9$);

Кровина $\approx 80.000 \text{ KN/m}^2$ ($f = 8$) и

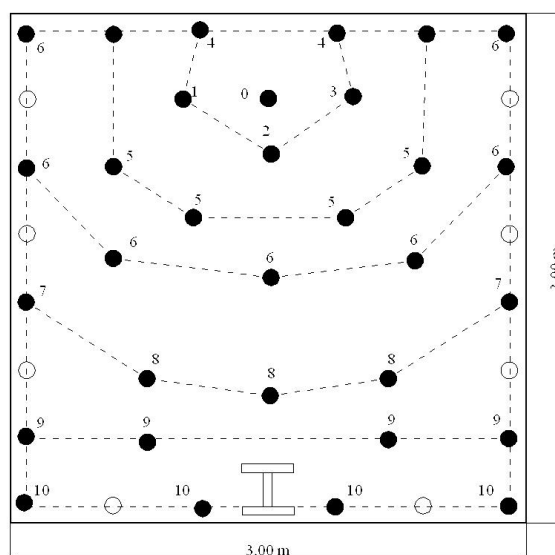
Подина $\approx 60.000 \text{ KN/m}^2$ ($f = 7$).

3.4.1. Подграђивање

Рудна окна се раде без подграђивања, а у случају потребе, подграђивање ће се вршити анкер-мрежом. Пролазно, вентилационо окно ће бити подграђено ретком веначном дрвеном подградом, кружног попречног пресека и опремљено стајалиштима и стубама. Подграђивање се врши са напредовањем окна.

3.4.2. Бушење и минирање

За бушење се користи ускопни бушаћи чекић типа BBD 46W (Falcon). Бушаће шипке су дужине $L=1,6\text{m}$ (пречника $\text{Ø}32\text{mm}$) и $L=2,4\text{m}$ (пречника $\text{Ø}32\text{mm}$). Примењују се патроне $\text{Ø}28\text{mm}$ од 200gr, дужине 30cm и од 100gr, дужине 15cm. Иницирање се врши полусекундним електродетонаторима PSED-A12x3 m' серије 0-10. Везивање електродетонатора је серијско. Извор струје за њихово паљење је кондензаторска транзиторска машина за паљење мина ТКУ-750V, која може да одминира око 200 серијски везаних нормалних електродетонатора, при отпору спољне мреже од 500 Ω .



Слика 5. - Распоред минских бушотина $F=9\text{m}^2$

0-празна 1-заломна 2-одбојна 3-контурна

3.4.3. Утовар и одвоз ископине

По завршетку минирања откопани материјал се товари самоходном утоварно-транспортно-истоварном машином (УТИ машина) типа Wagner ST-6C којом се пуни јамски камион Atlas Copco Wagner MT-420.

3.4.4. Проветравање окна у фази израде

После минирања, са главних вентила на челу радилишта, пушта се ваздух и вода, ради обарања гасова и прашине насталих приликом експлозије. Ваздух и вода се мешају и образују маглу, која обара прашину и експлозивне гасове. За боље проветравање у ходнику на хоризонту се поставља и вентилатор. При проветравању окна у фази избијања, потребно је одредити потребне количине ваздуха, за одвођење отровних гасова, продуката минирања и одредити потребне количине ваздуха за потребе разблажења издувних гасова при раду дизел мотора Alimak-a.

Након минирања, окно се проветрава великом количином ваздуха. Са чела окна настали гасови од минирања ваздухом се спуштају наниже. Радници ће поново изаћи у окно минимално након 1h од момента минирања чела окна. Изабрана су четири аксијална вентилатора, снаге 15kW. Примениће се ветрене цеви, пречника Ø800 mm.

3.4.5. Одводњавање

Није предвиђен велики прилив воде, али у случају појаве извора она ће се гравитацијски спуштати до дна окна и одатле путем канала у ходницима ће се водити до водосабирника.

3.4.6. Организација рада

Рад је организован као и код израде хоризонталних просторија у три смене и четири бригаде.

3.4.7. Динамика израде

Уз нормалне услове рада, у три смене од по 8h, на гантограмима су приказане радне операције са њиховим трајањем.

Радне операције	Време (h)	I СМЕНА								II СМЕНА								III СМЕНА							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Долазак на радилиште	1,0	■							■									■							
Преглед радилишта	0,5		■							■									■						
Бушење	2,3		■	■	■						■	■	■						■	■	■				
Пуњење и минирање	0,5					■								■							■				
Проветравање	1,0					■	■							■	■						■	■			
Утовар и одвоз	0,6						■								■							■			
Маневрисање	0,8							■								■							■		
Одлазак са радилишта	1,0							■									■								■

Циклуса на дан: 3,14

Табела 7. - Време радних операција: без подграђивања

Радне операције	Време (h)	I СМЕНА								II СМЕНА								III СМЕНА							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Долазак на радилиште	1,0	■							■									■							
Преглед радилишта	0,5		■							■									■						
Бушење	2,3		■	■	■							■	■	■							■	■	■		
Пуњење и минирање	0,5					■									■										
Проветравање	1,0					■	■								■										
Утовар и одвоз	0,6						■												■						
Подграђивање+манев.	3,0							■			■	■	■							■	■	■			
Одлазак са радилишта	1,0							■									■								■

Циклуса на дан: 2,27

Табела 8. - Време радних операција: подграђивање дрвеном подградом

3.4.8. Бункер за истакање руде

Бункер служи за истакање руде из точишта рудног окна и из јамских камиона којима се руда довози истоварним ходником. Обзиром на његову намену, подграђује се армираним бетоном дебљине 30см. Има конусни облик, са две вертикалне и две косе стране (Јовановић, П., 1990.).

4. ПРИКАЗ МЕТОДЕ ПОДЗЕМНОГ ОТКОПАВАЊА

4.1. Избор методе откопавања

Избор методе откопавања ограничен је самим положајем лежишта у односу на старе радове и површински коп. На површини терена, изнад лежишта, су саобраћајнице, градска и индустријска канализација и инфраструктура, насеље, железничка пруга, као и индустријски објекти. Површински коп је одмах изнад рудних тела, па је могућа и акумулација великих количина воде.

Метода откопавања са зарушавањем захтева велика инвестициона улагања за измештање објеката и инфраструктуре на површини терена.

Метода откопавања руде са остављањем празних простора обезбеђује висок капацитет и продуктивност и то без осиромашења руде. Недостаци су: велики губитак руде у сигурносним стубовима и плочама, статичка несигурност и угроженост стабилности целог система. Ако би се откопи подграђивали изгубила би се економичност и не би се трајно решио проблем. Празни простори су опасни за рад рудника и сигурност запослених. Ови проблеми решени су накнадним запуњавањем откопа очвршћујућим засипом. Запуњавањем откопа се обезбеђује стабилност система, омогућава откопавање стубова који су остављени у првој фази и постиже високо искоришћење руде.

Приликом избора методе откопавања треба задовољити пре свега следеће услове: високу продуктивност уз примену високо продуктивне опреме; висок степен искоришћења расположивих рудних резерви; минимално осиромашење откопане руде; остварења пројектованог производног капацитета; високу сигурност запослених при раду, минимална инвестициона улагања, итд.

На основу ових услова, анализа радне средине и искуства усваја се:

Коморно стубна метода са блоковским откопавањем и засипавањем откопа паста засипом.

Основни параметри усвојене методе откопавања:

- Ширина комора 12m;
- Ширина стубова између комора 12m;
- Висина комора 20m и
- Дужина комора је променљива од 30 до 50m.

4.2. Димензије откопног поља

Нумерисање комора је јединствено за свака три откопна блока у оба експлоатациона захвата. Максималан број комора је на доњим откопним блоковима, јер имају највећу површину, док се на горњим поједине коморе искључују због смањења откопних поља. По висини експлоатационог захвата задржава се иста нумерација за све откопне блокове по вертикали, без обзира на искључене коморе.

Први експлоатациони захват је предвиђен од нивоа К-150 до К-90m са поделом на три откопна блока са следећим димензијама хоризонталних површина јамских поља:

- Горњи откопни блок од -90 до -110 са 111.960m^2 , састоји се од 51 паралелне коморе (нумерисане од 6 до 56), ширине 12m и висине 20m;
- Средњи откопни блок од -110 до -130 са 127.680m^2 , састоји се од 53 паралелне коморе (нумерисане од 4 до 56), ширине 12m и висине 20m;
- Доњи откопни блок од -130 до -150 са 139.560m^2 , састоји се од 56 паралелних комора (нумерисаних од 1 до 56), ширине 12m и висине 20m.

Други експлоатациони захват XIX/XVII је предвиђен од нивоа К-225m до К-165m са поделом на:

- Горњи откопни блок од -165 до -185 са 167.400m^2 , састоји се од 68 паралелних комора (нумерисаних од 4 до 71), ширине 12m и висине 20m;
- Средњи откопни блок од -185 до -205 са 198.720m^2 , састоји се од 69 паралелних комора (нумерисаних од 2 до 70), ширине 12m и висине 20m и
- Доњи откопни блок од -205 до -225 са 211.320m^2 , састоји се од 71 паралелне

коморе (нумерисане од 1 до 71), ширине 12m и всине 20m.

Етаже за оба експлоатациона захвата су на сваких 20m висинског растојања:

-Први експлоатациони захват: -Други експлоатациони захват:

Етажа -225,

Етажа -150,

Етажа -205,

Етажа -130,

Етажа -185 и

Етажа - 110 и

Етажа -165.

Етажа -90.

Дефинишу се заштитне плоче моћности по 15m које одвајају и изолују радове изведене на XV и XVII хоризонту од радова које се изводе новопроектваном коморно стубном методом. Оне су од стенског масива и хоризонталног су пружања, и представљају сигурност приликом обављања радова на горњим откопним нивоима у блоковима испод плоча. Напони у кровној плочи треба да су мањи од једнооксијалне чврстоће стенске масе.

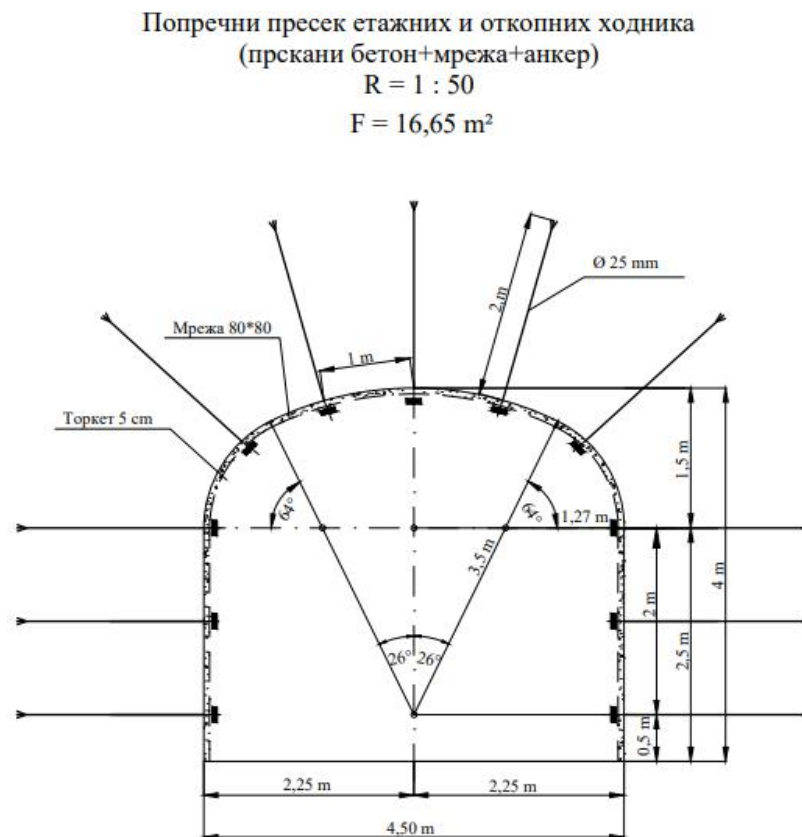
4.3. Опрема на откопима

Редни број	Назив опреме	Комада	Цена/Ком (USD)	Укупно (USD)
1	Машина за разбушење EASER	1	900.000	900.000
2	Машина за бушење добок. мин. буш. SIMBA	2	380.000	760.000
3	Машина за пнеуматско пуњење експлозивне смеше	1	300.000	300.000
4	Јамски дизел утоваривач, 5 m ³ (9t)	3	450.000	1.350.000
5	Јамски дизел камион, 10 m ³ (18t)	6	350.000	2.100.000
6	Вентилатор за сепаратно проветравање	3	25.000	75.000
7	Возило за допрему експлозива	1	55.000	55.000
8	Возило цистерна за гориво	1	45.000	45.000
9	Возило за допрему материјала	1	55.000	55.000
10	Возило за превоз људи	2	40.000	80.000
11	Машина за електронско иниц. минских пуњења	1	1.000	1.000
12	Ом-метар за контролу мреже минирања	1	1.000	1.000
13	Машина за оштрење бушаћих круна	1	2.000	2.000
	Укупно:			5.724.000

Табела 9. - Опрема на откопима изабрана на основу предложене методе и технологије откопавања

4.4. Откопна припрема

Откопна припрема подразумева израду откопних ходника за приступ комори, од чије величине зависи и њихов број. Према технологији откопавања и димензијама комора усвојено је решење са два откопна ходника (на дну и на врху по оси коморе). Откопни ходници су ради трајности ојачани подградом. На горњој етажи је откопни ходник који се користи за бушење, минирање и запуњавање, а на доњој се користи за утовар. Етажни ходници се раде у самом лежишту и на тај начин се формирају сектори за фазно дезинтегрисање руде, чиме се скраћује почетак откопавања у јамском пољу. Сагласно примењеној опреми за откопавање и вентилацију, али и ради очувања стабилности просторија у примени су откопни ходници димензија 4,5x4m. Стабилност и сигурност ходника је дефинисана одговарајућом подградом и осигурањем прсканим бетоном, анкерима и мрежом. Откопним ходницима, који се раде подужно у односу на правац откопавања лежишта, долази се до комора у којима се бушењем и минирањем руда уситњава и обара.



Слика 6. - Попречни пресек етажних и откопних ходника

На почетку се формира вертикални отвор (засек) између етажа које дефинишу планирану површину чела коморе. За почетно отварање чела коморе треба урадити почетни отвор односно проширење, вертикално у средини или на страни коморе на почетној нападној тачки у рудном телу, како би се добила довољна празнина за компензацију руде минирањем почетне лепезе минских бушотина. Компензациона комора се формира у пуној висини коморе и спаја горњи откопни ходник бушења са доњим утоварним ходником. Комора се формира минирањем лепезе минских бушотина између две етаже. Одговарајућим експлозивним пуњењем дезинтегрише се руда по целој вертикалној површини чела коморе и формира се слободна површина за наредну секвенцу минирања. Дужина откопавања коморе је у функцији очувања стабилности зидова коморе.

Након постизања пројектоване дужине коморе и одвоза измињене руде следи запуњавање тог сегмента коморе паста засипом након чијег очвршћавање се наставља откопавање у комори по одређеној динамици. Даље се на исти начин започиње формирање коморе само се води рачуна да се не оштети засипна маса у претходном сегменту коморе. То се постиже остављањем тзв. чистог прстена. Минирање се врши од бушотина у непосредној близини разбушења завршавајући са оним у прстену чишћења. Тако се остварује минимално разблажење засипом из претходног сегмента запуњене коморе. Облик коморе се постиже минирањем редова лепеза од почетне лепезе поред компензационе коморе, а затим се осталим редовима лепеза, комора пресеца од горње до доње етаже. Минске бушотине се минирају у секвенцама уз синхронизован утовар на нивоу утовара. Пуњење лепеза мора бити испоштовано како не би се стварали вангабаритни комади руде и да не би долазило до разблажења руде, угрожавања засипа и смањења стабилности стубова, тј. комора. Помоћни прстенови спречавају разарање цементиране масе засипа. Буше се паралелно са регуларним бушотинама.

4.5. Опис методе откопавања

Откопне коморе су управне на пружање рудног тела. Основа комора је правоугаоног облика ширине 12m и висине 20m, а дужина је зависно од контуре рудног лежишта и креће се од 20m до 400m. У зависности од геомеханичких

карактеристика дела рудног лежишта у коме се комора откопава, откопавање комора по дужини се врши у сегментима од 30m до 50m. Чим се одређени сегмент откопа до критичне дужине, откопавање се прекида и након пражњења коморе одвозом изминирани руде утоварачима, приступа се блиндирању откопног ходника, односно утоварног ходника на дну коморе. На самом излазу из откопане коморе ходник се блиндира уградњом одговарајуће барикаде (бараже) која чим достигне одређени степен чврстоће омогућава да се започне засипавање откопане коморе из откопног ходника на горњој етажи, који тренутно има функцију ходника бушења. Цевоводима се врши дистрибуција паста засипа кроз етажне ходнике и откопни ходник бушења до кровинског дела откопаног сегмента коморе. Након очвршћавања засипа може се наставити откопавање следећег сегмента коморе и тако редом док се комора не откопа по целокупној дужини.

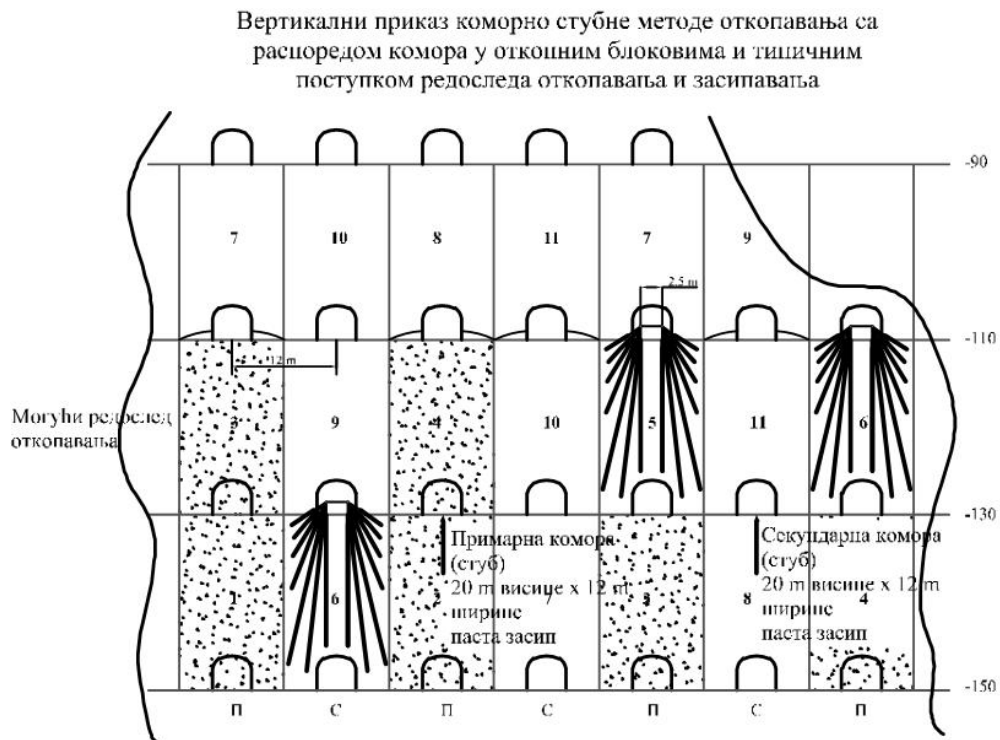
Откопана и запуњена комора представља стуб за откопавање суседних комора по истом принципу.

Паралелни попречни откопни ходници омогућавају приступ коморама и повезани су на етажни ходник који је паралелан пружању лежишта. Ова метода захтева премештање транспорта како откопавање комора напредује навише. Након запуњавања откопане коморе, претходна етажа бушења постаје следећи ниво производње тј. транспорта.

Ова метода захтева веома добру контролу стабилности како изнад комора тако и на челу због прерасподеле напона у отвореним секвенцама коморе, посебно ако су присутне пукотине и раседи у околном масиву. Потребно је да се минимизирају потенцијални пропусти на свакој етажи, то се чини подграђивањем, а у случају слабије радне средине дужина комора се смањује како би се радови безбедно одвијали.

Откопни блокови се откопавају одоздо навише. Ниво бушења за претходни (доњи) откопни блок постаје ниво утовара за следећи (горњи) откопни блок. Откопавање руде из комора у откопним блоковима се обавља у две фазе, примарно (П) и секундарно (С). У првој, примарној фази откопава се свака друга комора, док неоткопане коморе имају функцију стубова и формира се привремена самонесећа конструкција. Откопане коморе у првој фази се запуњавају паста засипом који после очвршћавања постаје саствани део конструкције. У другој

секундарној фази откопавају се преостале коморе које су имале функцију стубова и после откопавања се засипавају паста засипом (Торбица, С., Лапчевић, В., 2020.).

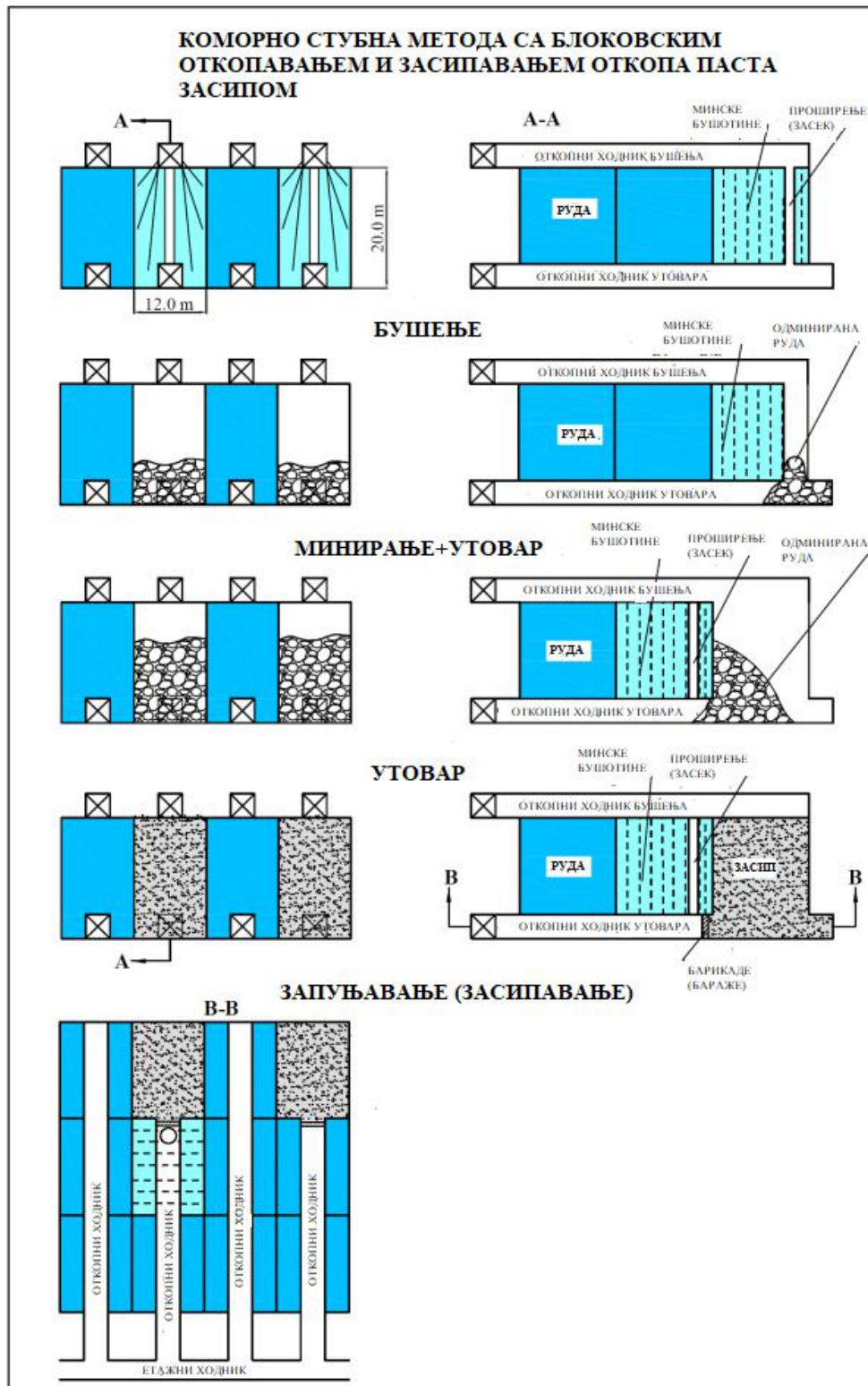


Слика 7. - Приказ методе откопавања са распоредом комора у откопним блоковима и редоследом откопавања, тј. засипавања

Не постоји претходна припрема дна коморе, већ се бушењем и минирањем из откопног ходника обавља равно одсецање дна коморе, на чијем дну је већ израђен ходник утовара.

Дубоке експлоатационе бушотине су пречника 76mm. Бушење лепеза се изводи из два центра на размаку од 2,5m. Растојање између лепеза је 2m. Бушење се обавља бушаћим гарнитурима SIMBA или SOLO одозго надоле. Лепезе минских бушотина се пуне ANFO експлозивном смешом. Иницирање се мора изводити „Nonel” системом са појачивачима. Пуњење минских бушотина је механизовано и изводи се специјалном пунилицом типа ANOL или сл. Компензационо окно се израђује помоћу специјализованих бушилаца типа ROBINS или најновијих самоходних гарнитура EASER L Atlas Copco. Утовар се врши дизел утоварачима, запремине кашике 5m³ и претовар се обавља на утоварним рампама у јамске дизел камионе запремине сандука 10m³ којима се транспортује и истоварује у истоварне станице или рудна окна. У коморама за

утовар се користе утоваривачи са даљинским управљањем. На споју откопних и етажних ходника на одговарајућим местима се израђују утоварне рампе за утовар руде у камионе. Рампе се израђују у етажним ходницима висине 6м.

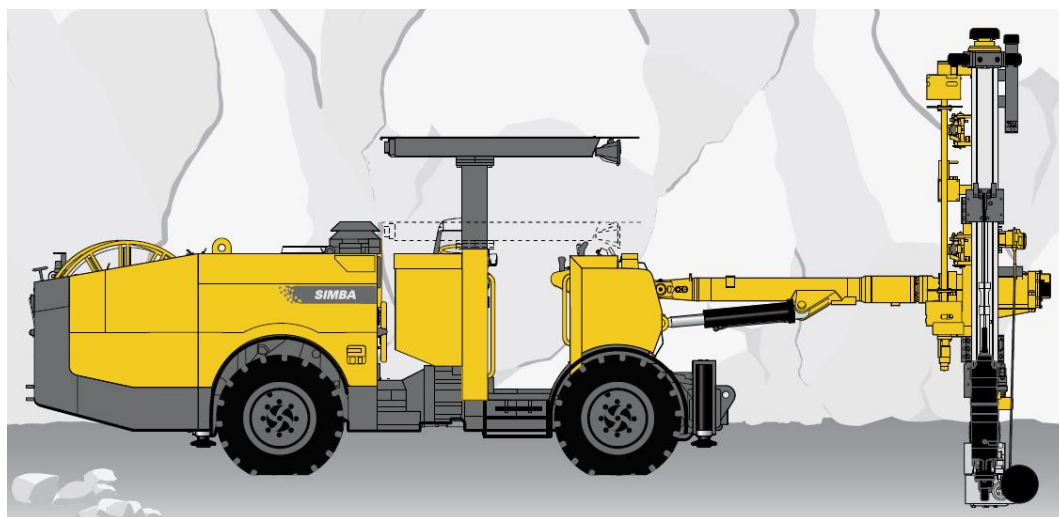


Слика 8. - Коморно стубна метода са блоковским откопавањем и засипавањем откопа паста засипом

5. РАДНЕ ОПЕРАЦИЈЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА

5.1. Бушење и минирање

Примењује се минирање са лепезастим распоредом минских бушотина, које се буше вертикално наниже из откопних ходника бушења. За бушење дугачких бушотина је одабрана гарнитура SIMBA S7D са спољним бушаћим чекићем COP 1838ME и круном Ø76 mm.



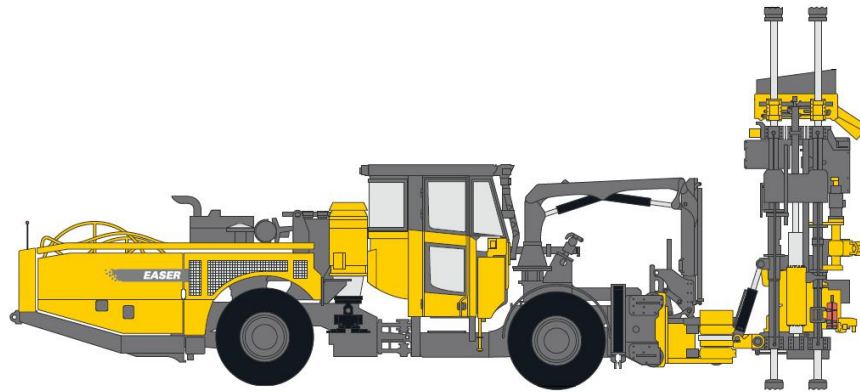
Слика 9. - Гарнитура за бушење дугачких бушотина SIMBA S7D

Откопни ходник је лоциран на средини откопне коморе, а бушење се обавља из два центра у ходнику бушења, због повољнијег распореда бушотина у лепези. ANFO експлозивна смеша се механизовано помоћу пнеуматских пуница убацује у бушотине.

За почетно минирање у коморама је потребно обезбедити слободну вертикалну површину израдом засека или компензационе коморе. У ту сврху користи се мобилна машина за разбушење EASER којом се израђују бушотине кроз које се могу провлачити разни цевоводи. Карактеристике ове машине су следеће:

- Буши пилот бушотине са Ø229 mm до 200m дужине;
- Разбушује бушотину до Ø750 mm, дужине до 60m;
- Укупна инсталисана снага је 183kW и

- Брзина напредовања 2m/min.



Слика 10. - Мобилна машина за разбушење Easer

5.1.1. Прорачун бушења и минирања

Димензије откопне коморе:

- ширина (\check{S}) 12m;
- висина (H) 20m и
- средња дужина (L) ооко 50 m.

Димензије откопног ходника:

- ширина (a) 4,5m;
- висина (h) 4m и
- попречни пресек 16,65 m².

Површина лепезе за бушење и минирање у откопној комори:

$$P_{lm} = \check{S} \times H - P_{OH} = 12 \times 20 - 16,65 = 240 - 16,65 = 223,35 \text{ m}^2$$

$$P_{lm} = 223,35 \text{ m}^2$$

Специфична потрошња експлозива

$$q = q_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_6, \text{ kg/m}^3$$

q_0 - еталонска потрошња експлозива (0,6 kg/m³), усваја се из табеле на основу познатог коефицијента чврстоће (f);

k_1 - коефицијент радне способности експлозива (1,11);

k_2 - коефицијент утицаја пукотина у масиву (1,14);

k_3 - коефицијент распореда минских бушотина, за лезаста распоред износи од 1,1 до 1,2 (1,15);

k_4 - коефицијент стешњености (1);

k_5 - коефицијент корелације густине експлозивног пуњења и врсте пуњења (0,95);

k_6 - коефицијент који зависи од пречника бушорине (0,95).

$$q = 0,6 \times 1,1 \times 1,14 \times 1,15 \times 1 \times 0,95 \times 0,95 = 0,79 \text{ kg/m}^3$$

Средња вредност запреминске масе руде је око $2,7 \text{ t/m}^3$, специфична потрошња експлозива по тони руде је:

$$q_t = \frac{q}{\gamma} = \frac{0,79}{2,7} = 0,29 \text{ kg/t}$$

Количина експлозива:

$$Q_e = q \times V = q \times P_b \times W, \text{ kg}$$

где је:

V – запремина руде у блоку једне лезе минарања ($P_b \times W$);

P_b – површина минарања једне лезе ($223,35 \text{ m}^2$);

W – линија најмањег отпора (2m) и

q – специфична потрошња експлозива ($0,79 \text{ kg/m}^3$).

$$Q_e = 0,79 \times 223,35 \times 2 = 351,26 \text{ kg}$$

Пречник бушења:

$$d_b = \sqrt{\frac{W^2 \times 4 \times q \times \gamma \times K_z}{\pi \times \rho \times K_1}}, m$$

$$d_b = \sqrt{\frac{2^2 \times 4 \times 0,29 \times 2,7 \times 1}{\pi \times 1.000 \times 1,11}} = 0,066 m$$

$$d_b = 66 \text{ mm}$$

где је:

W – линија најмањег отпора, 2m;

d_b – пречник бушења, m;

ρ - запреминска маса експлозива, 1.000 kg/m³;

K_1 – коефицијент радне способности експлозива, 1,11;

q_t – специфична потрошња експлозива, 0,29 kg/t;

γ - запреминска маса руде, 2,7 t/m³ и

K_z – коефицијент зближења минских бушотина, 1,2.

Према стандарду бушаћих круна усваја се:

$$d_b = 76 \text{ mm}$$

Укупна дужина пуњења минских бушотина:

$$L_{mp} = \frac{4 \times Q_e}{d_b^2 \times \pi \times \rho \times K_p}, m$$

$$L_{mp} = \frac{4 \times 351,26}{0,076^2 \times \pi \times 1.000 \times 0,95} = 81,51 m$$

$$L_{mp} = 81,51 \text{ m}$$

где је:

Q_e – количина експлозива у лепези, 351,26 kg;

L_{mp} – дужина минског пуњења, m;

d_b – пречник бушења, 0,076 m;

ρ - запреминска маса експлозива, 1.000 kg/m³ и

K_p – коефицијент пуњења минских бушотинаа, 0,95.

Број и распоред минских бушотина

Шема бушења минских бушотина

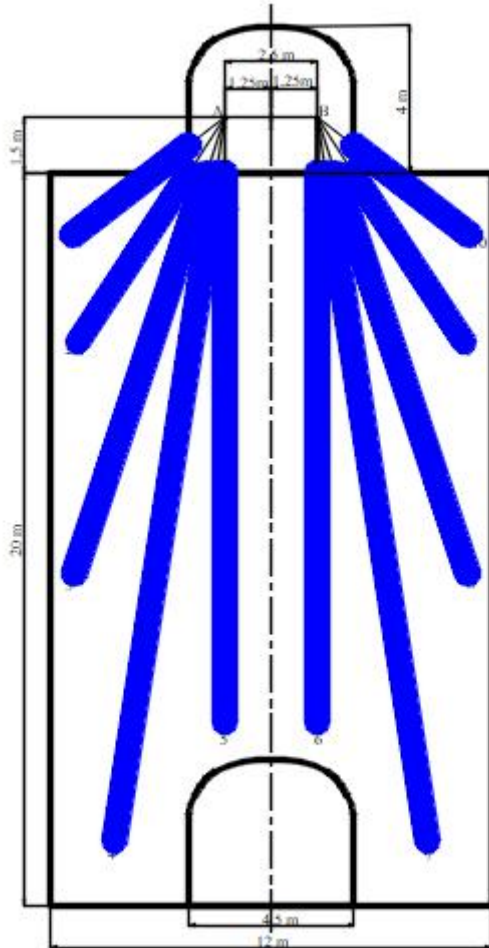
$R = 1 : 100$

Нагиб лезе бушотина у појасу мињања: 90°

Пречник бушотина (mm): 76

Површина појаса мињања (m^2): 223.35

Гарнитура за бушење: Типа SIMBA (SOLO)



Табела бушења

Бушотина	Центар	Дужина (m)	Број шипки	Угао	90°	Растојање од центра
1	A	4,0	2 3/4	141	37	1,25 L
2	A	5,5	3 3/4	121	57	1,25 L
3	A	11,5	7 3/4	106	72	1,25 L
4	A	18,5	12 1/2	97	81	1,25 L
5	A	15,0	10	90	90	1,25 L
6	B	15,0	10	90	90	1,25 D
7	B	18,5	12 1/2	81	81	1,25 D
8	B	11,5	7 3/4	72	72	1,25 D
9	B	5,5	3 3/4	57	57	1,25 D
10	B	4,0	2 3/4	37	37	1,25 D

Укупна дужина бушења (m): 109

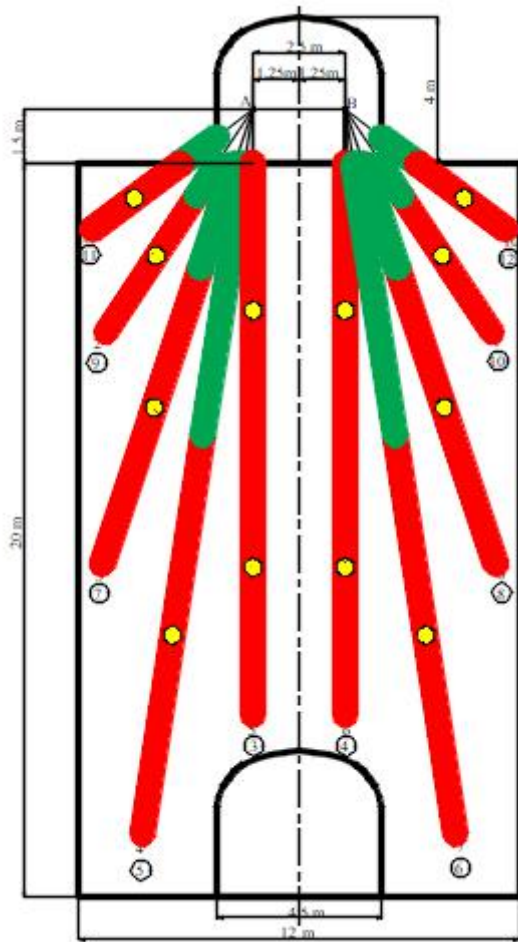
Дужина наставних шипки (m): 1.5

L - Премештање лево од централне линије, m

D - Премештање десно од централне линије, m

Слика 11. - Шема бушења минских бушотина

Шема пуњења минских бушотина
R = 1 : 100



Табела пуњења

Бушотина	Дужина (m)	Пуњење (m)	Празна (m)	Експл.	Детон.	Кол. експл. (kg)	Бустер (ком)
1	4,0	3,0	1,0	ANFO	MS-11	12,9	1
2	5,5	4,5	1,0	ANFO	MS-9	19,4	1
3	11,5	8,5	3,0	ANFO	MS-7	36,6	1
4	18,5	11,0	7,5	ANFO	MS-5	47,4	1
5	15,0	15,0	0,0	ANFO	MS-3	64,6	2
6	15,0	15,0	0,0	ANFO	MS-4	64,6	2
7	18,5	11,0	7,5	ANFO	MS-6	47,4	1
8	11,5	8,5	3,0	ANFO	MS-8	36,6	1
9	5,5	4,5	1,0	ANFO	MS-10	19,4	1
10	4,0	3,0	1,0	ANFO	MS-12	12,9	1

Укупна дужина пуњења (m): 84
 Укупна количина експлозива (kg): 362
 Линијска количина експлозива (kg/m): 4,31
 Појачивач тип: Пентонски појачник (бустер) PP-300, тежина 300g
 Детонатор тип: Nonel MS

Слика 12. - Шема пуњења минских бушотина

Бр. бушотина	Дужина бушења	Дужина пуњења	Дужина празне
	L_b (m)	L_{mp} (m)	L_p (m)
1	4,00	3,00	1,00
2	5,50	4,50	1,00
3	11,50	8,50	3,00
4	18,50	11,00	7,50
5	15,00	15,00	0,00
6	15,00	15,00	0,00
7	18,50	11,00	7,50
8	11,50	8,50	3,00
9	5,50	4,50	1,00
10	4,00	3,00	1,00
	109,00	84,00	25,00

Табела 10. - Бушење у лепеци са 10 бушотина

Потребно време за бушење и минирање

$$T_b = \frac{L_b}{n \times v \times \eta} + \frac{N}{n} \times t_{pb} + \frac{L_b}{l_s} \times 2 \times t_n + t_p + t_z, \text{ min}$$

где је:

L_b - дужина свих бушотина (109 m);

v - брзина бушења (0,5 m/min);

n - број бушаћих чекића (1);

N - број бушотина 10;

t_{pb} - време промене бушотине (5 min);

t_n - време стављања и скидања бушаћих шипки (0,5 min);

l_s - дужина бушаће шипке (1,5 m);

t_p - време припремно-завршних операција (30 min);

t_z - просечно време застоја (30 min);

η - редукциони коефицијент који узима у обзир стање опреме (0,8)

$$T_b = \frac{109}{1 \times 0,5 \times 0,8} + \frac{10}{1} \times 5 + \frac{109}{1,5} \times 2 \times 0,5 + 30 + 30 = 455,17 \text{ min}$$

$$T_b = 7,6 \text{ h} \approx 8 \text{ h}$$

Обим бушења:

За остварење максималне годишње производње од 2.000.000 t потребан обим бушења је:

$$L_{sm} = N_b \times Q_{sm}, \text{ m/смени}$$

$$L_{dn} = N_b \times Q_{dn}, \text{ m/дневно}$$

$$L_{mes} = N_b \times Q_{mes}, \text{ m/месечно}$$

$$L_{god} = N_b \times Q_{god}, \text{ m/годишње}$$

$$\text{Сменска производња руде износи:} \quad Q_{sm} = 1.852 \text{ t}$$

$$\text{Дневна производња руде износи:} \quad Q_{dn} = 5.556 \text{ t}$$

$$\text{Месечна производња руде износи:} \quad Q_{mes} = 166.667 \text{ t}$$

$$\text{Годишња производња руде износи:} \quad Q_{god} = 2.000.000 \text{ t}$$

$$L_{sm} = 0,092 \times 1.852 = 170,4 \text{ m/смени}$$

$$L_{dn} = 0,092 \times 5.556 = 511,3 \text{ m/дан}$$

$$L_{mes} = 0,092 \times 166.667 = 15.338,8 \text{ m/месечно}$$

$$L_{god} = 0,092 \times 2.000.000 = 184.065,9 \text{ m/години}$$

Број бушаћих гарнитура:

$$N_{BG} = \frac{L_{sm}}{n_{sm}}, \text{ гарнитура}$$

L_{sm} –потребан обим бушења у смени, 170,4 m/смени,

n_{sm} –норматив бушења у смени, 86,4 m/смени.

$$N_{BG} = \frac{170,4}{86,4} = 1,97 \text{ гарнитура}$$

Усваја се: $N_{BG} = 2$ гарнитуре и једна пунилица класе Anol-CC 1000

Време пуњења и иницирања

$$T_m = N \times t_p + N \times t_{пов} + t_{ин}, \text{ min.}$$

где је:

N - број бушотина (10);

t_p - време пуњења бушотине (10 min);

$t_{пов}$ - време повезивања ел. водова (1 min) и

$t_{ин}$ - време иницирања (5 min).

$$T_m = 10 \times 10 + 10 \times 1 + 5 = 115 \text{ min}$$

$$T_m = 1,9 \text{ h} \approx 2 \text{ h}$$

Време бушења и минирања једне лезе:

$$T_{bm} = T_b + T_m, \text{ min.}$$

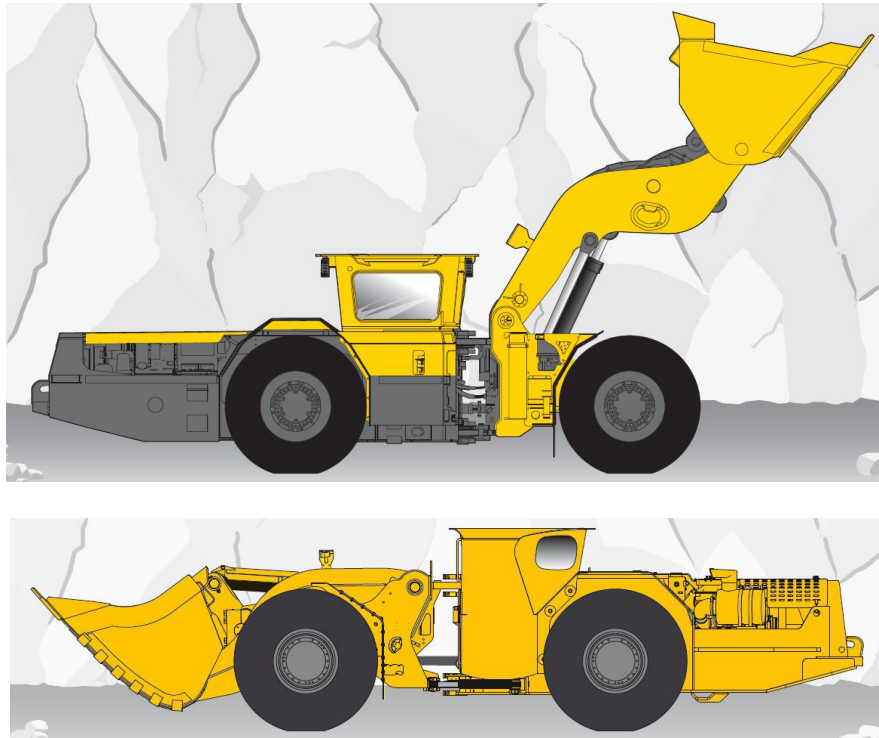
$$T_{bm} = 455,17 + 115 = 570,17 \text{ min}$$

$$T_{bm} = 9,5 \text{ h} \approx 10 \text{ h}$$

5.2. Утовар и транспорт руде

Одвоз руде из откопа се врши дизел утоварно-транспортном механизацијом, а на осталим дужим дистанцама дизел јамским камионима. Разлог за такву примену механизације јесу хоризонталне просторије отварања и разраде на етажама које представљају врло повољну трасу за ову врсту транспорта. Траса је изломљена па захтева и флексибилна транспортна средства, а утоварачи и јамски камиони се могу користити за превоз одређених репроматеријала и релативно су једноставни за одржавање.

У откопним утоварним ходницима врши се утовар одминираних руде помоћу дизел утоваривача са запремином кашике 5m^3 , а на утоварним рампама се претовара у јамске камионе са запремином сандука 10m^3 , којима се даље транспортује и истоварује у бункер истоварне станице или у рудна окна.



Слика 13. - Јамски утоварач, Scooptram ST7

Руда која се добија израдом просторија на етажама се спушта на утоварно-транспортну етажу.

За први експлоатациони захват, етажа на нивоу К-150 је утоварно транспортна, а за етаже горњих откопних нивоа К-130, К-110 и К-90 је сабирно транспортна. Овде се израђују два рудна окна којима се руда гравитационо спушта на ниво К-150. Руда се са етаже на К-150 камионима транспортује до бункера примарног дробљења СРО на XIX хоризонту одакле се гравитационо спушта на главни тракасти транспортер на ГТХ-235.

За други експлоатациони захват, етажа на нивоу К-225 је утоварно транспортна, а за етаже горњих откопних нивоа К-205, К-185 и К-165 је сабирно транспортна за примарно дробљење. Овде се такође израђују два рудна окна којима се руда гравитационо спушта на ниво К-225 где се истаче у бункере примарног дробљења чељусних дробилица. На етажи -225m у утоварно транспортном хоризонту руда се утоварује у камионе утоварачима и транспортује се до бункера примарног дробљења са чељусним дробилицама испод К-225 одакле се тракастим транспортером додаје на главни тракасти транспортер на ГТХ-240.

5.2.1. Прорачун капацитета утовара јамским утоварачем

$$UTI_{\varepsilon} = \frac{50 \times K_{uti}}{t + \frac{2 \times L_{sr}}{16,67 \times v}}, t / h$$

где је:

UTI_{ε} – часовни капацитет машине у t/h;

50 – време рада машине у једном сату у минутима (50 min);

K_{uti} – дозвољена тежина у кашици (9 t);

t - усвојено време утовара, истовара и маневрисања у једном циклусу, (2 min);

L_{sr} - средња дужина транспорта руде у m (150 m);

16,67 – константа за претварање km/h у m/min и

v - просечна брзина кретања утоваривача (пун-празан) (10 km/h).

$$UTI_{\varepsilon} = \frac{50 \times 9}{2 + \frac{2 \times 150}{16,67 \times 10}} = 118,43 \text{ } t/h$$

Потребан капацитет производње руде:

Сменска производња руде износи: $Q_{sm} = 1.852 \text{ t}$

Дневна производња руде износи: $Q_{dn} = 5.556 \text{ t}$

Месечна производња руде износи: $Q_{mes} = 166.667 \text{ t}$

Годишња производња руде износи: $Q_{god} = 2.000.000 \text{ t}$

Време утовара изминираних руде из лезеа при чему се истовремено минирају две лезеа:

$$T_{ul} = \frac{2 \times Q_l}{UTI_{\varepsilon}} = \frac{2 \times 1.206,1}{118,43} = 20,37 \text{ h}$$

$$T_{ul} = 20,4 \text{ h}$$

Могући капацитет утовара:

$$UTI_{sm} = 118,43 \times 6 = 710,59 \text{ t/sm}$$

$$UTI_{dn} = 710,59 \times 3 = 2.131,78 \text{ t/dan}$$

$$UTI_{mes} = 2.131,78 \times 30 = 63.953,43 \text{ t/mes}$$

$$UTI_{god} = 63.953,43 \times 12 = 767.441,11 \text{ t/god}$$

Број утоварача за годишњу производњу:

$$N_{uti} = \frac{Q_{god}}{UTI_{god}}, \text{ утоваривача}$$

$$N_{uti} = \frac{2.000.000}{767.441} = 2,6 \text{ утоваривача}$$

Усваја се број потребних утоварача:

$$N_{UTI} = 3 \text{ утоваривача}$$

Укупно време утовара изминираниог материјала:

$$T_{ut} = Q_g / UTI_{\check{c}}, \text{ h}$$

где је:

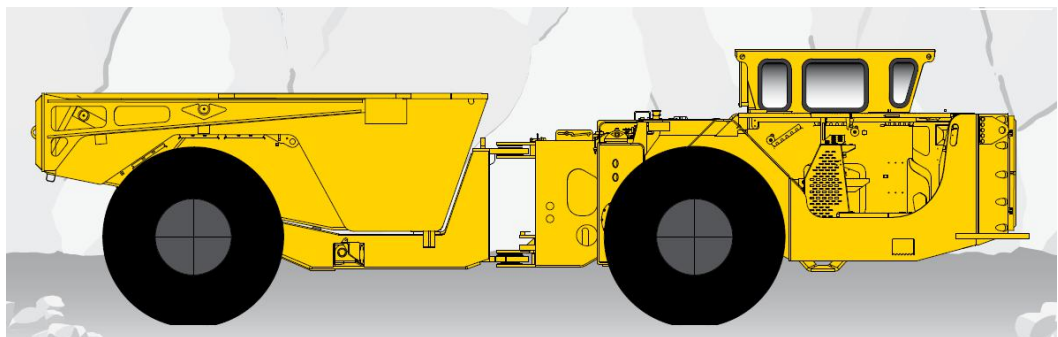
Q_g – потребна годишња количина руде из откопа (2.000.000 t) и

$UTI_{\check{c}}$ - утоварни капацитет утоварача (118 t/h).

$$T_{ut} = 2.000.000 / 118 = 16.949,15 \text{ h}$$

5.2.2. Прорачун капацитета транспорта јамским камионом

За транспорт до рудних окана користи се јамски камион типа Atlas Copco Minetruck MT2010 носивости 18t (10 m³).



Слика 14. - Јамски камион Atlas Copco Minetruck MT2010

$$JK_{\check{c}k} = \frac{50 \times KK_{jk}}{t + \frac{2 \times L_{sr}}{16,67 \times v}}, t/h$$

где је:

$JK_{\check{c}}$ - часовни капацитет камиона (t/h);

50 – време активног рада машине у једном сату (min.);

KK_{jk} – тежина руде у корпи камиона (18 t);

L_{sr} - средња дужина транспорта (500 m);

16,67 – константа за претварање km/h у m/min;

v – могућа просечна брзина у циклусу (15 km/h) и

t – време утовара, истовара и маневрисања у циклусу (min.).

$$t = t_u + t_i + t_m, \text{ min}$$

Време утовара камиона - $t_u = 9,12 \text{ min}$

Време истовара камиона - $t_i = 0,5 \text{ min}$

Време маневрисања камиона - $t_m = 2 \text{ min}$

$$t = 9,12 + 0,5 + 2 = 11,62 \text{ min}$$

$$JK_{\check{c}} = \frac{50 \times 18}{11,62 + \frac{2 \times 500}{16,67 \times 15}} = 57,62 \text{ t/h}$$

Сменски капацитет за 6h ефективног радног времена у смени:

$$JK_{sm} = JK_{\check{c}} \times t_{sm} = 57,6 \times 6 = 345,75 \text{ t/sm}$$

Дневни капацитет за тросменски рад износи:

$$JK_{dn} = JK_{sm} \times n_{sm} = 345,75 \times 3 = 1.037,24 \text{ t/dn}$$

Месечни капацитет за 30 радних дана износи:

$$JK_{mes} = JK_{dn} \times n_{dn} = 1.037,24 \times 30 = 31.117,27 \text{ t/mes}$$

Годишњи капацитет за 12 месеци износи:

$$JK_{god} = JK_{mes} \times n_{mes} = 31.117,27 \times 12 = 373.407,25 \text{ t/mes}$$

Потребан број камиона у раду за годишњу производњу:

$$N_{JK} = \frac{Q_{god}}{JK_{god}} = \frac{2.000.000}{373.407,25} = 5,4 \text{ камиона}$$

Усваја се број потребних јамских камиона:

$$N_{JK} = 6 \text{ камиона}$$

Укупно време одвоза изминираног материјала:

$$T_{ok} = Q_g / UTI_{\xi}, \text{ h}$$

где је:

Q_g – потребна количина руде из откопа (2.000.000 t) и

JK_{ξ} - утоварни капацитет камиона (57,6 t/h).

$$T_{ok} = 2.000.000 / 57,6 = 34.722 \text{ h}$$

Циклус камиона (туре-вожње):

$$N_c = \frac{Q_{sm}}{K_{jk}}, \text{ циклуса}$$

где је:

Q_{sm} – потребан сменски капацитет = 1.852 t/sm и

K_{jk} – тежина руде у камиону = 18 t.

$$N_c = \frac{1.852}{18} = 102,88 \text{ циклуса / смени}$$

За откопавање је потребно 6 јамских камиона, за сваки камион је потребно:

$$N_{cJK} = \frac{N_c}{N_{JK}} = \frac{103}{6} = 17,166 \text{ циклуса}$$

5.3. Проветравање радилишта у експлоатационим захватима и проветравање целе јаме

За проветравање првог експлоатационог захвата ЕЗ₁-150/-90 ради се ПВО-150/ХИИ које се на ХИИ хоризонту спаја са главним вентилационим окном ВО₄ преко вентилационог ходника и вентилационо транспортног ходника који је у вези са комором где су лоциране техничке бушотине засипа.

За проветравање другог експлоатационог захвата ЕЗ₂-225/-165 израђује се пролазно одводно вентилационо окно ПОВО-240/-150 које се повезује са ПВО-150/ХИИ преко ходника за проветравање и одводњавање ВОХ₂-150 на К-150m.

Свеж ваздух на радне нивое етажа доводиће се преко сервисних нископа (ХV-ХVII и ХVII-ХИХ) и етажних ходника, а истрошени изводити преко вентилационог окна на ХИИ хоризонт и ГВО и ВО₄.

Проветравање јаме се врши депресионим путем. Просечно се у јаму уводи 130m³/s ваздуха, а из ње изводи 135m³/s ваздуха. Јама је отворена сервисним окном од К+435m до К-105m, извозним окном од К+363m до К-137m, вентилационим окном ВО₄ до К+367 до К-76m као и са два помоћна вентилациона окна ВО₁ од К+396m до К+207m и ВО К+365m до К+62m.

Улазни отвори (просторије) су:

- Сервисно окно је површине попречног профила 32m² кроз које се уводи 90m³/s и

- Извозно окно, је површине попречног профила 25,5m² кроз које се уводи 40m³/s.

Излазне просторије су:

- Ветрено окно ВО₄ је површине попречног профила 6,2m² и кроз њега се изводи 85m³/s и

- Ветрено окно ВО₁ је површине попречног профила 9m² и кроз њега се изводило 50 m³/s али сада није у функцији због зарушавања дела цеви окна.

Ветрено окно се укључује по потреби, приликом обиласка старих радова.

Потребна количина ваздуха рачуна се по више критеријума:

- По захтеву запослених радника;
- По захтеву минималне брзине ваздуха;
- У односу на количину експлозива за минирање и
- При употреби машина са дизел моторима.

$$Q_{\text{УК}} = n \times (Q_{\text{vUUK}} + Q_{\text{vUS}} + Q_{\text{vC}} + Q_{\text{vUF}}), \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{УК}} = 1,2 \times (75,79 + 0,45 + 0,49 + 1,47) = 93,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{УК}} \approx 94 \text{ m}^3/\text{s}$$

РАЗВОЂЕЊЕ ВАЗДУХА

Развођење ваздуха на свим радилиштима обезбеђује потребне количине ваздуха, при следећим чињеницама:

- Проветравање лежишта изнад XIX хоризонта врши се успешно помоћу депресије рада главног вентилатора, на вентилационом окну VO₄ и помоћног вентилатора на помоћном вентилационом окну у XIII хоризонту;
- Довољна количина ваздуха за проветравање више радилишта у лежишту, прорачунато преко ангажованих дизел машина;
- Довољне количине ваздуха за проветравање транспортних, приступних, сервисних и других просторија у јама;
- Укључују се у шему проветравања сви постојећи објекти изолације и расподеле;
- Обезбедити минималне количине ваздуха за обилазак старих радова, а капацитет главног проветравања биће ангажован на експлоатацији руде у лежишту изнад XIX хоризонта и
- За повећање капацитета производње, изнад количина дефинисаних овим Пројектом или за радове на развијању рудника испод XIX хоризонта, потребно је изградити ново главно вентилационо окно.

5.4. Одводњавање експлоатационог захвата и целе јаме

Област у које је смештено лежиште припада континенталним климатским условима, са доста топлим летима и хладним зимама. Максималне средње количине падавина јављају се у пролећним месецима.

Сложена геолошка грађа, постојање стена различите структуре и порозности, интезивна тектонска поремећеност стенских маса условили су сложеност хидрогеолошких односа.

На оводњеност јаме утиче присуство старог површинског копа и старих радова од експлоатације рудних тела изнад XV и XIII хоризонта, као и постојање индустријских постројења по ободу површинског копа који испуштају отпадну воду, која се добрим делом колектором одводи изван захвата рудних тела.

Рудничке воде потичу из следећих извора:

- Подземни приливи из дела депресионог левка условљеног откопавањем руде;
- Прилив воде из засипа, због хидрауличног засипавања флотацијском јаловином;
- Прилив воде из процеса бушења минских бушотина и
- Прилив површинских вода преко старог површинског копа.

Јама се састоји од два независна система одводњавања, односно има два пумпна постројења са хидротехничким објектима где се вода сакупља и испумпава на површину:

- Систем на сервисном окну-објекти одводњавања и пумпно постројење XV хоризонта на К-76m и
- Систем на извозном окну-објекти одводњавања и пумпно постројење на К-100m.

Има и неколико помоћних пумпних постројења са хидротехничким објектима за одводњавање појединих нивоа, препумпавањем до главних система одводњавања. Помоћни системи су на главном транспортном нископу, на крају главног транспортног ходника у XIX хоризонту.

Новопроектване просторије на XVII хоризонту (етажни ходник) и главни транспортни ходник на XIX хоризонту, израђују се са падом према сервисном окну због одводњавања експлоатационог захвата преко главног одводњавања Јаме на Сервисном окну које за то има потребне капацитете.

Одводњавање нивоа XIX-XVII обавља се спуштањем вода кроз цевовод преко ПОВО-240/-150 или кроз водна окна (проширене бушотине разбушењем, машином за израду проширења у откопним коморама) и сакупљањем вода у водосабирник на К-240m, испумпавањем кроз ПОВО-240/-150 на К-147, потом истражним нископом у главни систем одводњавања на XV хоризонту, одакле се преко Сервисног окна испумпава на површину. Изнад XVII хоризонта обавља се спуштање воде кроз цевовод преко ПВО-150/XIII или кроз водна окна на К-147 и водосабирник XVII хоризонта.

Капајуће рудничке воде и отпадне технолошке воде из рударских просторија и откопа (комора) одводе се откопним и етажним ходницима.

Због одводњавања, откопни и подетажни ходници се израђују са нагибом од 5‰.

5.5. Управљање кровином у експлоатационом захвату

Током откопавања остављају се сигурносни стубови који имају функцију:

- Осигурања откопа и наткопног масива од зарушавања и
- Привременог средства осигурања откопа током експлоатације појединих делова лежишта или целог лежишта.

У коју сврху од ових ће бити остављени сигурносни стубови зависи од могућности или немогућности зарушавања површине терена изнад лежишта, вредности руде која се откопава и сигурности извођења рударских радова.

Распоређивање сигурносних стубова у откопу може да се врши систематски по правилном геометријском распореду или несистематским остављањем сигурносних стубова по неправилном геометријском распореду. Систематско остављање сигурносних стубова има предности због једноставнијег планирања производње и извођења радних операција. Насупрот тога несистематско остављање сигурносних стубова има значајне предности у случајевима

неједнакомерне распрострањености корисне компоненте у лежишту, при чему се ти стубови пројектују у сиромашнијим деловима лежишта.

5.6. Засипавање откопа пастом

Паста засип је мешавина финих честица везива и воде, који садржи између 72% и 85% чврсте материје тежински. Као везивно средство најчешће се користи Портланд цемент у проценту од 2% до 6% за постизање потребне чврстоће.

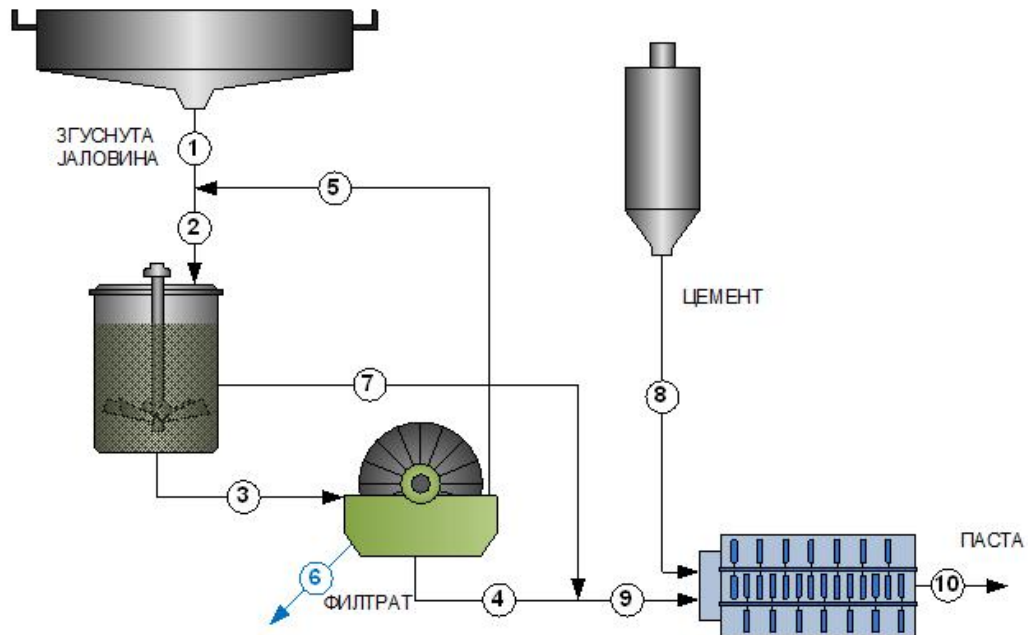
Паста засип састоји се од флотацијске јаловине, цемента и воде. У припреми пасте користиће се скупна флотацијска јаловина из постројења за прераду топионичке шљаке и постројења за прераду јамске руде. У својству везивног материјала користиће се портланд цемент са ознаком МР 30 42,5R, што значи да након 28 дана очвршћавања постиже минималну чврстоћу на притисак од 40МПа. Садржај чврсте компоненте у смеси кретаће се око 80% (садржај јаловине 74-77%, а цемента од 3-6%). Количина цемента у смеси зависиће од потребне чврстоће на притисак коју паста засип треба да задовољи. Локација постројења за справљење паста засипа је на површини терена изнад лежишта.

Од нивоа постројења за справљење паста засипа са површине терена до експлоатационог захвата лежишта израђују се четири техничке бушотине до нивоа К-205 за дистрибуцију паста засипа. Од постројења до бушотина уграђује се цевовод за транспорт паста засипа.

Основни полазни подаци за израду шеме кретања маса у постројењу за производњу паста засипа су:

- Капацитет производње паста засипа: 963 000 m³/god;
- Садржај чврстог у пасти 80 %;
- Садржај јаловине у пасти 74 – 77 %;
- Садржај цемента у пасти 3 – 6 %;
- Садржај чврстог у улазној пулпи (јаловини) 50 %;
- Густина јаловине 2700 kg/m³;
- Густина цемента 3000 kg/m³ и

- Број ефективних радних сати годишње: 7884 h.



Слика 16. - Шема кретања маса у постројењу за прављење паста засипа

Укупна инвестициона улагања на изградњи постројења паста засипа са новом опремом, изградњом бушотина и целокупне дистрибуционе мреже износе 10.500.000 USD.

Након чишћења коморе од изминираних руда празнина мора да се припреми за засипавање. На сваком прилазном ходнику у доњем делу откопане коморе морају се поставити барикаде којима се затвара приступ откопаном коморама како би се спречило изливање пасте из простора откопане коморе. Изливањем пасте угрозила би се подземна инфраструктура. Барикаде могу бити од дрвета, резане грађе, челичних профила, заварене жичане мреже, блок-цигла, прскани бетон и јаловине. Најједноставнији начин да се изгради барикада укључује постављање стенског материјала (јаловине) на чело коморе од око 3m висине у комбинацији са завареном жичаном мрежом која се по ободу ходника вари на постављене анкере који су прстенасто распоређени по профилу ходника. Заварена мрежа се поставља по пуној димензији попречног пресека ходника. Мрежа се у потпуности покрива саргијом и затим се приступа прскању бетоном. Прскају се по 3 пута од 100mm дебели слојеви и формира се барикада. У барикаду се могу инсталирати вибро жице пиезометара за мерење притиска (Глушчевић, Б., 1974.),



Слика 17. - Израда барикаде са мрежом и прсканим бетоном

Ради повећања сигурности на барикадама може се применити и фазно пуњење откопаних комора.

Барикаде се могу израдити и од носеће конструкције клинастих анкера у мрежном распореду, који се по средини спајају варењем. Уграђују се пнеуматским или ручним чекићем. На анкерима се причвршћује грифовано плетиво 50x50x5mm преко кога се наноси торкрет бетон коначне дебљине 20cm. Да се торкрет бетон не би растурао по профилу ходника иза анкера према откопу уграђује се платно (саргија, пластична мрежа и сл.). После стврдњавања торкрет бетона утоварачем се наноси ископина ситнијег гранулометријског састава на бараж до могуће висине $\approx 3m$, за повећање статичке сигурности.

Вертикалне бушотине за снабдевање материјала за запуњавање од површине до нивоа експлоатације су дужине ≈ 500 , односно $\approx 600m$ и пречника 300mm.

Бушотине су обложене металним чаурама (челичним цевима), кроз које су убачене одговарајуће челичне или полиетиленске цеви са спољним пречником од 225mm и унутрашњим пречником од 124mm. Транспортне цеви уграђене у бушотине после одређеног хабања се замењују.

Транспорт материјала у јами на етажним нивоима врши се преко 8'' челичних цеви инсталираних у плафону приступних етажних ходника. Полиетиленским цевима се обезбеђује испорука материјала за запуњавање од главног цевовода до простора откопаних комора кроз откопне ходнике.

6. ДИНАМИКА ОТКОПАВАЊА

Откопавање почиње од етажног ходника EX_1 , односно откопавају се коморе од граничне контуре рудног тела до етажног ходника EX_1 . Док се откопавање одвија у том сектору врши се припрема од етажног ходника EX_2 изградом откопних ходника у том другом сектору и тако све до основног етажног ходника односно до граничне контуре откопних блокова, јер је етажни ходник израђен ван контуре г.г.с од 0.4% Cu у руди.

Динамиком откопавања је дефинисано да се откопавање у експлоатационим захватима врши паралелно у оба захвата, са следећим капацитетом годишње производње:

- 1. експлоатационог захвата од 700 000t годишње;
- 2. експлоатационог захвата од 1300 000t годишње.

Могуће је изградњу тих просторија извршити за годину дана.

7. СТЕПЕН ИСКОРИШЋЕЊА ЛЕЖИШТА И ВЕК

ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Код метода где морамо оставити сигурносне плоче и стубове, у њима остаје већи део рудних резерви. Губици настају и у лежиштима са нејасним контактом руде и јаловине. Дозвољени губици за нископроцентне руде износе од 15 до 20% а понекад и до 30%.

За одређивање искоришћења и осиромашења руде при примени наведене методе откопавања коришћене су категорије рудне резерве А, Б и Ц₁ које се налазе у деловима ова два експлоатациона захвата. За усвојену методу откопавања и услове лежишта утврђују се искоришћења $I_r = 90\%$ и осиромашења $O_r = 0\%$.

На осиромашње највећи утицај има број површина контакта руде и јаловине. Овде тог контакта готово да и нема јер су откопне коморе лоциране у самој руди, једино код крајњих комора где је контакт са рудом мањег садржаја бакра и износи 3%. Овде се цело рудно тело откопава, како по вертикали тако и по хоризонтали, што обећава веће искоришћење руде.

Укупни век експлоатације руде у генералном експлоатационом захвату изнад XIX хоризонта са производњом изнад 2.000.000 тона годишње износи преко 20 година.

Ако са Q_{EZ} означимо експлоатационе резерве лежишта, а век експлоатације тих резерви са V_{EZ} година:

$$V_{EZ} = \frac{Q_{EZ} \times i_r}{Q_g(1 - O_r)}, t$$

$$V_{EZ} = \frac{51.658.560 \times 0,9}{2.000.000 \times (1 - 0)} = 23,25 \approx 23 \text{ године}$$

Како је динскимом откопавања дефинисано да се откопавање у експлоатационим захватима врши паралелно у оба захвата истовремено онда би капацитет годишње производње из I експлоатационог захвата -90/-150 био 700.000t годишње.

Време експлоатације за I експлоатациони захват -90/-150:

$$V_{EZ1} = \frac{18.429.120}{700.000} = 26,327 \approx 26 \text{ година}$$

Капацитет годишње производње из II експлоатационог захвата -165/-225 био би 1.300.000t годишње.

Време експлоатације за II експлоатациони захват -165/-225:

$$V_{EZ2} = \frac{28.063.584}{1.300.000} = 21,587 \approx 23 \text{ године}$$

8. МЕРЕ ТЕХНИЧКЕ ЗАШТИТЕ, БЕЗБЕДНОСТИ И

ЗДРАВЉА НА РАДУ

Према члану 194. и 195. Правилника о техничким нормативима за подземну експлоатацију металичних и неметаличних минералних сировина, откопавању лежишта може се приступити тек након успостављања проточног проветравања јаме и након завршених пројектованих припремних радова. Изабрана метода откопавања не сме да угрози запослене раднике и мора да омогући сигурно повлачење са радилишта у случају опасности.

Према члану 200., истог правилника, откопавање без подграђивања дозвољено је само за минералне сировине и пратеће стене за које се на основу испитивања зна да су довољно компактне и да омогућавају такав начин рада. У том случају рударски пројекат мора садржати и поступак провере стабилности таквих просторија.

Члан 205. каже да радници не смеју за време рада бушаћих, утоварно-транспортних и других машина на откопу бити у зони њиховог дејства.

Пројектована метода за откопавање лежишта је са засипавањем. Члан 224. каже да откопавање у коморама непосредно поред коморе која се засипава није дозвољено пре потпуног очвршћавања засипа. То време дефинише се у рударском пројекту („Сл. Лист СФРЈ” , бр. 24/91).

За безбедан и здрав рад, код заснивања радног односа или код промене места рада или увођења нове технологије, послодавац је дужан да изврши оспособљавање запосленог. При томе мора да га упозна са свим врстама ризика на пословима које обавља и конкретним мерама за безбедност и здравље на раду.

Руковање опремом и ремонт исте обезбеђује се строгим придржавањем норми и прописа.

Важно је заштитити објекте, постројења и опрему од потенцијалне опасности, околину од штетних утицаја, али пре свега обезбедити средства за личну заштиту и организацију прве помоћи.

Процес експлоатације и прераде руде захтева примену комплексних мера

заштите.

У циљу спречавања професионалних обољења и повреда на раду, радници морају да имају лична заштитна средства у зависности од услова рада, степена опасности и штетности на радном месту. Сваки радник мора бити обучен из заштите од пожара и за правилно активирање противпожарног апарата који је постављен на машини. Контролу бројног стања и исправности ових апарата врше непосредни радници.

9. ЗАКЉУЧАК

За откопавање лежишта бакра, на основу физичко-механичких и геолошких карактеристика, дубине залегања, нагиба и сл, изабрана је коморно стубна метода са блоковским откопавањем и засипавањем откопа пастом. Откопавање руде из комора се обавља у две фазе. У првој, примарној фази откопава се свака друга комора, док неоткопане коморе имају функцију стубова и формира се привремена самонесећа конструкција. Откопане коморе у првој фази се запуњавају паста засипом, који после очвршћавања постаје саствани део конструкције. У другој секундарној фази откопавају се преостале коморе које су имале функцију стубова и после откопавања се засипавају паста засипом.

Укупне резерве бакра у лежишту износе 51.658.560t, док планирани годишњи капацитет износи 2Mt.

Рудно тело је отворено системом етажних ходника из сервисних ускопа и нископа и одређеним бројем вертикалних окана намењених проветравању, одводњавању и транспорту руде.

Подграђивање хоризонталних подземних просторија се врши комбинацијом торкрет бетона, анкера и мреже. Док се вертикалне просторије подграђују анкер-мрежом и веначном дрвеном подградом.

Откопни циклус чине бушење и минирање, утовар и транспорт руде, засипавање откопа пастом, вентилација и одводњавање рудника. Бушење се изводи гарнитуром SIMBA S7D, а за минско пушење се користи ANFO експлозивна смеша. Утовар се обавља утоварачем Atlas Copco Scooptram ST7, а транспорт дизел јамским камионом Atlas Copco Minetruck MT2010.

Рад је организован у три смене у четири бригаде.

Откопавање у експлоатационим захватима се врши паралелно у оба захвата, са могућношћу изградње откопних просторија за годину дана.

Планирани век експлоатације рудног тела је око 23 године.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушчевић, Б., 1974. Отварање и методе подземног откопавања рудних лежишта, Рударско-геолошки факултет, Београд
2. Институт за рударство и металургију Бор, 2010. Допунски рударски пројекат експлоатације руде бакра из лежишта Борска река изнад XIX хоризонта (К-235m) са очувањем површине терена, Бор
3. Јовановић, П., 1990. Израда јамских просторија, Рударско-геолошки факултет, Београд
4. Торбица, С., Лапчевић, В., 2020. Методе подземног откопавања, Рударско-геолошки факултет, Београд
5. „Правилник о техничким нормативима за подземну експлоатацију металичних и неметаличних минералних сировина”, „Сл. Лист СФРЈ” , бр. 24/91 (17.09.2022.)

URL:

https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik_o_tehnickim_normativima_za_podzemnu_eksploataciju_metalicnih_i_nemetalicnih_mineralnih_sirovina.html

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Светлана Малетић

Број индекса Р31/18

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Приказ методе подземног откопавања у два откопна
захвата на примеру лежишта Бакра

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да писам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 10.09.2022.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Светлана (Милисав) Малетић

Број индекса РЗЛ/18

Студијски програм Рударско инжењерство

Наслов рада Приказ методе подземног откопавања у два
откопна захвата на примеру лежишта бакра

Ментор проф. др Бранко Глушчевић

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 20.09.2022.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Приказ методе подземног откопавања у два откопна захвата на примеру лежишта бакра

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 20.09.2022.

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
 2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
 3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
 4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
 5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
 6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-

ПОТВРДА

О ПРЕДАЈИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА

Потврђује се да је студент Светлана (Милисав) Малетић,
(име (име родитеља) презиме)

бр. индекса РЗП / 18 предао/ла електронску верзију завршног рада на
основним/мастер академским студијама под насловом:

Приказ методе подземног откопавања у два откопна
захвата на примеру лежишта бакра

који је урађен под менторством проф. др Бранко Глушчевић
(име, презиме и звање)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РФФ-а.

Потврда се издаје за потребе Одељења за студентска и наставна питања и не може се
користити у друге сврхе.

У Београду, 20.09.2022.

Библиотекар
