



ЗРГИМ

**XV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

**18 ÷ 20. 10. 2024 година
Струга**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

XV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

од 18 ÷ 20. 10. 2024 година, Струга

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:
**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија
www.zrgim.mk

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Проф. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

Борис Ткалчев

Печатница:

“2–ри Август”, Штип

Година:

2024

Тираж:

150 примероци

Место на издавање:

Кавадарци

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'24 (15; 2024; Струга)
Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XV
стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'24 од 18-20.10.2024 година, Струга;
[главен и одговорен уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:
Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2024.-281 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите
ISBN 978-608-65530-8-1

а) Рударство -- Експлоатација -- Минерални сировини -- Собири
COBISS.MK-ID 64529157

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ "ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ" - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР

Претседател:

Проф. д-р **Зоран Панов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија.

Членови на научниот одбор:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Зоран Панов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Дејан Мираковски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Благој Голомеов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Блажо Боев**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ристо Дамбов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Орце Спасовски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Војо Мирчовски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Николинка Донева**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ѓорѓи Димов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Милорад Јовановски**, Градежен факултет, УКИМ, Скопје, Северна Македонија;

Проф. д-р **Виктор Гавриловски**, Машински факултет, УКИМ, Скопје, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;

Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;

Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;

Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;

Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;

Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;

Проф. д-р **Иваило Копрев**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;

Проф. д-р **Димитар Анастасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;

Проф. д-р **Павел Павлов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;

Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;

Проф. д-р **Кемал Зекири**, Факултет за геонауки, Митровица, Косово;

д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР

Претседател:

Митко Крмзов, Геомин, Струмица.

Потпретседатели:

Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, ФПТН, УГД, Штип;

м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;

Емил Јорданов, ГД “Гранит” АД, Скопје.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, Рудник “Бучим”, Радовиш.

Членови на организациониот одбор:

м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;

м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;

м-р **Лазе Атанасов**, ДИТИ, Скопје;

м-р **Горан Стојкоски**, ЗРГИМ, Прилеп;

м-р **Сашо Јовчевски**, Стентон градба, Битола;

м-р **Андреј Кепевски**, Цементарница “Усје”, Скопје;

м-р **Дејан Ивановски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;

Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;

Пепи Мицев, “Геомин”, Струмица;

Зоран Костоски, Мармобианко, Прилеп;

Авдуш Јонузи, ДИТИ Скопје;

Драгана Керазовска Маркова, Алфатек, Скопје;

Георге Микропоулос, SKM Drill, Кавадарци;

Ивица Карапетров, Рудник “Бучим”, Радовиш;

Тони Митевски, Рудник “САСА”, М. Каменица;

Александар Стоилков, АД ЕСМ, Скопје;

Миланчо Дамески, МИСА-МГ, Скопје;

Сашко Дамески, МИСА-МГ, Скопје;

Лазар Пончев, Машинокоп, Кавадарци;

Игор Трајанов, Рудник “Бучим”, Радовиш;

Виктор Шотаровски, Metso, Скопје;

Васко Саламовски, Metso, Скопје;

Илија Лозановски, “Теиком Тим”, Битола.

**XV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –**

18 Октомври 2024, Струга
Република Северна Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ

XV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

**Струга
18 ÷ 20. 10. 2024 год.**

ПРЕДГОВОР

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржуваше секоја година во месец ноември. По пауза од три години, поради пандемијата од COVID-19, започнува со одржување во октомври. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно - истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните четиринаесет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022 и 2023 год.) учествуваа повеќе автори од 12 држави, кои презентираа 398 стручни трудови.

За ова петнаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '24) пријавени се 31 труда, на автори од 3 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. С. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



AMGEM

XV EXPERT CONFERENCE THEMED:

“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”

PODEKS - POVEKS '24

Struga
18 ÷ 20. 10. 2024.

FOREWORD

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, was been organized annually during November. After a three-year hiatus, due to the COVID-19 pandemic, starts taking place in October. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 12 countries participated in the previous fourteen conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022 and 2023) presenting 398 expert papers.

Thirty-one authors from 3 countries have registered their expert papers for the XVth conference (PODEKS - POVEKS '24).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of North Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



ЗРГИМ

XV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

Струга

18 ÷ 20. 10. 2024 год.

СОДРЖИНА

ПОЈАВИ И МОЖНОСТИ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ ОД ДЕЛЧЕВО-ПЕХЧЕВСКИОТ ГРАБЕН * Ласте Ивановски, Ванчо Ангелов, Бојан Ивановски, Александар Стоилков, Маја Јованова....	1
УЛОГА И ЗНАЧЕЊЕ НА ГЕОЛОШКО-ЕКОНОМСКА ОЦЕНКА ВО РАЗЛИЧНИТЕ ФАЗИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО НА МИНЕРАЛНИТЕ СУРОВИНИ * Милица Николова Паневска, Благица Донева, Орце Спасовски.....	12
ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА БАСЕНОТ КАЈ С.МОЈНО ЗА ПРОНАОЃАЊЕ И ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЈАГЛЕН * Бојан Ивановски, Александар Стоилков, Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски.....	20
ДЕТАЛНИ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА КАЈ НАОЃАЛИШТЕТО ПОДЦУЦУЛ * Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски, Бојан Ивановски.....	30
MODELING THE GEOMORPHOLOGY OF ORE BODIES IN THE TREPÇA MINE USING THE TOOL 'GM OREBODY 1.0' * Berat Sinani, Ivan Boev, Arianit Reka, Bahri Sinani, Elida Lecaj, Adelina Haskaj, Blazo Boev.....	40
ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОТРЕБНИТЕ КОЛИЧИНИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА АГРОГЛОБАЛ ТРЕЈД ДОО СКОПЈЕ, ПОДРУЖНИЦА 1 КОКИ ЛУКС СВЕТИ НИКОЛЕ * Милица Николова Паневска, Благица Донева, Орце Спасовски.....	49
ПОСТАВУВАЊЕ НА ИНТЕРНА ГЕО-ПОЗИЦИОНА МРЕЖА ЗА МОНИТОРИНГ НА ВРАБОТЕНИТЕ ВО РУДНИЦИТЕ * Александар Петровски, Стојанче Мијалковски	60

ТЕХНИЧКО РЕШЕНИЕ ЗА НЕПРЕДВИДЕНИ УСЛОВИ-ПОСТОЕЊЕ НА ПОДЗЕМНИ РУДАРСКИ РАБОТИ ПРИ ИЗГРАДБА НА ЕКСПРЕСЕН ПАТ * Игор Ивановски, Зоран Десподов, Гоше Петров, Ванчо Ангелов.....	68
ПРИМЕНА НА ML ПРИ ПРОЦЕНКА НА ГЕОТЕХНИЧКА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОПОВИ * Зоран Панов, Душан Биков, Радмила Каранакова Стефановска.....	79
СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИТЕ НА Р. КАЗАНДОЛ * Горан Сарафимов...	89
ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНА СУРОВИНА - ВАРОВНИК НА ЛОКАЛИТЕТ „ИЗВОР“, ОПШТИНА КИЧЕВО * Кирил Демјански, Никола Чапов, Љупче Ефнушев, Сребро Томов.....	100
СЕИЗМИКА ПРИ МИНИРАЊА И ВИБРАЦИИ * Благица Донева.....	109
ПРОТОТИП НА СИСТЕМ ЗА СЛЕДЕЊЕ НА СЕИЗМИЧКИ НАСТАНИ ПРЕДИЗВИКАНИ ОД МИНИРАЊА НА ПОВРШИНСКИ КОПОВИ * Душан Биков, Зоран Панов, Ристо Поповски.....	118
СЕИЗМИЧКИ ЕФЕКТИ ПРИ МИНИРАЊЕ НА ПОВРШИНСКИ КОП “ЗЕБРЊАК“, О. КУМАНОВО * Илија Дамбов, Ристо Дамбов, Емил Јорданов, Драгана Черних, Катерина Дрогрешка	127
ИЗБОР НА НАЧИН ЗА ОТВОРАЊЕ НА ПОДЗЕМЕН РУДНИК * Стојанче Мијалковски, Александар Лазаровски, Николинка Донева.....	137
OVERALL PIT WALL MONITORING AT THE ASAREL MINE * Ivan Andreev, Stoyana Skachkova.....	145
КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ЗА ПРОЕКТИРАНИ И ПОТРОШЕНИ МАТЕРИЈАЛИ ПРИ ИЗГРАДБА НА БАРИКАДИ ОД ПРСКАН БЕТОН * Николинка Донева, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски, Тони Митевски, Цеце Стојчев.....	154
ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД НА РУДАРСКА ИЗВОЗНА ПОСТРОЈКА * Игор Максимов, Зоран Десподов, Горан Сековски	164
DEVELOPMENT OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS (MCDM) IN THE MINING INDUSTRY * Ujmir Uka, Risto Dambov, Kemajl Zeqiri.....	174
ИЗБОР НА МЕСТОПОЛОЖБА НА РУДАРСКИ МАГАЦИН СО ПРИМЕНА НА ПРОМЕТНЕЕ МЕТОДАТА * Стојанче Мијалковски, Васко Стефанов, Дејан Мираковски.....	182
КОНВЕРЗИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ГАСОВИТИ ГОРИВА СО ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски	189

УНАПРЕДУВАЊЕ НА БЕЗБЕДНОСТА ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА ПРЕКУ ПОДОБРУВАЊЕ НА БЕЗБЕДНОСНАТА КУЛТУРА И ЛИДЕРСТВО ЗА БЕЗБЕДНОСТ * Станке Тасковски, Борче Гоцевски, Стојанче Мијаловски, Марија Хаџи – Николова.....	197
ДЕТЕКЦИЈА НА ЛИЧНА ЗАШТИТНА ОПРЕМА ПРЕКУ АВТОМАТСКИ СИСТЕМИ БАЗИРАНИ НА КОМПЈУТЕРСКА ВИЗИЈА И МАШИНСКО УЧЕЊЕ * Ванчо Аџиски.....	206
ТЕХНОЛОГИЈА НА ОДЛАГАЊЕ НА ОТКРИВКА СО ОДЛАГАЧОТ A2RSB-5500X60 ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ЈАГЛЕН * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски.....	216
MINING, MINE CLOSURE, POST-MINING AND TRANSITION * Kemajl Zeqiri.....	225
CREATION OF EXCEL ADD-INS FOR ANALYSIS AND VISUALIZATION OF HEAVY METAL DISTRIBUTION IN CONTAMINATED ENVIRONMENTS * Elida Lecaj, Bahri Sinani, Adelina Haskaj, Berat Sinani.....	230
ANALYSIS OF PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WASTEWATER DISCHARGES INTO THE LEPENC RIVER * Adelina Haskaj, Musaj Paçarizi, Sonia Lepitkova.....	238
REDUCING THE AMOUNT OF LANDFILLED WASTE BASED ON THE COMPOSITION AND AMOUNT OF WASTE IN THE REGION OF MITROVICA, KOSOVO * Bahri Sinani, Blažo Boev, Ivan Boev, Arianit Reka, Berat Sinani, Elida Lecaj, Adelina Haskaj.....	244
DISTRIBUTION OF BISMUTH (BI) IN ORE BODIES OF HORIZONS VIII, IX, X AND XI IN THE TREPÇA MINE * Festim Kutllovci, Berat Sinani.....	255
УНАПРЕДУВАЊЕ НА ЛЕГИСЛАТИВАТА ЗА ПОБРЗО ДОБИВАЊЕ НА ОДОБРЕНИЕ ЗА ГРАДЕЊЕ ЗА ХИДРОТЕХНИЧКИТЕ ОБЈЕКТИ * Лидија Зафировска.....	262
ВЛИЈАНИЕТО НА СЕИЗМИКАТА ОД МИНИРАЊЕТО НА КАМЕНОЛОМ “ЗЕБРЕЊАК“- ГРАНИТ ВРЗ СПОМЕНИКОТ “ЗЕБРЕЊАК“ * Ненад Јованоски, Миле Стефанов, Зоран Ужевски, Боро Томашевски.....	273



ЗРГИМ

XV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални суровини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

Струга
18 – 20. 10. 2024 год.

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ЗА ПРОЕКТИРАНИ И ПОТРОШЕНИ МАТЕРИЈАЛИ ПРИ ИЗГРАДБА НА БАРИКАДИ ОД ПРСКАН БЕТОН

Николинка Донева¹, Зоран Десподов¹, Стојанче Мијалковски¹,
Тони Митевски², Цеце Стојчев²

¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип,
Северна Македонија

²Рудник „Саса“, М. Каменица, Северна Македонија

Апстракт: При примена на методата за откопување со заполнување празните простори по откопување на рудното тело истите се заполнуваат со рудничка јаловина од подготвителните работилишта или пак флотациска јаловина збогатена со врзиво средство, донесена од површината.

При примена на флотациска јаловина како материјал за заполнување неопходно е пред заполнувањето на одреден откопан простор истиот да се прегради (ограничи) со барикада. Во овој труд се прикажани фазите на изградба на барикади од прскан бетон, исто така направена е компаративна анализа на проектираните и потрошените материјали при нивна изградба.

Клучни зборови: анкери, мрежа, цевки за заполнување, заполнување, хидротранспорт.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGNED AND CONSUMED MATERIALS DURING SHOTCRETE BULKHEAD CONSTRUCTION

Nikolinka Doneva¹, Zoran Despodov¹, Stojance Mijalkovski¹, Toni Mitevski²,
Cece Stojchev²

¹Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

²Sasa mine, M. Kamenica, North Macedonia

Abstract: When applying the cut and fill mining method, the empty spaces after excavation of the ore body are filled with mine tailings from the preparatory workshops or flotation tailings enriched with a binding agent, brought from the surface.

When using flotation tailings as a filling material, it is necessary to partition (limit) a certain excavated area with a bulkhead before filling it.

In this paper, the stages of shotcrete bulkhead construction are shown, a comparative analysis of the projected and consumed materials during their construction is also made.

Key Words: anchors, mesh, fill pipes, backfill, hidro transportation.

1. ВОВЕД

Откопувањето во јама претставува производен процес во кој се добива корисната минерална суровина.

Методите за откопување на минерални суровини според начинот на одржување на празниот простор се класифицирани на:

1. Методи за откопување со зарушување,
2. Методи за откопување со пополнување на празните простори,
3. Магацинско откопување,
4. Методи за откопување со отворени откопи.

Сите овие методи имаат повеќе варијантни решенија, зависно од условите во кои се применуваат [1].

При примена на методата за откопување со пополнување на празните простори по откопување на рудното тело истите се пополнуваат со рудничка јаловина од подготвителните работилишта или пак флотациска јаловина збогатена со врзиво средство, донесена од површината.

При примена на флотациска јаловина како материјал за пополнување неопходно е пред пополнувањето на одреден откопан простор истиот да се прегради (ограничи) со барикада. Материјалот за пополнување уште се нарекува и паста, истиот може да биде составен од следниве компонентни: згусната флотациска јаловина, цемент, летечка пепел-производ на термоцентралите и вода.

Постојат неколку типови на барикади кои се користат за да се задржи пополнувањето со паста во откопите, тоа се:

- Сидана барикади од тули;
- Дрвени барикади;
- Преграда од јалови карпи;
- Хибридни барикади што се состојат од куп од јалови карпи (преграда) и над нив прскан бетон;
- Рамни барикади од прскан бетон со арматура (влакна и/или арматури);
- Лачни (закривени) барикади од прскан бетон.

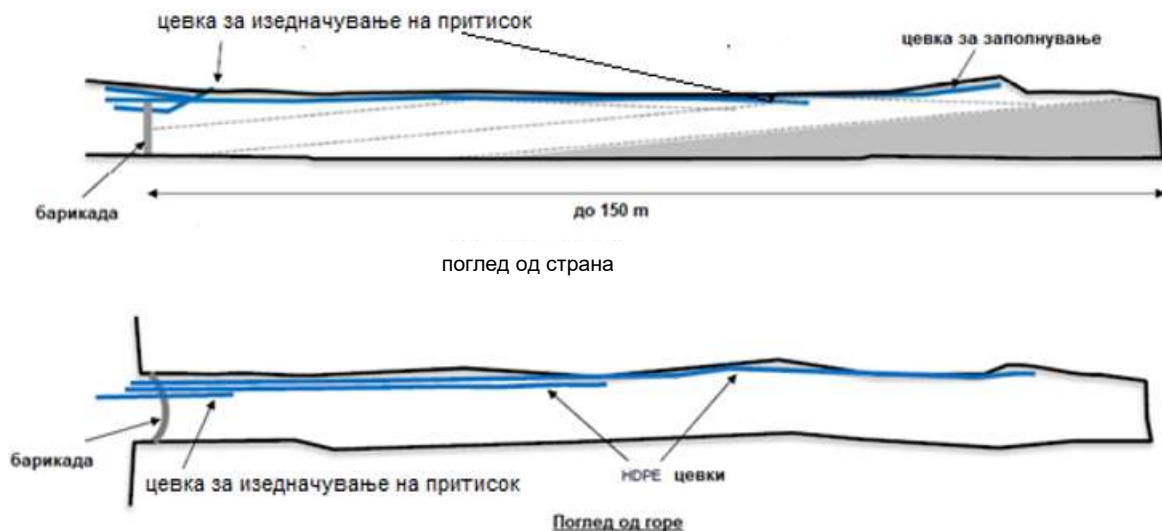
Со исклучок на лачните барикади од прскан бетон, останатите опции имаат или ограничен капацитет или немаат соодветна основа за инженерски дизајн. Најдобра достапна практика во рударството е да се користат прекривни лачни барикади за задржување на свежо поставеното хидраулично пополнување-паста [2].

Барикадите се поставуваат пред да започне пополнувањето, освен нивната изградба во подготвителни работи во оваа фаза спаѓаат и:

- прицврстување на цевките за пополнување,
- цевка за изедначување на притисок,
- поставување на цевките за одводнување на засипот и др.

После зацврстување на барикадата се пристапува кон вградување на засипот во вид на паста.

На почетокот заради проверка на линијата во цевководот ќе се пушта чиста вода, а потоа паста. Инженерот одговорен за пополнувањето на операторот во постројката за производство на паста му ги доставува сите неопходни информации во врска со пополнувањето, како што се: локација на просторот за пополнување, волумен на просторот, содржина на цемент во пастата, потребна цврстина на пастата и др.



Слика 1. Приказ на принципот на вградување на паста за пополнување [2]

2. ИЗГРАДБА НА ЛАЧНА БАРИКАДА ОД ПРСКАН БЕТОН

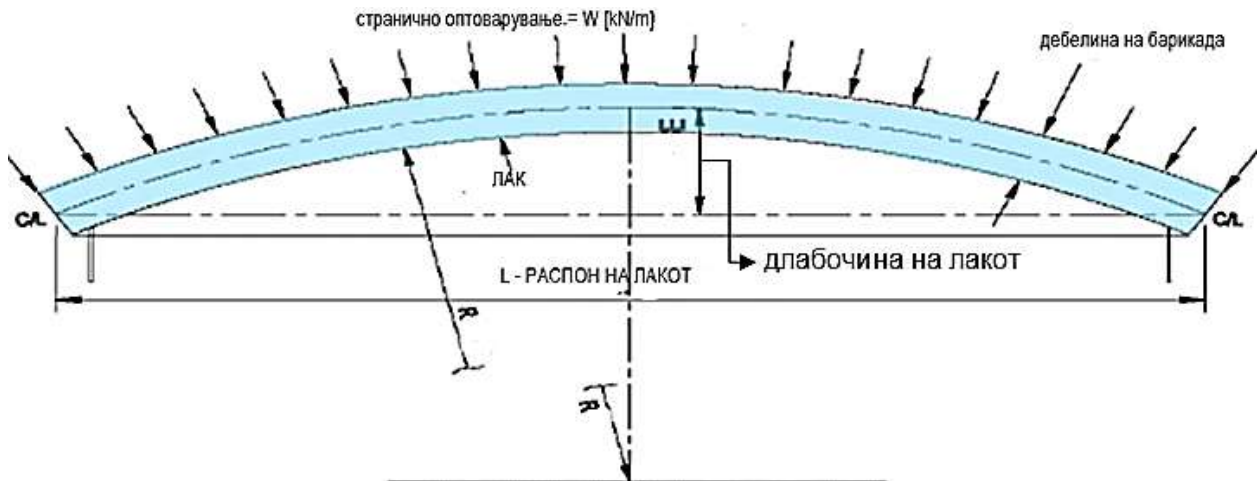
2.1. Основни принципи при проектирање на лачни барикади од прскан бетон

Лачните барикади од прскан бетон се супериорни во однос на рамните ѕидани барикади, бидејќи заоблениот профил ја искористува високата цврстина на притисок на прсканиот бетон. Аксијалните сили, развиени во рамките на лакот под притисок, се пренесуваат во карпестата маса, со што преградата работи во притисок, наместо во смолкнување или свиткување.

Потребната дебелина на преградата е функција на големината на откопот и јачината во раната старост на прсканиот бетонот. Постапката што се користи за одредување на оптоварувањата на барикадите и дебелината на прсканиот бетон е следна:

1. Да се одреди σ_c – едноаксијалната притисна цврстина на прсканиот бетон за рана старост - обично на 1, 2, 3 и 4 дена од вградувањето;
2. Да се пресмета максималниот пораст на полнењето за време на почетната фаза на полнење;
3. Да се одреди соодветното оптоварување на барикадата при фактор на сигурност $f_s = 1,5$ и густина на полнење во форма на кашеста маса [2] [3] [4];
4. Користејќи го оптоварувањето на барикадата и σ_c на прсканиот бетон за дадено време од вградување, треба да се утврди потребната дебелина на преградата претпоставувајќи соодветен фактор на сигурност $f_s = 1,7$.
5. Применет е фактор на сигурност на прсканиот бетон од 1,7 за да се земат предвид варијациите на густината на материјалот [2] [4];
6. Се користи аналитички модел за одредување на капацитетот на лачните барикади од прскан бетон. Аналитичкиот модел претпоставува дека оптоварувања на притисок од полнењето се подеднакво распределени низводно од барикадата; а оптоварувањето на притисок во лакот линеарно се намалува со порастот на лакот (Слика 2).
7. Параметарската анализа покажува дека капацитетот на преградата се подобрува со помал радиус на лакот, а капацитетот на преградата се зголемува со зголемување на σ_c на прсканиот бетон (што се зголемува со зголемување на времето од вградувањето).

8. Анализата покажува дека оптималниот радиус на лакот е 0,73 од широчината (распонот) на предградата и оптимална длабочина на лакот е 0,2 од широчината (распонот) на предградата.
9. Се препорачува да се специфицира дебелината на прсканиот бетон на слоеви со дебелина од по 50 mm и да не се користат барикади со дебелина помала од 200 mm.



Слика 2. Поедноставен модел на лак изложен на притисок за барикади од прскан бетон (приказ на план) [2] [5]

Овој модел претпоставува дека контактите со карпите имаат мал придонес во капацитетот на барикадата, но сепак пред изградбата на барикадата карпите треба да се исчистат до свежи карпести површини, со цел да се оневозможи протекување на засипот и прекини на сидовите.

2.2. Постапката за изградба на барикада

Во првата фаза од изградбата се врши дупчење и поставување на анкерите (сл. 3, а).

Во втората фаза инсталираат вертикални и хоризонтални арматурни прачки (сл. 3, б). Двата краја на прачките, во зависност од дизајнот, се анкерираат во сидот. Во третата фаза се инсталираат цевки за пополнување, цевки за одводнување, цевки за изедначување на притисок (сл. 3, в) и др. Крајот на пластичната цевка за транспорт на паста се позиционира на што е можно повисок дел од откопаниот простор, непосредно блиску до барикадата за да може да се наполни 100% од висината од откопаниот простор. Паралелно на оваа цевка се поставува втора пластична цревка (со произволен дијаметар), едниот нејзин крај е во откопот додека другиот е пред барикадата (двата краја се слободни) и служи за ослободување на вишокот воздух кој ќе се создаде при пополнување на празниот простор и ќе служи како индикатор за пополнетост на просторот. Ако откопот нема вода на средината од барикадата на околу 1,5 до 2 метри се поставува контролно пластично црево за нивото на паста при пополнување. Дренажните цевки се поставуваат доколку во откопот има вода и мораат да се протегаат доволно далеку по подот пред барикадата за да не бидат блокирани од отскокнатиот прскан бетон.

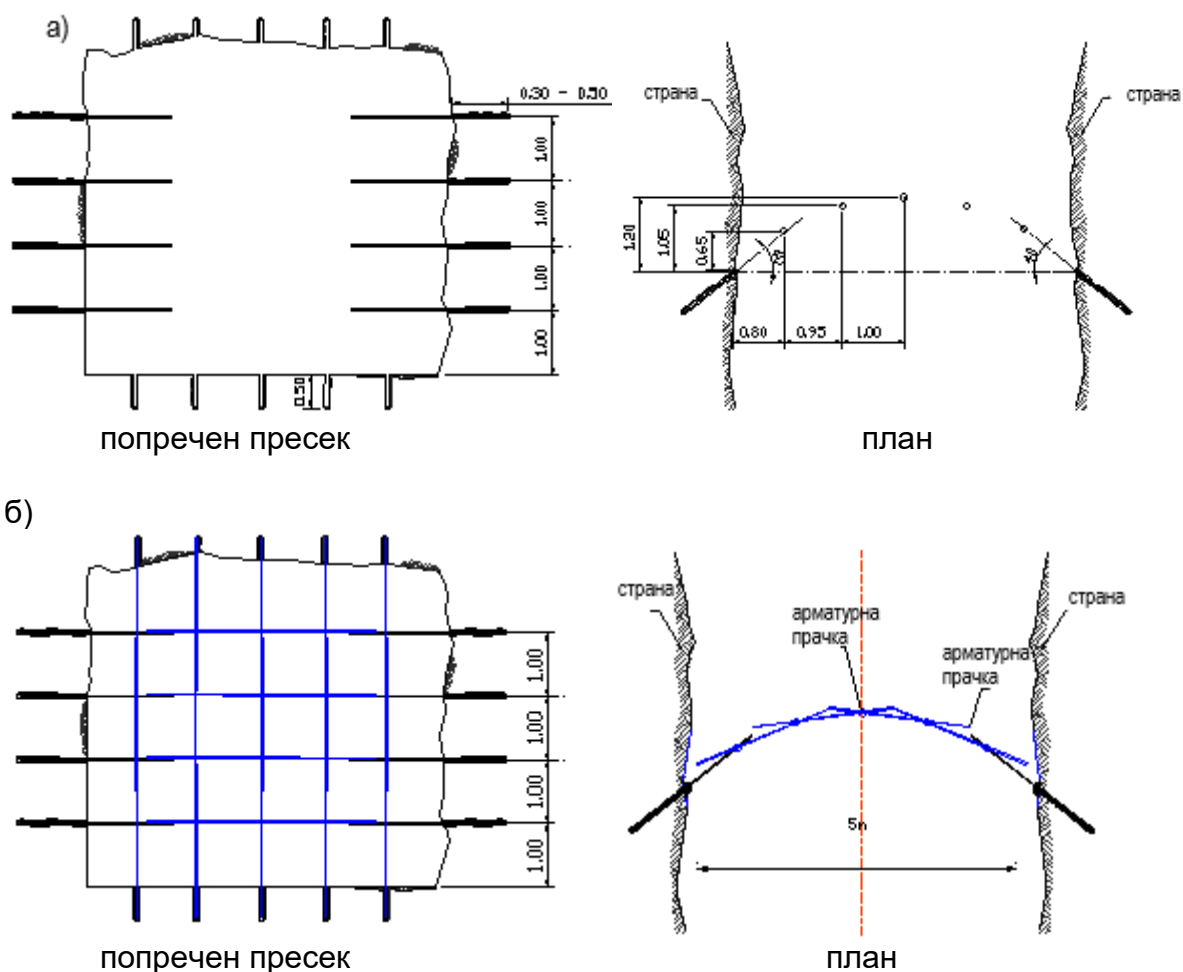
Во четвртата фаза се врзува челична мрежа преку гредите за целосно покривање на отворот, вклучително и рабовите. Над мрежата се прикачува

геотекстил, при што треба да се осигура дека задниот дел и рабовите на страничниот ѕид се целосно покриени, потоа дека врските се тесно распоредени, бидејќи геотекстилот ќе го носи и поддржува прсканиот бетон додека е влажен. Следно се инсталираат мерачи за длабочина (разделници) за да овозможите прскање со дебелина на слој соред спецификациите (сл. 3, г).

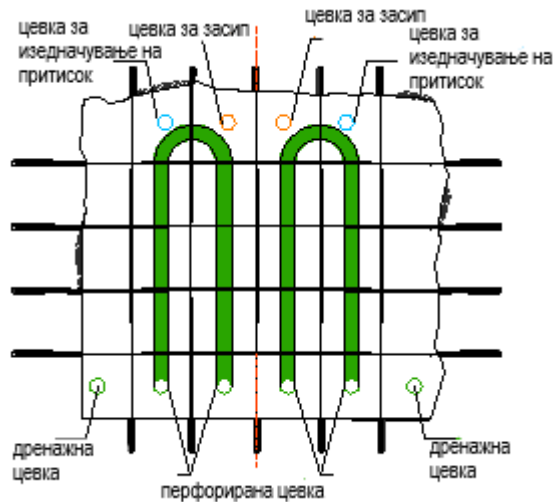
Во петтата фаза се вградува прсканиот бетон. Дебелината на прсканиот бетон мора да биде подеднаква оддолу нагоре следејќи ја кривината, при што треба да се осигура дека прсканиот бетон е добро нанесен околу дренажните цевки, што ќе обезбеди правилно запечатување. Стандардно барање е нанесување на прскан бетон со зголемена дебелина на ѕидните носачи (сл. 3, д).

Задолжително треба да се спроведе проверка на квалитетот пред да се заврши комплетна постапка.

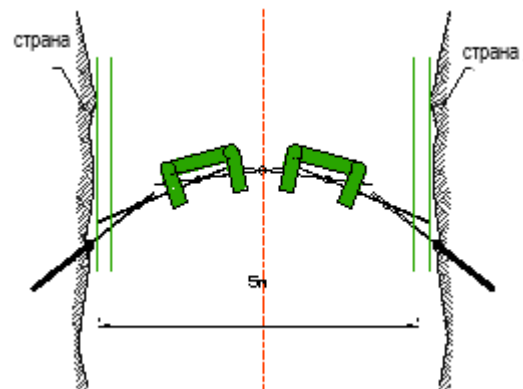
Заполнувањето на откопот со паста се врши после 72 h од изградбата на барикадата [2][5][6].



в)

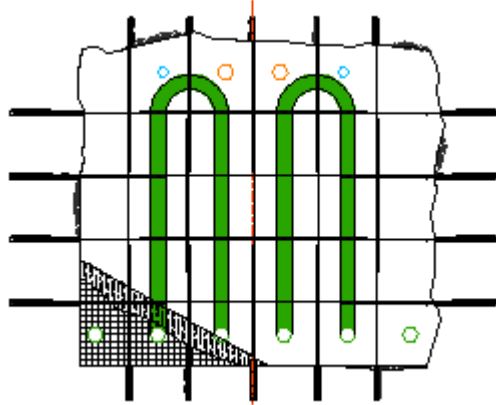


попечен пресек

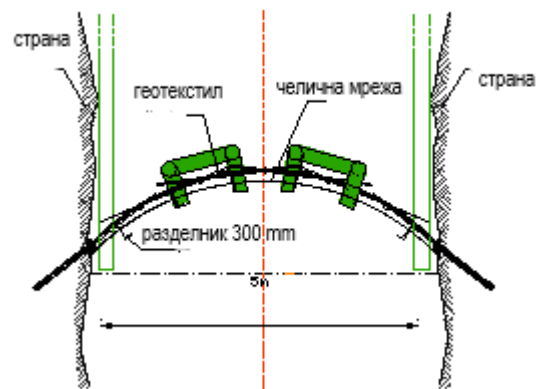


план

г)

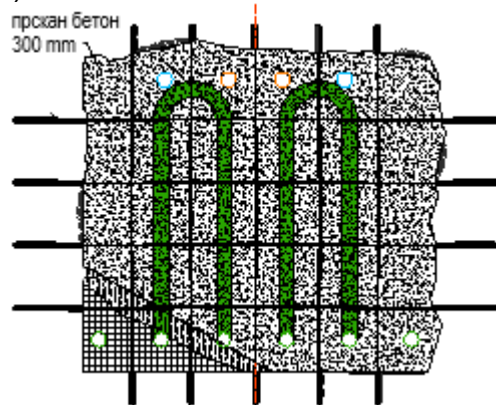


попечен пресек

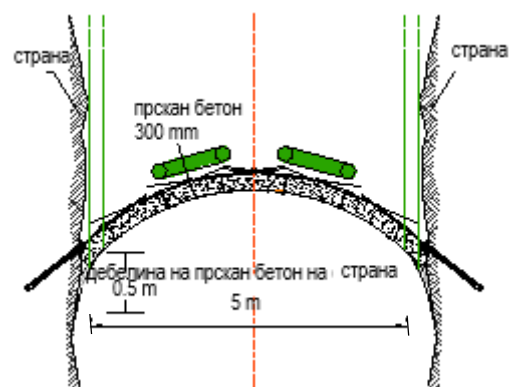


план

д)



попечен пресек



план

Слика 3. Фази за изградба на лачна барикада од прскан бетон за распон од 5m [6]: а) Дупчење и инсталирање на анкери; б) Инсталирање на арматурни прачки; в) Инсталирање на цевки за пополнување, цевки за одводнување и цевки за изедначување на притисок; г) Поставување на челична мрежа и геотекстил; д) Вградување на прсканиот бетон

3. КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ПРОЕКТИРАНИОТ И ПОТРОШЕНИОТ МАТЕРИЈАЛ ЗА ИЗГРАДБА НА БАРИКАДИ ОД ПРСКАН БЕТОН – СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ: РУДНИК „САСА“

3.1. Општи податоци за примена на методата за откопување со пополнување

Откопувањето на минералната суровина во ревер „Свиња Река“ со методата за откопување со пополнување според проект [5] ќе се врши на четири нивоа, во зависност од планираната динамика на производство на Рудникот Саса, и тоа: Прво ниво: откопување на интервалот помеѓу хоризонт 750 и меѓухоризонт 800 (кота 802 m);

Второ ниво: откопување на интервалот помеѓу меѓухоризонт 800 и хоризонт 830 (кота 842 m);

Трето ниво: откопување на интервалот помеѓу хоризонт 830 и хоризонт 910 ПЕ (подетажа) - 42 (кота 863 m);

Четврто ниво: откопување над хоризонт 910 ПЕ + 14 (кота 924 m).

Заполнувањето на откопаните простори се врши со засипен материјал - паста, кој е составен од следниве компонентни: флотациска јаловина, цемент и вода. За производство на пастата е изградена посебна постројка.

Погонот за производство на паста е поставен на локацијата на платото во непосредна близина на влезот на стариот Поткоп XIVo, јужно од рудното тело. Локацијата е избрана поради расположливиот слободен простор и близината на порталот на Поткоп XIVb низ кој оди трасата на цевководот за паста.

3.2. Конструктивни материјали за изградба на барикади

За изградба на металната конструкција од барикадите се користат: анкери од тип SN со должина $l = 1,2$ m; арматурни прачки со $\varnothing 22$ mm; челична мрежа од тип Q283; геотекстил (ситна мрежа) позади анкерите која не дозволува прस्कаниот бетон да помине зад барикадата при вградувањето; цевка за засип тип HDPE со $\varnothing 150$ mm и отпорност на притисок од 12 bar, цевката за изедначување на притисокот е со произволен дијаметар [6].

За добивање на финален изглед и дизајн на барикадата се користи прскан бетон од класа МБ30, збогатен со синтетички влакна, кој се вградува по мокра постапка [6].

3.3. Компаративна анализа на проектираните и потрошените материјали за изградба на барикади

Рудник „Саса“ започна успешно со примена на методата за експлоатација со откопување и пополнување на празните простори. Изградени се првите барикади кои претставуваат сигурна преграда за пастата за пополнување.

Во продолжение е прикажана изградбата на пет барикади на подетажа 802/2:

Првата барикада е на геолошки профил 938, површината на попречен пресек на објектот каде е поставена истата изнесува $17,57$ m². Изградбата на металната конструкција траела неполни два дена, додека вградувањето на прस्कаниот бетон било завршено за 13 h.

Втората барикада е на геолошки профил 918, површината на попречен пресек на објектот каде е поставена истата изнесува $16,6$ m². Изградбата на металната

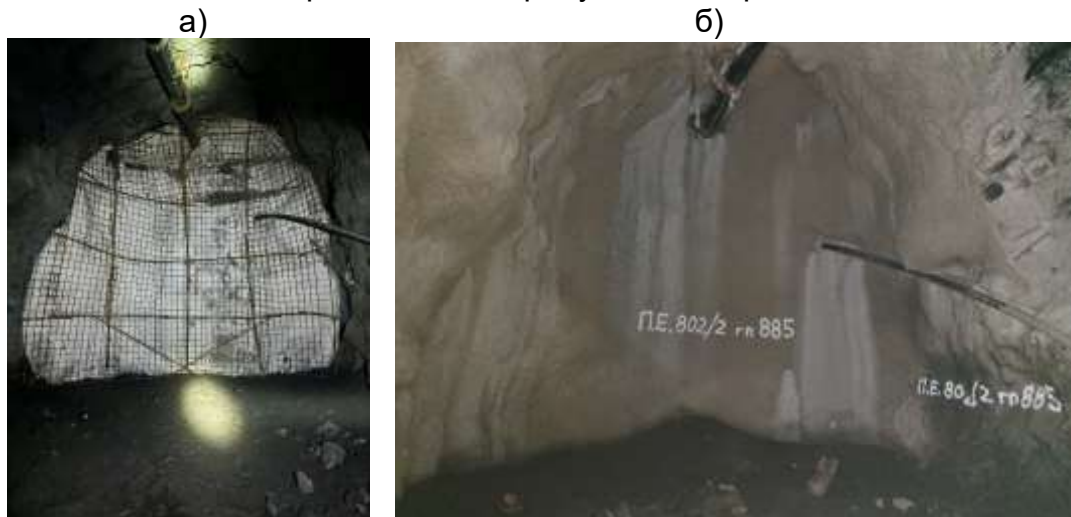
конструкција траела неполни два дена, додека вградувањето на прсканиот бетон било завршено за 16 h.

Третата барикада е на геолошки профил 885, површината на попречен пресек на објектот каде е поставена истата изнесува 13,31 m². Изградбата на металната конструкција траела неполни два дена, додека вградувањето на прсканиот бетон било завршено за 16 h.

Четвртата барикада е на геолошки профил 820, површината на попречен пресек на објектот каде е поставена истата изнесува 17,1 m². Изградбата на металната конструкција траела неполни два дена, додека вградувањето на прсканиот бетон било завршено за 13 h.

Петтата барикада е на геолошки профил 840, површината на попречен пресек на објектот каде е поставена истата изнесува 19 m². Изградбата на металната конструкција траела неполни три дена, додека вградувањето на прсканиот бетон било завршено за 19 h [6].

На слика 4 е даден изгледот на поставената метална конструкција, како и финалниот изглед на барикадата по вградување на прсканиот бетон.



Слика 4. Лачна барикада од прскан бетон, а) метална конструкција, б) финален изглед [6]

Во табела 1 е дадена точната локација на овие барикади, како и предвидените и потрошените материјали за нивна изградба.

Од табелата може да се види дека кај сите прикажани барикади потрошачката на конструктивни материјали е најчесто поголема од тоа што било предвидено. Така од предвидените вкупно 60 анкери за сите пет барикади биле вградени 68. Арматурни прачки било предвидено да се потрошат 120 m, а потрошени се 152 m. Била предвидена потрошувачка на челична мрежа 104 m², а биле потрошени 174 m². Геотекстил било предвидено да се потроши 121 m², а биле потрошени 177 m². Сепак најголеми отстапување има во потрошувачката на прскан бетон. Така од предвидените 25,21 m³, биле потрошени 50,16 m³ прскан бетон, што е скоро 100 % повеќе.

Табела 1. Проектирани и потрошени материјали при изградба на барикади од прскан бетон [6]

Ознака на барикада	Координати на локација	Димензии на попречен пресек	Анкери / Арматурни прачки		Челична мрежа / Геотекстил		Дренажни цевки / Цевки за полнење / Цевки за изеднач.на притисок		Количина на прскан бетон		Мин.дебелина на нанесен прскан бетон	
			Проект. [br.]	Потрош. [br.]	Проект. [m ²]	Потрош. [m ²]	Проект. [br.]	Потрош. [br.]	Проект. [m ³]	Потрош. [m ³]	Проект. [cm]	Потрош. [cm]
ПЕ 802/2 ГП 938	x:4664969.3 y:7624345.7 z:802.442	<u>висина</u> 4,3 m <u>ширина</u> 4,3 m	12 / 24	12 / 25	30 / 36	36 / 41	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	5,27	10,56	30	60
ПЕ 802/2 ГП 918 бр. 28	x:4665853.9 y:7624265.7 z:802.50	<u>висина</u> 4,37 m <u>ширина</u> 4,25 m	12 / 24	16 / 36	18 / 20	30 / 35	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	4,98	10,56	30	63
ПЕ 802/2 ГП 885	x:4665810.5 y:7624256.5 z:802.50	<u>висина</u> 4,25 m <u>ширина</u> 4,28 m	12 / 24	12 / 28	18 / 22	36 / 36	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	3,99	7,92	30	59
ПЕ 802/2 ГП 820	x:4665757.8 y:7624295.3 z:802.189	<u>висина</u> 4,522 m <u>ширина</u> 4,395 m	12 / 24	12 / 27	18 / 18	36 / 40	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	5,27	7,92	30	45
ПЕ 802/2 ГП 840 бр. 29	x:4665787.7 y:7624307.6 z:801.92	<u>висина</u> 4,3 m <u>ширина</u> 4,3 m	12 / 24	16 / 36	20 / 25	36 / 40	1 / 1 / 1	1 / 2 / 1	5,7	13,2	30	69

4. ЗАКЛУЧОК

Имајќи ги предвид се поголемите потеби за металични минерални суровини на светско ниво неопходно е да се применуваат методи за нивна експлоатација кои ќе обезбедат поголемо искористување на рудните резерви, како што е методата за откопување со пополнување на празните простори.

Од друга страна пак искористувањето на флотациската јаловина, како компонента во пастата за пополнување го намалува негативното влијание врз животната средина.

Барикадите се конструктивни објекти кои го спречуваат слободното движење на пастата и можат да бидат изградени од различни материјали, но светското искуство покажало дека лачните барикади од прскан бетон се најсигуно и најпогодно решение за оваа намена.

Количината на потрошен материјал при изградба на барикадите зависи од површината на профилот на барикадата и висината на откопаниот простор. Овде прикажаниот начин на изградба е поконзервативен и обезбедува коефициент на сигурност 2 до 3.

Поголемата потрошувачка на конструктивни материјали во наведениот случај, имајќи го предвид краткото искуство на работниот персонал, овозможува поголема сигурност на барикадите. Сепак потрошувачката на конструктивните материјали треба континуирано да се следи и анализира. Ова ќе овозможи изградба на сигурни барикади и оптимална потрошувачка на материјали.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Донева Н. (2014). Принципи во рударството (рецензирана скрипта). Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Македонија;
- [2] Report of Shotcrete Bulkhead Design (2017) Backfill Geotechnical Mining Consultants Pty Ltd, Balwyn North, Australia;
- [3] Li L., Aubertin M. (2009). Horizontal pressure on barricades for backfilled stopes. Part I: Fully drained conditions, Canadian Geotechnical Journal, Volume 46, Issue 1, Pages 37 – 46;
- [4] Veenstra, RL; Zhao, X; Fourie, AB; Grobler, JJ. A comparison of cemented paste backfill shotcrete barricade design methods. Proceeding of the 24th International Conference of Paste, Thickened and Filtered Tailings, Australian Centar for Geomechanics;
- [5] Дополнителен рударски проект за разработка и подземно откопување на рудно наоѓалиште со метода со пополнување помеѓу хоризонтите 750 и 990 во ревиорот Свиња Река, рудник за олово и цинк Саса - М. Каменица, Книга 2: Транспорт и вградување на материјалот за пополнување на откопите (2021), Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип;
- [6] Техничка документација од рудник „Саса“, М.Каменица (2024).