



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

### XIII TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

# ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

Охрид  
14 – 16. 10. 2022 год.

## ПРЕДВИДУВАЊЕ НА ЕФЕКТИТЕ ОД МИНИРАЊЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА СОФТВЕРСКИ ПРОГРАМИ

Илија Дамбов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ДАМ-ЕКСПЛО, ДОО Радовиш, Р. Северна Македонија

**Апстракт:** Во сегашно време начинот на работа со софтвери за минирање како на пример JKSimBlast или O-PITBLAST се повеќе нашле примена во рудниците и стануваат неодделив дел од работата во големите рудници.

Разработени се шеми на минирање на софтвер за минирање O-PITBLAST преку изведување на симулации на шеми на иницирање како и употреба на различни видови на експлозиви за да би можело да се предвиди односно добие посакуваната гранулација на материјал а со тоа и да се предвидат трошоците добиени при самото минирање кои секако се значаен трошок во секој рудник. Софтверите за минирање се секако голема предност во однос на планирањето во секој рудник каде не би можело да се замисли експлоатацијата без процесот на минирање, со што се добива посакуваната гранулација на материјалот која пак гранулација е важна за постигнување на капацитет на дробилничните постројки како и за нивно нормално работење.

**Клучни зборови:** софтвер, минирање, безбедност при работа, ефекти, дупчотини.

## PREDICTING THE EFFECTS OF BLASTING USING SOFTWARE PROGRAMS

Ilija Dambov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DAM-EXPLO, DOO, Radovis, R. of North Macedonia

**Abstract:** Nowadays, the way of working with blasting software such as JKSimBlast or OPITBLAST is increasingly used in mines and is becoming an integral part of the work in large mines.

Blasting schemes of OPITBLAST blasting software have been developed by performing simulations of sequential initiation schemes as well as the use of different types of explosives in able to predict or obtain the desired granulation of material and predicting costs obtained in the blasting itself which is, of course, a major part of every mine. Working with software is certainly a great advantage over any mine in which mines could not be imagined without exploitation without the blasting process, which gives the desired granulation of material which granulation is important for achieving the e capacity of crushing plants as well as for their normal operation.

**Keywords:** Software, blasting, work safety, effects, drilled holes.

### 1. ВОВЕД

Развојот на секоја држава се базира на искористување на природните ресурси со кои располага секоја држава. Ова се постигнува со развој на рударството кое

претставува значајна стопанска гранка со која се врши експлоатација на минерални сировини корисни за човештвото. Тоа значи добивање доход од природните ресурси, користејќи современи техничко - технолошки решенија и технологии.

Со развојот на науката и техниката општо гледано, се придонесува за намалување на трошоците на производство во секоја гранка од стопанството па и во рударството.

Ова директно се одразува при експлоатацијата на минералните сировини при што паралелно со намалување на трошоците на производство, се усовршуваат техники и технологии со автоматизирана и далечинска контрола за управување, користење на софтверски програми при планирање и реализирање на рударските работни операции.

Минирањето како еден од основните технолошки процеси при експлоатацијата на минерални сировини се изведува во работни средини каде е потребно со примена на експлозив да се раздробат карпестата маса.

Овој работен процес, за добивање на единица производ корисна минерална сировина, во зависност од карактерот на површинскиот коп и видот на минералната сировина, учествува со 30 - 50 % во вкупните трошоци.

Имајќи ја предвид комплексноста на оваа работна операција и трошоците кои произлегуваат при примена на истата, се наметнува основната задача која се однесува на припремање (растресување и раздробување) на карпестата маса за товарање, транспорт и примарно дробење.

Примената на софтверските програми што е прикажана во овој труд е да се изнесат нови научни и практични согледувања, со кои ќе се допринесе кон развојот на рударската наука воопшто, како и даде конкретен придонес при проектирањето, планирањето и изведувањето на дупчечко - минерските работи на површинските копови.

## **2. СОВРЕМЕНИ СОФТВЕРСКИ ПРОГРАМИ И НИВНА ПРИМЕНА ВО РУДАРСТВОТО**

Минирањето е значајна рударска операција и активност во рударството, посебно во рудниците каде се експлоатираат цврсти минерални сировини. Фрагментацијата како еден од најважните ефекти и аспект на резултатите од минирање, може да влијае на перформансите на товарните машини, транспортот а посебно при дробење и сепарирање на добиената сировина.

Денес во светот се добиваат огромни количества на минерални сировини со примена на техниките во современото рударство кое не може да се замисли без дупчење и соодветни методи на минирања на цврстата карпеста маса.

Во многу земји а и кај нас во релативно малите и големи копови се користат софтвери кои придонесуваат побрзо донесување на одлуки за тоа на каков начин ќе се извршува и дизајнира дупчењето на минските серии, какво ќе биде дизајнирањето на операциите на подготовка пред минирањето и т.н.

Со овие операции се добива придобивка на време, ефект на самото минирање, подобра гранулација, подобро искористување на енергијата од експлозијата и крајно, помали трошоци при експлоатацијата на сировините.

Постојат голем број светски фирми кои имаат развиено голем број на софтвери наменети за опишаните цели кои се користат во рударството.

Главна сите програмски софтвери кои е наменети посебно за дупчење и минирање опфаќаат дизајнирање на минските серии, шемите на дупчење,

распоредот во однос на слободните површини, длабочината на минските дупки, аголот на дупчење и др. Во целост може да се каже дека сите овие софтвери ги опфаќаат комплетно дизајнирање на минските серии, дизајнот на поврзување, симулација, анализа и управување со минирањето како операција. Постојат многу софтверски програми меѓу кои попознати се: JKBENTCH, SURPAC, BLST DESIGNER 8.0, DELPAT, MAPTEK, и софтверот O-PITBLAST кој ќе го разработиме во овој труд. Сите овие софтвери ги опфаќаат сите операции во еден рудник првенствено и проектирање на самиот рудник па се до, сеизмички вибрации на тлото, безбедносни зони и оптимизација на целиот процес.

Секако, за користење на сите овие софтвери е потребно соодветна лиценца за нивно користење, DEMO верзија, или посебна верзија на ограничено време за истражувачки цели.

### 3. СОФВЕРСКИ ПРОГРАМ “O- PIT BLAST”

Софтверскиот програм O-PITBLAST, е програм за дизајнирање на минските серии, прогнозирање на гранулацијата, прогнозирање на вибрациите на тлото, симулација на минските серии, и оптимизација на дупчечко – минерските параметри.

Овој програм овозможува да планираме мински серии и претходно ги дизајнираме и симулираме до крајни ефекти. Со можноста за симулации можат да се направат многу комбинации со претходно пресметаните или проектирани параметри на минирањето.

Со примена на овој софтвер имаме можности да се предвиди нивото на вибрации на тлото околу минската серија, степенот на фрагментација и процентуалните парчиња од минираниот материјал, бројот на едновремено иницирање со предвидени осцилации, количината на експлозив по минска дупка и т.н.

**Project Information**

Site name: Terrain_K	Date: 31/03/2021, 00:00	Shotfirer:
Country:	Location:	D&B Resp.: Bianca Saraiva

**Blast Resume**

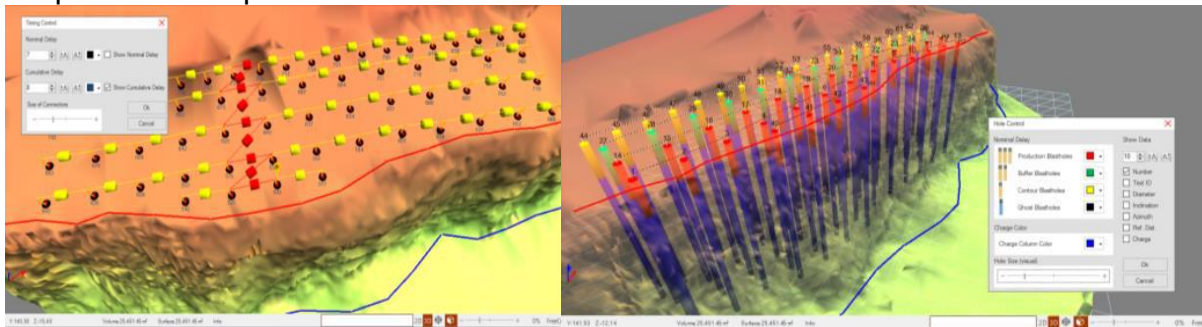
Bench High**	15.00 m	Volume*	-	Powder Factor	-
Total of Holes	270	Tonnes	0.0 t	Powder Factor	∞ Kg/t
Drilled	2,519.60 m	Specific Drilling	∞ m/m <sup>3</sup>	Rock Density	2.900 g/cm <sup>3</sup>
Design Burden	3.00 m	Design Spacing	3.50 m	Design Volume	25,500 m <sup>3</sup>
Average Stemming	3.88 m	Total Stemming Vol.	3.94 m <sup>3</sup>	Avg. Stemming Vol.	0.015 m <sup>3</sup>
MIC	642.5 Kgs	Avg. Filling Coeff.	58.4%	Blasting mat	No

\*Volume based on the manual polygon. \*\*Theoretical Information.

Слика 1. Главно мени и општи информации

## 4. ЕФЕКТИ ОД МИНИРАЊЕ

Во табот Blast results се претставени сите алатки и апликации за предвидување и оптимизација на фрагментација(гранулација). Ги прикажува и трошоците за избраното минирање.

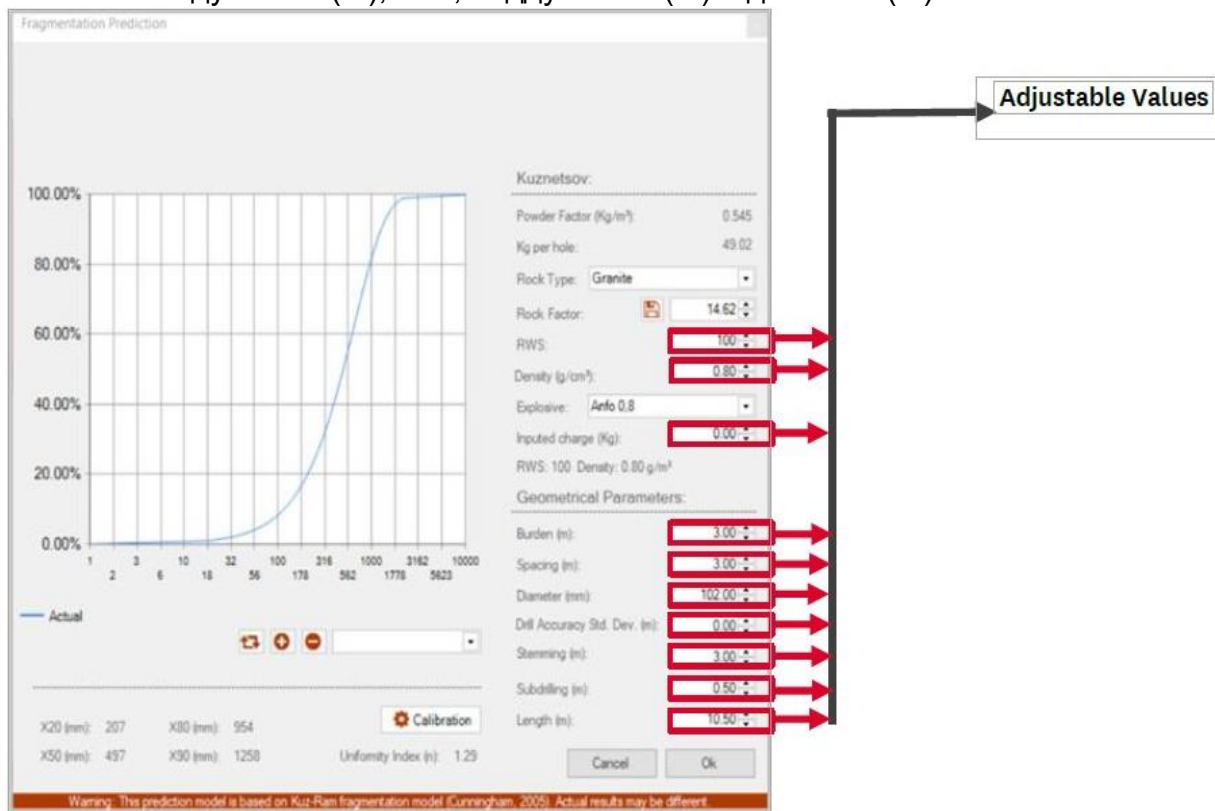


Слика 2. Модул за резултати од минирање

### 4.1. Прогнозирање на гранулација

Со кликување на копчето за прогнозирање, ќе се појави прозорец што го прикажува секој параметар што корисникот може да го прилагоди и сите реални резултати на фрагментација на избраната крива. Корисникот исто така може да го промени типот на карпата.

Корисникот може да ги прилагоди RWS, густина ( $g/cm^3$ ), експлозивно полнење (Kg), Burden (m), Spacing (m), дијаметар (mm), стандардна девијација на точноста на дупчење (m), Чеп, поддупчење (m) и должина (m).



Слика 3. Графички прикажани резултати од фрагментација, вредности од десно кои може да се менуваат

## 4.2. Оптимизација

Во овој дел, корисникот може да направи и оптимизирање на параметрите присутни на прозорецот подолу. Корисникот може да внесе некои информации како што се трошоци за иницирање (по дупка), експлозив (по килограм, дупчење (по метар). Операторот може да ги додаде и Density (Kg/m<sup>2</sup>) и RWS. (слика 4.) Корисникот може да ги види податоците од избраниот проект (вредностите на минската серија) (сл.4), кој ги вклучува дијаметарот (mm), висина на етажа (m), растојание меѓу редови,(m), растојание меѓу дупчотини (m), поддупчењето (m), Чеп (m), Број на дупки, Број на редови, Волумен (m<sup>2</sup>) и Факторот на карпата. Потоа корисникот може да ги дефинира ограничувањата. И за гранулација или за геометрија. Корисникот може да ја дефинира границата (%) на гранулација и големина на парчиња (mm). Може да ги дефинира и ограничувањата на однос растојание помеѓу дупчотини и редови, однос на чепот со Л.Н.О., однос поддупчување со Л.Н.И., Индекс на униформност, сооднос на висина на етажа и Л.Н.О или (**Stiffness Ratio**), волумен (m<sup>2</sup>) и големина на парчиња (mm) (сл. 4). Со кликување на ова копче, Find optimized values софтверот ќе ги најде подобрите вредности за да се вклопат во дадените граници на дупчечко-минерските параметри. Ако се означени со зелено, тогаш сите вредности се оптимизирани и според дадените ограничувањата, како на слика

Optimization

Geometry:	Blast:	Costs:
Diameter (mm): 102	Number of Holes: 30	Initiation (per hole): 10.00
Bench High (m): 10.00	Number of Rows: 3	Explosive (per Kg): 4.00
Burden (m): 3.00	Volume (m <sup>3</sup> ): 10,000	Drilling (per meter): 7.00
Spacing (m): 3.00	Geology:	Explosive:
Subdrilling (m): 2.10	Rock Factor: 10.00	Density (g/cm <sup>3</sup> ): 1.12
Stemming (m): 1.00		RWS: 115

Project Data

Fragmentation:	Constraints:
Limit (%): 90	Spacing by Burden: 1.00 ≤ 1.00 ≤ 1.40 ✓
Oversize (mm): 500	Stemming by Burden: 0.70 ≤ 0.33 ≤ 1.00 ✗
Information:	Subdrilling by Burden: 0.30 ≤ 0.70 ≤ 0.50 ✗
Powder Factor (Kg/m <sup>3</sup> ): 1.129	Uniformity Index: 0.70 ≤ 1.92 ≤ 2.20 ✓
Specific Drilling (m/m <sup>3</sup> ): 0.1344	Stiffness Ratio: 3.33 ≥ 3.00 ✓
	Volume (m <sup>3</sup> ): 2700.00 ≥ 10000 ✗
	Oversize (mm): 367.56 ≤ 500 ✓

Fragmentation Constraints

Additional Information

Cost (\$):
\$15,031.25

Cost Information

Find optimized values Apply Pattern Get Values From Design Ok

Warning: This prediction model is based on GRG Nonlinear optimization model. Actual results may be different.

Слика 4. Оптимизација на дупчечко – минерски параметри

Optimization

Geometry:	Blast:	Costs:
Diameter (mm): 102	Number of Holes: 104	Initiation (per hole): 10.00
Bench High (m): 10.00	Number of Rows: 3	Explosive (per Kg): 4.00
Burden (m): 2.62	Volume (m <sup>3</sup> ): 10,000	Drilling (per meter): 7.00
Spacing (m): 3.67	Geology:	Explosive:
Subdrilling (m): 0.79	Rock Factor: 10.00	Density (g/cm <sup>3</sup> ): 1.12
Stemming (m): 2.20	Constraints:	RWS: 115
Fragmentation:	Limit (%): 90	Spacing by Burden: 1.00 ≤ 1.40 ≤ 1.40 ✓
Limit (%): 90	Stemming by Burden: 0.70 ≤ 0.84 ≤ 1.00 ✓	Stemming by Burden: 0.70 ≤ 0.84 ≤ 1.00 ✓
Information:	Subdrilling by Burden: 0.30 ≤ 0.30 ≤ 0.50 ✓	Subdrilling by Burden: 0.30 ≤ 0.30 ≤ 0.50 ✓
Powder Factor (Kg/m <sup>3</sup> ): 0.818	Uniformity Index: 0.70 ≤ 1.67 ≤ 2.20 ✓	Uniformity Index: 0.70 ≤ 1.67 ≤ 2.20 ✓
Specific Drilling (m/m <sup>3</sup> ): 0.1122	Stiffness Ratio: 3.82 ≥ 3.00 ✓	Stiffness Ratio: 3.82 ≥ 3.00 ✓
	Volume (m <sup>3</sup> ): 10000.00 ≥ 10000 ✓	Volume (m <sup>3</sup> ): 10000.00 ≥ 10000 ✓
	Oversize (mm): 499.56 ≤ 500 ✓	Oversize (mm): 499.56 ≤ 500 ✓
	Cost (\$): \$41,596.15	

Find optimized values Apply Pattern Get Values From Design Ok

Warning: This prediction model is based on GRG Nonlinear optimization model. Actual results may be different.

Слика 5. Оптимизирани вредности

### 4.3 Сеизмички бранови - вибрации

Оваа опција ќе му овозможи на корисникот да го спореди времето на детонација на дупчотините со сеизмичкиот бран на секоја дупчотина поединечно.

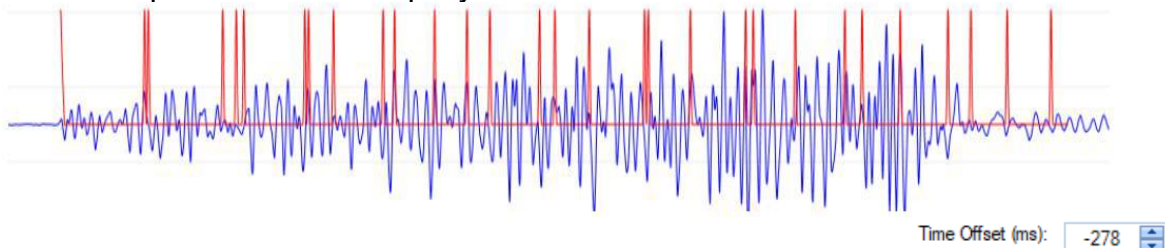
Штом е почнато минирањето, може да се видат врвовите на секоја дупчотина што се активира на прозорецот за анализа на сеизмичките бранови (сл. 6).



Слика 6. Прозорец со анализа на сеизмичките бранови

После тоа, корисникот може да ги внесе сеизмографските информации (временски и вертикален/трансверзален/надолжен или SUM вектор).

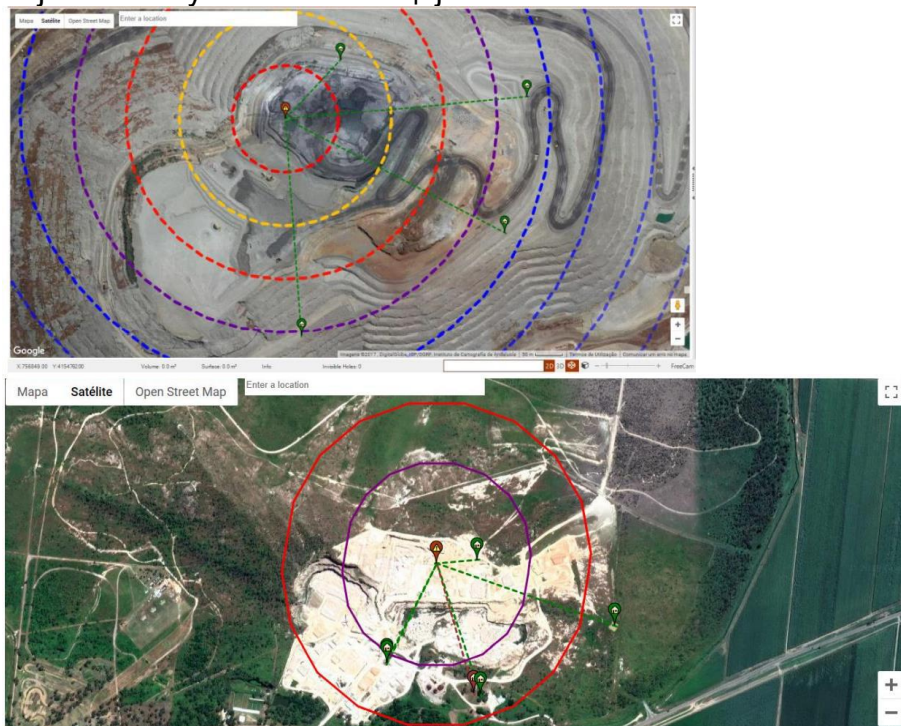
Корисникот ќе може да стави поместување за да го комбинира првото мерење од сеизмографот со првата иницирана дупчотина (сл. 7) и да ја направи анализата врз основа на тие резултати.



Слика 7. Сеизмографски информации во комбинација со времето на детонација на дупчотините

#### 4.4. МАПИ

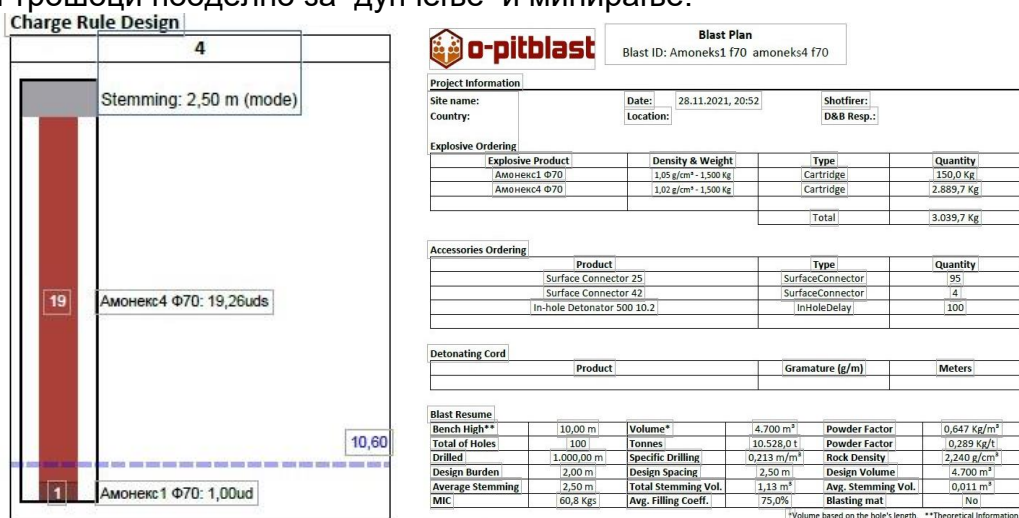
Табот „Мапа“ ги прикажува сите алатки и апликации за визуелизирање на минската серија во „Карти на Google“ и регистрирање критични структури и објекти околу вашата локација.



Слика 8. Пример за безбедносна зона за луѓе и машини, и безбедносни зони за луѓе и машини и околни објекти

#### 5. АНАЛИЗА НА МИНСКИ СЕРИИ СО ПРИКАЗ НА ЕФЕКТИ ОД МИНИРАЊЕ

Во следните прикази ќе се анализира симулација со влезни параметри и пресметаните влезни параметри како и предвидените излезни параметри на мински серии со ефектите од минирањето, сеизмички ефекти, гранулација и вкупни трошоци поделно за дупчење и минирање.



Слика 9. Приказ на влезни параметри и пресек на минска дупка

Минска серија со мински дупчотини со ф76 mm, е полнета со еден тип на експлозив - АМОНЕКС-1 како ударен патрон и главно полнење АМОНЕКС-4 со ф70mm. Со внесување на наши влезни податоци за минска серија во овој програм добиваме излезни податоци за секоја етапа на дупчечко-минерските параметри.



**Blast Plan**  
Blast ID: amoneks1 f70 amoneks4 f70

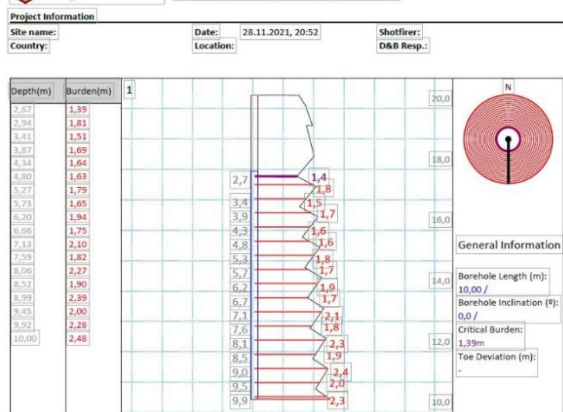


**Слика 10.** Минска серија со начин на поврзување и иницирање

Рушењето т.е отворањето е дијагонално со странично отворање од десната страна.



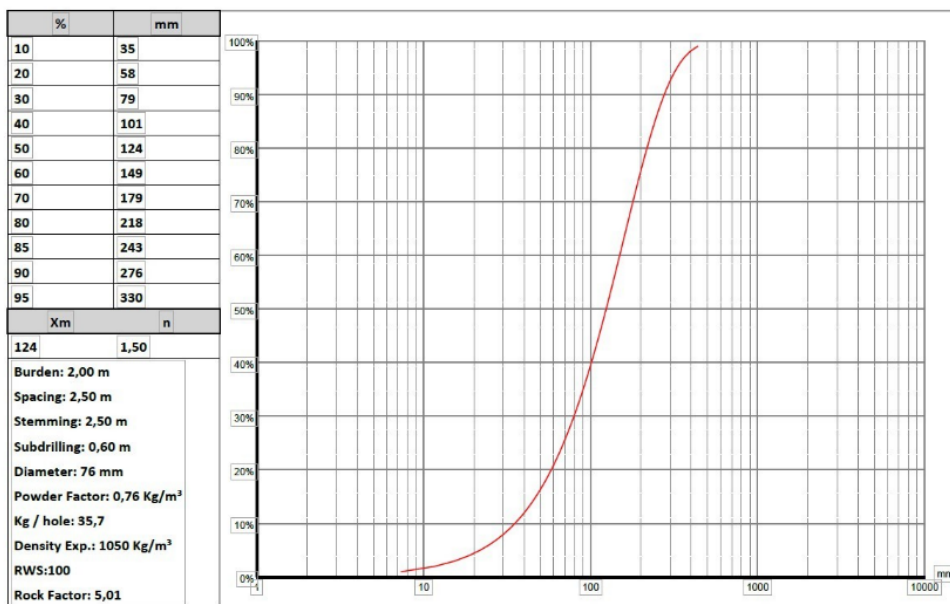
**Blast Plan**  
Blast ID: amoneks1 f70 amoneks4 f70



**Слика 11.** Пресек на вредностите од ЛНО во првиот ред од минската серија

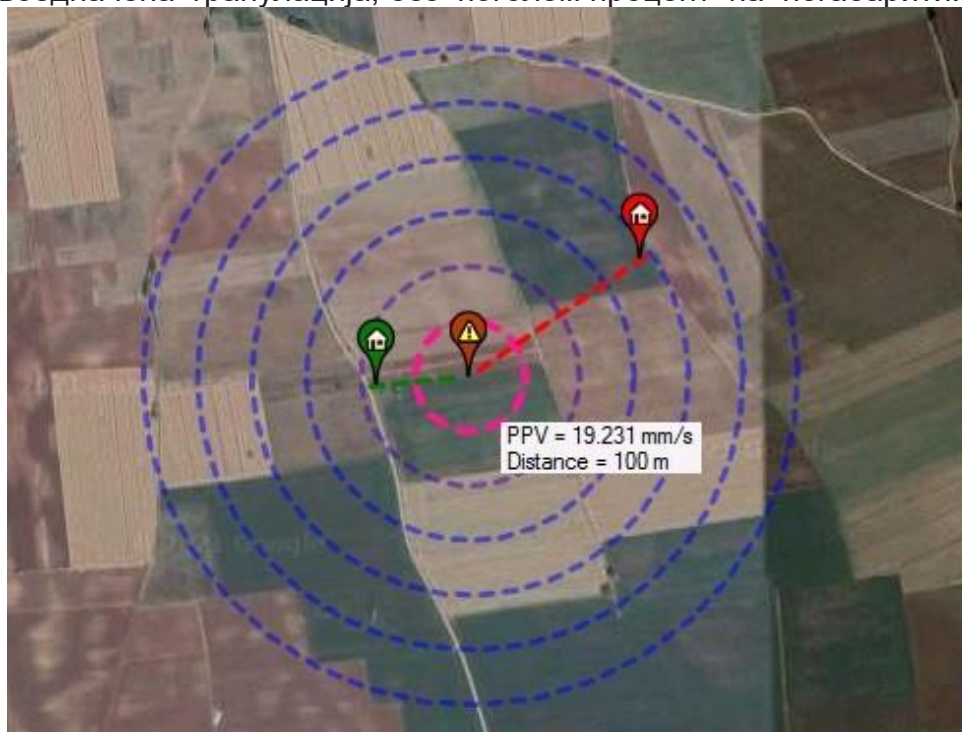
Од слика 11 се гледа дека критично и можно место за исфрлање на материјал е најмалата вредност на ЛНО. Тоа е вредноста 1,39м на длабочина од 2,67м. Овие вредности се добиени со внесување на геодетските точки на долната ивица од етажата, некои точки по висина на етажата и од горниот раб на етажата каде се наоѓа минската серија.





**Слика 12.** Приказ на гранулометрискиот состав од изминираниот материјал

Од слика 12 може да се види дека гранулацијата на материјалот со најголем процент е во граници на застапеност со големина од 70 до 100мм, додека средното парче на минираниот маса (Xm) изнесува 124мм. Според оваа крива на гранулацијата може да се каже дека изминираниот материјал е со добра воедначена гранулација, без поголем процент на негабарити.



**Слика 13.** Безбедносни растојанија предвидени пред минирањето во однос на објекти, машини и опасно растојание со најголеми вибрации

**Explosive Cost**

Explosive Product	Quantity	Unit Price	Total
Амонекс1 Ф70	150,00 Kg	1,23	184,50
Амонекс4 Ф70	2 889,73 Kg	1,06	3 063,11
		Total	3 247,61

**Accessories Cost**

Accessories Product	Quantity	Unit Price	Total
Surface Connector 25	95	2,63	249,85
Surface Connector 42	4	2,63	10,52
In-hole Detonator 500 10.2	100	2,95	295,00
		Total	555,37

**Drilling Cost**

Diameter	Meters	Unit Price	Total
76	1000	5,00	5 000,00
		Total	5 000,00

**Blast Cost****8 802,98****Cost Resume**

Per hole	88,03	Per m <sup>3</sup>	1,87	Per tons	0,84
Explosive %	36,89%	Accessories %	6,31%	Drilling %	56,80%

**Слика 14.** Трошоци за дупчење и минирање за целата минска серија

Од табелата погоре може да се види дека вкупните трошоци за минирање изнесуваат 8800 евра или 542 000 денари, додека за дупчење на минската серија се добиени трошоци за издупчени 1000метри од 5000 евра или 308 000 денари. Вкупните трошоци за дупчење и минирање изнесуваат 850 000 денари или 13 800 евра.

Цената по m<sup>3</sup> материјал изнесува 1,87 евра или 115 денари додека по тон изминирана маса изнесува 0,84 евра или 52 денари. Дупчењето за целата серија изнесува 56,8 % од вкупните трошоци додека трошоците за минирање учествуваат со 36,89%.

**6. ЗАКЛУЧОК**

Со користење на софтверски програми при изведување на минирање, можеме да постигнеме оптимални резултати во поглед на предвидување на гранулацијата потоа вибрациите на тлото околу минската серија и примената на број на конектори при дефинирано иницирање од самиот програм.

При користење на овие програми најпрво треба да се дефинираат физичко – механичките карактеристики на карпестиот масив, и според нив кои се како фиксни параметри се дефинираат и утврдуваат параметрите на минската серија т.е. дупчечко – минерските влезни параметри. Овие параметри може да се менуваат до степен при што би се добиле најдобри ефекти од минирање и најмали трошоци. Тоа се постигнува со правење на симулации на минската серија со менување на вредностите на влезните променливи величини за дупчење и минирање.

Со примена на софтверот O-Pitblast може да се направи многу добра анализа на резултатите од минирање, што ќе ни овозможи да направиме предвидувања на резултатите од минирање пред да извршиме минирање. Ова ни овозможува да бидеме посамоуверени и да ги направиме потребните промени во параметрите на минирање пред да аплицираме на терен.

Ако во близина на минска серија имаме објекти или машини кои треба да ги заштитиме т.е. да не бидат изложени на големи вибрации од тлото или од рафрлување на парчиња со предвидените вредности за вибрации на тлото може да корегираме одредени параметри на минската серија за намалување на вибрациите или точно дефинирање на безбедносните зони во поглед на станбени објекти, луѓе или машини и инфраструктурни објекти.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Дамбов, Р. (2011). Методи на минирање, Универзитетски учебник, УГД, Штип.
- [2] Дамбов, Р. (2013), Дупчење и минирање, Универзитетски учебник, УГД, Штип
- [3] Ристо Дамбов, Тодор Делипетров, Слободан Трајковиќ, Слободан Стојанов, Илија Дамбов. *Критериуми за оценка на потреси и безбедносни растојанија, ПОДЕКС, 2018год*
- [4] Milenko, S. (2000). *Blastings in surface exploitations*. Bor: Institut of Bakar.
- [5] Roy, P. P. (2005). *Rock Blasting: Effects and operations*. Leiden: A.A. Balkema.