



**МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ТЪРСЕНЕ НА ОПТИМАЛНАТА ДЪЛБОЧИНА ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ НА
„ПЕРСПЕКТИВЕН КОНТУР“ ЗА РУДНИК „ЕЛАЦИТЕ“ ЧРЕЗ СПЕЦИАЛИЗИРАН МИНЕН СОФТУЕР
„HXGN- MINEPLAN™3D”**

инж. Любомир Свиленов – l.svilenov@ellatzite-med.com;
инж. Ивайло Николов – i.t.nikolov@ellatzite-med.com

**SEARCHING FOR OPTIMAL DEPTH WHEN WORKING OUT A “PERSPECTIVE PIT SHELL” FOR
ELLATZITE OPEN-PIT MINE USING SPECIALIZED MINING SOFTWARE „HXGN-MINEPLAN™3D”**

Lyubomir Svilenov - l.svilenov@ellatzite-med.com; Ivaylo Nikolov - i.t.nikolov@ellatzite-med.com

ABSTRACT

The search for the optimal or final depth when working out an open-pit mine is crucial for determining its ultimate/perspective pit shell. Its primary role is in tight connection with the main ecological, technological, geotechnical and economic requirements to the project in the open-pit mining. The goal of its determination in the pre-feasibility study is to estimate the approximate economic efficiency of mining process.

The article presents a different approach in searching the well-known “ultimate stripping ratio” using the potential of the specialized mining software „HxGN-MinePlan™3D”.

Ellatzite-Med team understands that despite the great advantages of the computer mine designing, the role of the engineers remains leading. Without their knowledge, skills and intuition even the most perfect software would be just a useless assistant.

Въведение

Определянето на границите при откритото разработване е една от най-важните и основополагащи „стъпки“ при проектирането на откритите рудници, в частта за търсене на техните оптимални, крайни и/или перспективни контурни граници по икономически съображения.

Пределната дълбочина на открития рудник е променлива и се влияе от всеки параметър. Горното налага, още на фаза технико-икономическа оценка за проекта, да направим задълбочен анализ при „търсенето“ ѝ, както и да оценим влиянието за нейната промяна, спрямо основните параметри и ограничения.

В доклада ще бъде разгледано „намирането“ на оптимална дълбочина при разработване на находище, по открит способ, за наклонени и стръмни залегащи залежи, където крайната/ пределната дълбочина се определя още при предварителната технико-икономическа оценка за проекта.

Изследването е извършено с помощта на съвременните минни софтуери (използван е софтуера на HxGN- MinePlan™3D), които следва да обхванат все по-голяма част от дейностите, свързани с проектирането и разработването на откритите рудници, у нас и по света.

Докладът отразява разработената методология при търсене на оптимални контурни граници, с цел определяне на оптималната дълбочина при проектиране на перспективен контур за рудник „Елаците“. Представените резултати показват част от реалната задача, като стойностите в проекта са заменени с проценти.

Необходими основни входни модели, параметри и ограничения

Модели и параметри

В практиката, при работа със специализираните минни софтуери, основните входни параметри, които се използват при определяне на оптималната/ пределна дълбочина за открития рудник са:



- Геоложка информация – ресурсен блоков модел;
- Икономически параметри;
- Бордово съдържание по основния полезен компонент или приравняване на всички метали към един (т.н. еквивалент);
- Геотехнически параметри;
- Извличане на полезния/те компонент/и, %.

Ограничения

Основните ограничения са:

- Минимални размери на дъното, спрямо изчисленията за предвидената/ съществуващата изкопнотоварна и транспортна механизация;
- Ширина на транспортните площадки;
- Годишна мощност на рудника по руда;
- Ограничаване на зони за добив (засягащи съществуваща инфраструктура, съоръжения и/ или от екологични съображения и други специфики за разработването на даденото находище).

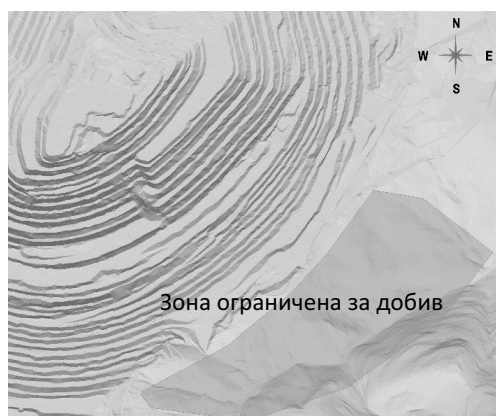
Под ограничаване на зоните за добив следва да се разбира, че в дадената зона, сектор или участък от находището не трябва да има разширение на контурните граници или същите не трябва да попадат в нея.

Ограничаването на зоните е възможно да бъде двумерно и тримерно. Същите могат да бъдат обозначени като „твърди“ (недопустими за добив) или „меки“ (ако премахването им генерира печалба). За използването на тази „функция“ е необходимо предварително да се оцени стойността за подработването на зоната (целта е да се установи рентабилността и възвращаемостта на инвестицията след подработването ѝ).

Пример за двумерно (площно) ограничаване е даден на фигура 1, като причина може да бъде: площ, попадаща в „Натура 2000“, вододайна зона и други.

На фигура 2 е показано, чрез примерен профил, каква е логиката на работа на софтуера при търсене на оптимални контурни граници с и без двумерно ограничение.

Пример за тримерно ограничаване е даден на фигура 3, като причина може да бъде: предпазен целик, охраняващ подземна изработка, минаваща през рудното тяло и др.



Фиг. 1. Примерна площ за ограничаване на зона за добив, чрез „полигон“.



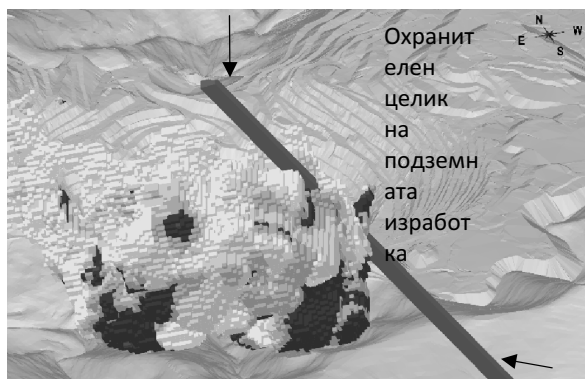
Фиг. 2. Примерен профил, показващ логическата работа на софтуера при площно ограничаване на зоните за добив

На фигура 4 е показано, чрез примерен профил, каква е логиката на работа на софтуера, при търсене на оптимални контурни граници с и без тримерно ограничение (предпазване на подземната изработка). Направените по-подробни разяснения за ограничаване на зоните за добив са във връзка, че същите ще залегнат като основа при двата варианта на изследването:

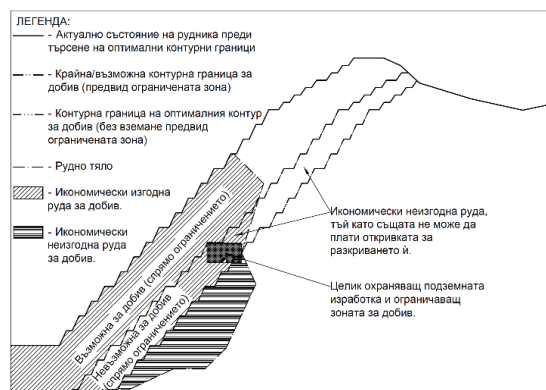
- Вариант №1 - без ограничаване на зони за добив;
- Вариант №2 - с ограничаване на зони за добив (тримерно-предпазване на основната подземна изработка, поместваща магистралната гумено-транспортна лента (МГТЛ)).



Допълнително, към всеки вариант, са изследвани по три подварианта спрямо конюнктурата на пазара чрез промяна на цените на цветните метали в трите ѝ аспекта: песимистична, реалистична и оптимистична.



Фиг. 3. Тримерен поглед под повърхността, показващ тримерно ограничената зона за добив в дълбочина, минаваща през рудното тяло



Фиг. 4. Примерен профил, показващ логическата работа на софтуера, при тримерно ограничаване на зоните за добив (предпазване на подземната изработка, минаваща през рудното тяло)

Таблица №1. Разновидност на изследваните варианти

Описание на подвариантите за търсене на крайни/ оптимални контурни граници							
Наименование	Мерна единица	Заложени параметри и ограничения за различните варианти при изследването					
№ на основните варианти	-	№1			№2		
Вид на основните варианти	-	Without 3D restriction			With 3D restriction		
№ на подвариантите	-	№1.1	№1.2	№1.3	№2.1	№2.2	№2.3
Вид на подвариантите	-	Pessimistic	Realistic	Optimistic	Pessimistic	Realistic	Optimistic
Цена на Cu (основен полезен компонент)	\$/t	5000	6500	8000	5000	6500	8000
Цена на Au (вторичен полезен компонент)	\$/Oz	1700	1600	1500	1700	1600	1500
Бортово съдържание	%	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Използвани бордови ъгли	-	по литоложки разновидности					
Минимални размери на дъното	m	60 x 180					

Гореизброените модели, параметри и ограничения са основни при търсенето на границите за открития рудник и неговата оптимална дълбочина. Авторите не претендират за изчерпателност на необходимия набор от данни. Изключването на част от данните или допълването му зависят пряко от индивидуалността на всеки проект.

За целите на доклада се приема, че дотук изброените параметри, модели и ограничения са предварително определени и няма да бъдат обект на дискусия в настоящата разработка.

Използвани методи и основни функции на софтуера (MinePlan™3D) при определяне оптималната дълбочина на открития рудник

Използван изчислителен метод

Използваният метод, част от модула за икономическо планиране на MinePlan™3D (MineSightEconomicPlanner – MSEP), е „Lerchs-Grossmann“. Методът винаги спазва логиката да търси оптималните контурни граници на открития рудник при осигуряване на максимална печалба.

Използвани основни функции

Прилагане на „твърдо“ ограничение за моделирания предпазен целик, охраняващ подземната изработка (МГТЛ).

Разходи, вариращи по хоризонти, за транспортната работа в рудодобивния комплекс.



Ограничение за кота дъно при определяне на оптимални контурни граници при всеки подвариант, с изключение на първото търсене, „покачвайки“ за всяко следващо с „+1“ хоризонт/кота (дванадесет за всеки подвариант).

Описание на разработената методология за определяне оптималната дълбочина на открития рудник в софтуерна среда на MinePlan™ 3D

Използван методичен подход при определянето на оптимална дълбочина за открития рудник (за всеки от изследваните варианти)

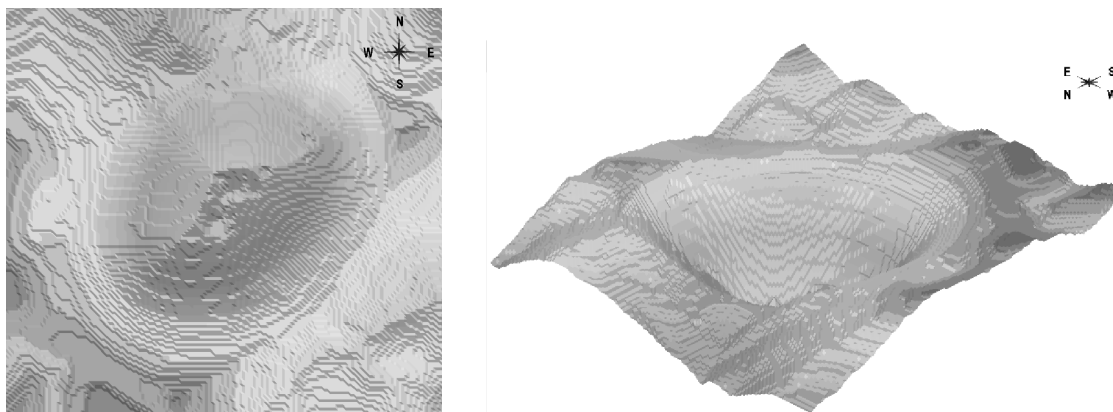
Заложените основни параметри, спрямо шестте варианта на изследване за оптимална дълбочина, са представени в таблица №1.

Подходът отразява определянето на оптимална дълбочина за открития рудник съобразно технологичните и пространствени ограничения и параметри. Това осигурява максимална печалба при оконтуряване на икономически „най-изгодната“ руда за добив и преработка.

Основни етапи от изследването

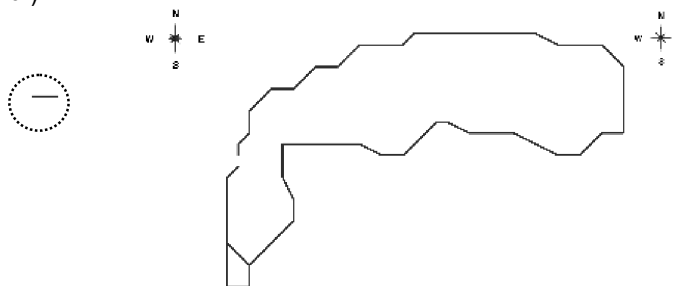
При първия етап от изследването, за всеки подвариант, са намерени оптималните контурни граници без да се залага ограничение за кота на дъното. Софтуерът „сам“ определя оптималните контурни граници за добив в дълбочина.

Полученият краен контур отразява концептуалните оптимални контурни граници на рудника, спрямо заданието за всеки подвариант. На фигура №5 е показан концептуалния оптимален контур за „Подвариант №1.1“.



Фиг. 5. Изглед (в план и тримерен) в софтуерна среда на MinePlan™ 3D на концептуалните контурни граници (без ограничение на дъното)

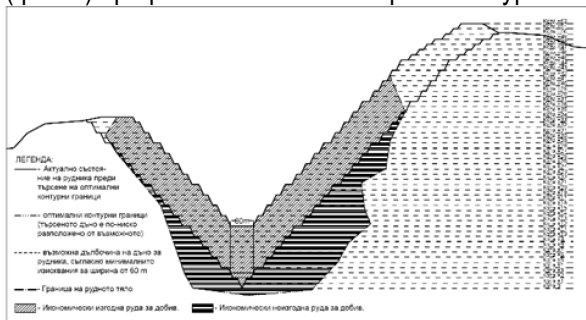
На фигура 6 са показани хоризонтни планове, на които се вижда: (ляво) котата на пределната дълбочина, определена от софтуера (условно наречена „кота 0“); (дясно) хоризонтен план с граници на „оптималния контур“, където се покрива условието за минимални размери на дъното по технологично изискване (условно наречена „кота +3“).



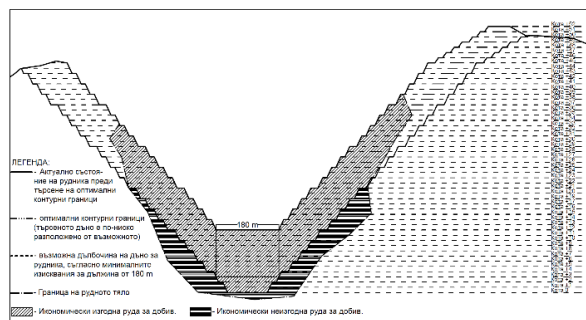
Фиг. 6. Изглед (в план) в софтуерна среда на MinePlan™ 3D на концептуалните контурни граници за дъното на рудника. Ляво – дъно (условно наречено кота „0“). Дясно – дъно (условно наречено кота „+3“).



На фигура 7 и 8 са представени примерни профили как би изглеждал напречния (фиг. 7) и надлъжния (фиг. 8) профил на оптималния краен контур.



Фиг. 7. Примерен напречен профил на оптималния контур

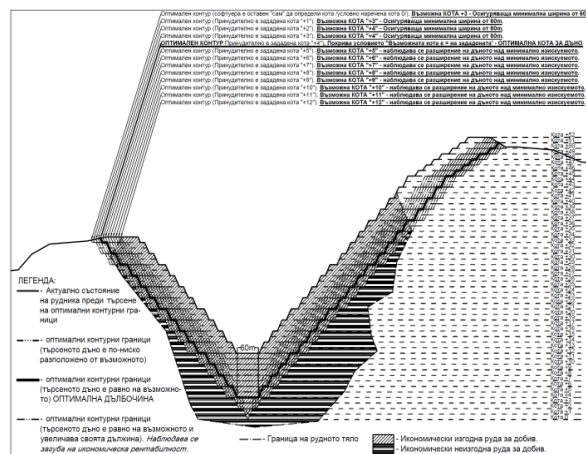


Фиг. 8. Примерен надлъжен профил на оптималния контур

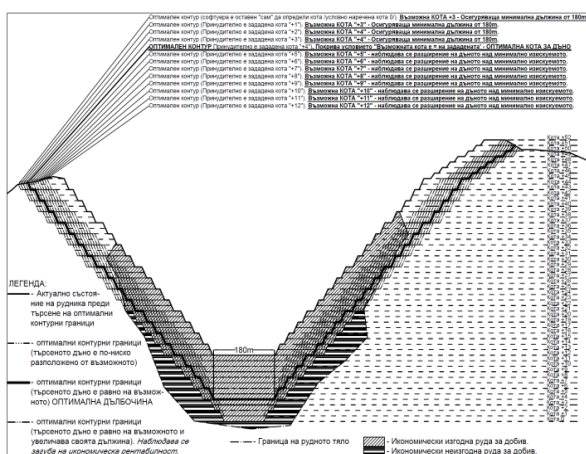
Чрез фигура 7 и 8 е представена примерна концепция (спрямо получените резултати от подвариант №1.1 – виж таблица №1), как биха изглеждали оптималните контурни граници. Най-същественото, което следва да се отбележи е, че софтуерът винаги (когато не му се зададе ограничение за кота на дъно) оконтурява икономически изгодна руда под котата, осигуряваща технологичните размери за дъно на рудника (ширината на дъното под „кота +3“ е с размери под минималните).

Последващите етапи от изследването на подвариантите продължава с ограничаване котата на дъното с по един хоризонт над предходния. За съпоставимост между шестте подварианта са направени по дванадесет допълнителни изчисления с ограничаване котата на дъното.

На фигура 9 и 10 е представен примерен напречен и надлъжен профил на получените оптимални контурни граници, след извършването на допълнителните изчисления за условно наречените „кота +1“ до „кота +12“.



Фиг. 9. Примерен напречен профил, отразяващ промяната на крайните контури, търсени с различна кота на дъно



Фиг. 10. Примерен надлъжен профил, отразяващ промяната на крайните контури, търсени с различна кота на дъно

На примера от фигура 9 и 10 (отразяващ резултатите от изследването за подвариант №1.1) се вижда, че оптималната кота на дъното, отговаряща на технологичното условие за минимални размери на дъното, е условно наречената „Кота +4“ (пето изчисление за подвариант №1.1).

Анализ, изводи и заключение от получените резултати при изследването

Анализ на получените резултати

От приложените диаграми, описващи разликата между генерираните стъпки на търсене (за всеки подвариант), се вижда, че по линията за печалбата се наблюдава плато, след което „ръзък“ спад, както



и за линията, описваща окуптурените запаси от икономически изгодна руда. Пресечната точка между платото и спада условно може да се нарече „точка на пречупване“, която показва границите на откритото разработване, при които се намира оптималната дълбочина. Горното се наблюдава при резултатите за всички подварианти, представени в таблици №2, №3, №4, №5, №6 и №7, респективно на фигури 11, 12, 13, 14, 15 и 16.

Таблица №2. Резултати за Подвариант №1.1

Основен вариант №1 (без ограничаване на зона за добив). Подвариант №1.1							
Параметър	Борт за съдърж. на Си	Подход за конюнктурата на пазара (подвариант)	Руда от t към % (спрямо оптим. вар. +4)	Печалба от \$ към % (спрямо оптим. вар. +4)	Коефициент на откривка	Кота зададена при търсенето	Кота осигуряваща минимални размери
Мерна единица	%, Си	-	%	%	t/t	"кота ..."	"кота ..."
Без огран. по кота			104.4%	101.9%	0.30	0	+3
С принудително ограничение по кота	0.100	Песимистичен	102.8%	101.8%	0.30	+1	+3
			102.1%	101.6%	0.30	+2	+3
			101.2%	101.0%	0.30	+3	+4
			100.0%	100.0%	0.31	+4	+4
			97.4%	98.5%	0.31	+5	+5
			91.3%	96.4%	0.28	+6	+6
			88.5%	93.3%	0.29	+7	+7
			82.5%	88.6%	0.29	+8	+8
			73.1%	82.2%	0.26	+9	+9
			67.3%	73.7%	0.27	+10	+10
			58.1%	62.5%	0.28	+11	+11
			47.5%	48.5%	0.23	+12	+12



Фиг. 11

Таблица №3. Резултати за Подвариант №1.2

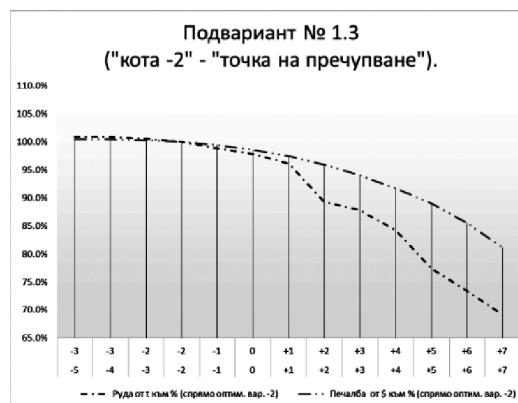
Основен вариант №1 (без ограничаване на зона за добив). Подвариант №1.2							
Параметър	Борт за съдърж. на Си	Подход за конюнктурата на пазара (подвариант)	Руда от t към % (спрямо оптим. вар. +1)	Печалба от \$ към % (спрямо оптим. вар. +1)	Коефициент на откривка	Кота зададена при търсенето	Кота осигуряваща минимални размери
Мерна единица	%, Си	-	%	%	t/t	"кота ..."	"кота ..."
Без огран. по кота			105.7%	101.4%	0.54	-4	-2
С принудително ограничение по кота	0.100	Реалистичен	105.6%	101.4%	0.54	-3	-1
			105.0%	101.2%	0.54	-2	-1
			102.4%	101.0%	0.54	-1	0
			101.1%	100.7%	0.54	0	+1
			100.0%	100.0%	0.55	+1	+1
			97.4%	99.0%	0.54	+2	+2
			95.1%	97.6%	0.55	+3	+3
			92.9%	95.8%	0.56	+4	+4
			89.5%	93.6%	0.54	+5	+5
			86.0%	90.6%	0.54	+6	+6
			80.7%	86.5%	0.55	+7	+7
			73.7%	81.3%	0.50	+8	+8



Фиг. 12

Таблица №4. Резултати за Подвариант №1.3

Основен вариант №1 (без ограничаване на зона за добив). Подвариант №1.3							
Параметър	Борт за съдърж. на Си	Подход за конюнктурата на пазара (подвариант)	Руда от t към % (спрямо оптим. вар. -2)	Печалба от \$ към % (спрямо оптим. вар. -2)	Коефициент на откривка	Кота зададена при търсенето	Кота осигуряваща минимални размери
Мерна единица	%, Си	-	%	%	t/t	"кота ..."	"кота ..."
Без огран. по кота			100.8%	100.5%	0.96	-5	-3
С принудително ограничение по кота	0.100	Оптимистичен	100.8%	100.5%	0.96	-4	-3
			100.6%	100.3%	0.96	-3	-2
			100.0%	100.0%	0.97	-2	-2
			98.9%	99.5%	0.97	-1	-1
			97.9%	98.6%	0.98	0	0
			96.2%	97.5%	0.99	+1	+1
			89.3%	95.9%	0.93	+2	+2
			87.8%	94.0%	0.95	+3	+3
			84.2%	91.7%	0.95	+4	+4
			77.4%	89.0%	0.81	+5	+5
			73.4%	85.6%	0.80	+6	+6
			69.2%	81.2%	0.81	+7	+7

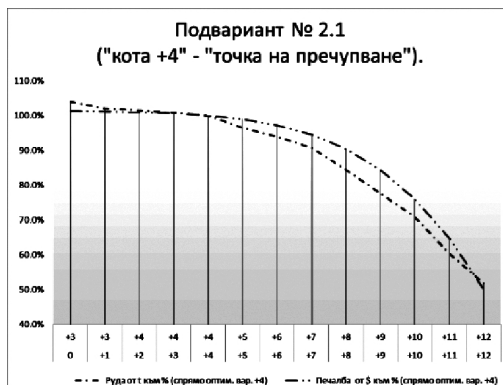


Фиг. 13



Таблица №5. Резултати за Подвариант №2.1

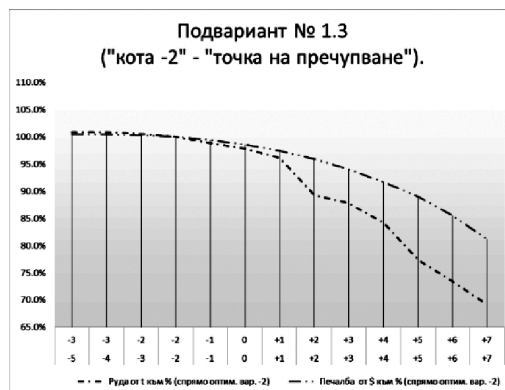
Основен вариант №2 (с ограничаване на зона за добив). Подвариант №2.1							
Параметър	Борт за съдърж. на Си	Подход за конюнктурата на пазара (подвариант)	Руда от t към % (спрямо оптим. вар. +4)	Печалба от \$ към % (спрямо оптим. вар. +4)	Коефициент на откривка	Кота зададена при търсенето	Кота осигуряваща минимални размери
Мерна единица	%, Си	-	%	%	t/t	"кота ..."	"кота ..."
Без огран. по кота			104.0%	101.4%	0.13	0	+3
С принудително ограничение по кота	0.100	Песимистичен	102.1%	101.3%	0.12	+1	+3
			101.5%	101.1%	0.12	+2	+4
			100.9%	100.7%	0.12	+3	+4
			100.0%	100.0%	0.12	+4	+4
			96.5%	99.0%	0.12	+5	+5
			94.0%	97.3%	0.12	+6	+6
			90.8%	94.6%	0.12	+7	+7
			84.5%	90.5%	0.11	+8	+8
			77.8%	84.5%	0.11	+9	+9
			70.9%	76.1%	0.11	+10	+10
			60.3%	64.7%	0.10	+11	+11
			51.9%	50.0%	0.11	+12	+12



Фиг. 14

Таблица №6. Резултати за Подвариант №2.2

Основен вариант №2 (с ограничаване на зона за добив). Подвариант №2.2							
Параметър	Борт за съдърж. на Си	Подход за конюнктурата на пазара (подвариант)	Руда от t към % (спрямо оптим. вар. +1)	Печалба от \$ към % (спрямо оптим. вар. +1)	Коефициент на откривка	Кота зададена при търсенето	Кота осигуряваща минимални размери
Мерна единица	%, Си	-	%	%	t/t	"кота ..."	"кота ..."
Без огран. по кота			105.5%	101.1%	0.32	-4	-1
С принудително ограничение по кота	0.100	Реалистичен	105.3%	101.1%	0.32	-3	0
			102.6%	101.0%	0.31	-2	0
			102.3%	100.8%	0.31	-1	0
			101.1%	100.5%	0.31	0	+1
			100.0%	100.0%	0.31	+1	+1
			97.7%	99.2%	0.31	+2	+2
			95.6%	98.3%	0.31	+3	+3
			93.4%	97.0%	0.31	+4	+4
			91.5%	95.3%	0.32	+5	+5
			87.7%	92.8%	0.31	+6	+6
			82.3%	89.3%	0.31	+7	+7
			76.6%	84.5%	0.27	+8	+8



Фиг. 15

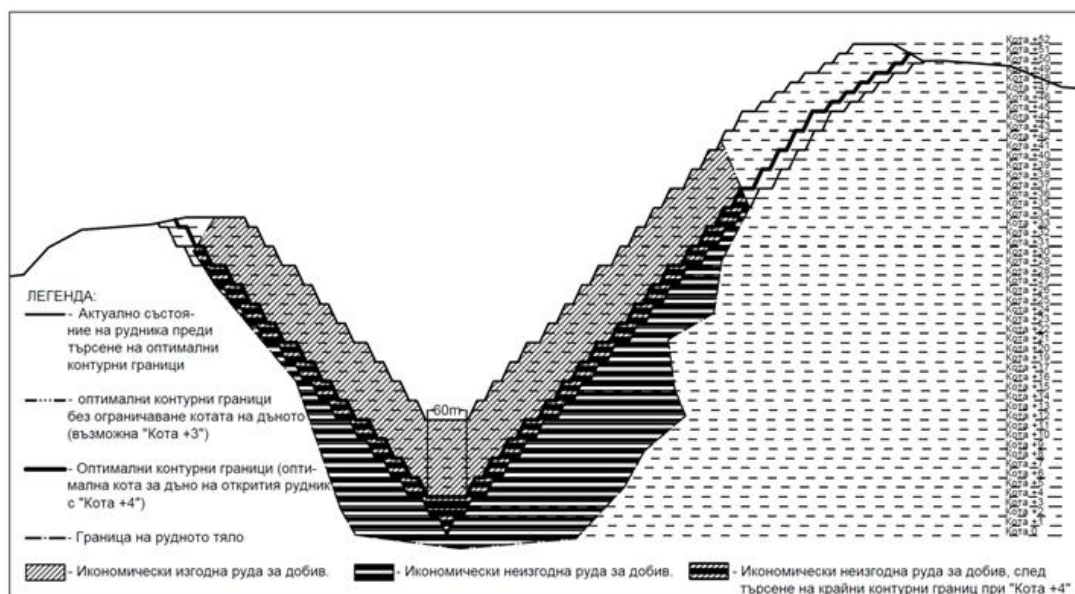
Таблица №7. Резултати за Подвариант №2.3

Основен вариант №2 (с ограничаване на зона за добив). Подвариант №2.3							
Параметър	Борт за съдърж. на Си	Подход за конюнктурата на пазара (подвариант)	Руда от t към % (спрямо оптим. вар. 0)	Печалба от \$ към % (спрямо оптим. вар. 0)	Коефициент на откривка	Кота зададена при търсенето	Кота осигуряваща минимални размери
Мерна единица	%, Си	-	%	%	t/t	"кота ..."	"кота ..."
Без огран. по кота			103.4%	101.8%	0.60	-5	-2
С принудително ограничение по кота	0.100	Оптимистичен	103.3%	101.7%	0.60	-4	-2
			103.0%	101.6%	0.60	-3	-1
			102.7%	101.3%	0.60	-2	-1
			100.9%	100.8%	0.60	-1	0
			100.0%	100.0%	0.60	0	0
			96.8%	99.1%	0.59	+1	+1
			95.1%	97.9%	0.60	+2	+2
			91.8%	96.5%	0.60	+3	+3
			89.9%	94.6%	0.61	+4	+4
			86.0%	92.3%	0.59	+5	+5
			81.0%	89.3%	0.57	+6	+6
			76.7%	85.3%	0.56	+7	+7



Фиг. 16

На фигура 17 е показан примерен напречен профил, чрез който да се покаже, че полученият контур от първото търсене (пример за Подвариант №1.1) с определена кота от софтуера „Кота 0“, не изпълнява условието за размери на дъното. Възможната кота за същото е „Кота +3“, което респективно блокира руда (между котите 0 ÷ +3). Определеният по методологията оптимален контур е с кота на дъното „Кота +4“.



Фиг. 17. Примерен напречен профил, съгласно „Подвариант №.1.1“, показва първия контур при търсене с кота дъно „Кота 0“ и възможна „Кота +3“, както и намерения краен контур с оптимална „Кота +4“

В таблица №8 е представено икономическо сравнение между първия и оптималния контур (съгласно описанието на фиг. 17). Горното е извършено за всеки подвариант:

- „Първото“ търсене без задаване на ограничение за кота на дъното (където между възможната и намерената се блокира запас от руда – от „Кота 0“ до „Кота +3“)

- Намереният контур, който попада в условно наречената „точка на пречупване“, където търсената и възможна кота за дъно са равни (определен за оптимална дълбочина на открития рудник).

Икономическата оценка е извършена за всеки подвариант чрез инструмента „MSVALP“, част от „MSEP“, като е приложено „дисконтиране на паричния поток“ за определяне на NPV (нетната осъвременена стойност). Използван е дисконтов процент равен на 10%.

За извършване на оценката (при всички варианти) паричната печалба е приета да е еднаква за всяка година, както и годишния добив по руда, респективно и по откритка.

Целта на оценката е да се установи дали условно наречения оптимален контур в „точката на пречупване“ е с по-висока икономическа ефективност от първия намерен чрез метода за оценка на актуализираната печалба.

Таблица №8. Резултати от икономическото сравнение, чрез метода за оценка на актуализираната печалба

Оценка за оптималност при дисконтиран паричен поток (NPV)					
Подвариант	Борт за съдърж. на Cu	Подход за конюнктура на пазара (подвариант)	Печалба от \$ към % на варианта при първо търсене, като котата е ограничена до възможната (блокирана е руда, която не може да бъде добита)	Печалба от \$ към %, спрямо варианта с определената оптимална кота за дъно на рудника (точка на пречупване)	Загуби в случай на приемане на първия вариант с блокиране на руди, вместо "оптималния"
Подвариант №1.1	0.100	Песимистичен	От "Кота 0" -> "Кота +3"	"Кота +4"	-0.21%
			100.0%	100.2%	
Подвариант №1.2	0.100	Реалистичен	От "Кота -4" -> "Кота -2"	"Кота +1"	-1.07%
			100.0%	101.1%	
Подвариант №1.3	0.100	Оптимистичен	От "Кота -5" -> "Кота -3"	"Кота -2"	-0.06%
			100.0%	100.1%	
Подвариант №2.1	0.100	Песимистичен	От "Кота 0" -> "Кота +3"	"Кота +4"	-0.02%
			100.0%	100.0%	
Подвариант №2.2	0.100	Реалистичен	От "Кота -4" -> "Кота -1"	"Кота +1"	-0.88%
			100.0%	100.9%	
Подвариант №2.3	0.100	Оптимистичен	От "Кота -5" -> "Кота -2"	"Кота 0"	-0.03%
			100.0%	100.0%	



От получените резултати, представени в таблица №8, се вижда, че „актуализираната печалбата“ при „първия“ е по-ниска спрямо намерения оптимален контур (при „точката на пречупване“) за всички варианти.

В представените таблици от №3 до №7 се вижда, че коефициентът на откривка при отделните подварианти е почти равен за всеки вариант на търсене на оптимални контурни граници. Същият може да се нарече „Оптимален коефициент на откривка“ или с други думи коефициентът отразява оптималното количество откривка, необходимо да се из земе, за разкриване и изземване на единица полезно изкопаемо по открит способ и както „граничния коефициент на откривка“. Същият се влияе от икономическите и технологични показатели и ограничения, осигурявайки максимална печалба при намиране на крайните/перспективни контурни граници.

Изводи

Чрез разработената методология можем с относително (поради етапа: предварителната технико-икономическа оценка) голяма точност да определим оптималните граници на открития рудник, респективно оптималната му дълбочина, която осигурява на проекта максимална печалба, спрямо заложените икономически, геотехнически, технологични и пространствени параметри и ограничения.

Заключение

От направеното изследване можем да заключим, че ако не извършим задълбочен анализ за търсене на крайните контурни граници на рудника е възможно да не извлечем максималните дивиденди от бъдещия проект, защото намирането на „най-оптималния контур“ за добив на полезни изкопаеми по открит способ е хипербола. Същият се влияе от всяка промяна на параметрите и ограниченията, а тяхното недооценяване на фаза технико-икономическа оценка, води до натрупване на грешки във всяка следваща.

И тук е редно да припомним, че независимо от големите предимства на „компютърното минно проектиране“ и все по динамичното развитие на специализираните минни софтуери ... ролята на минния инженер се запазва като водеща. Без неговите знания, умения и интуиция и най-съвършената програма би останала неизползваем помощник.

Библиография

1. Belda, M, E Holtanová, T Halenka, and J Kalvová. 2014. "Climate Classification Revisited: From Köppen to Trewartha." *Climate Research* 59 (1): 1–13. <https://doi.org/10.3354/cr01204>.
2. Liu, H. 2013. "Using MINEDW to Simulate Pore Pressure as Input for FLAC3D and 3DEC," 9.
3. "MineDW, User's Manual." 2018. Itasca International Inc.
4. Read, John, and Geoff Beale. 2014. *Guidelines for Evaluating Water in Pit Slope Stability*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
5. Ugorets, Vladimir. 2015. "Benefits of MINEDW Code for Mine Dewatering Projects in Complex Hydrogeological Settings," 10.
6. Xiang, Jianwei, and Robert Sterrett. 2019. "Three-Dimensional Groundwater Flow Model and Conceptual Dewatering Programme at Ellatzite Med Mine, Bulgaria." 4003. Denver, Colorado, USA.
7. Христов, Владимир, Алексей Бендерев, Сава Колев и др. "Провеждането на специализирани хидрогеоложки проучвания в рудник „Елаците“ и прилежащия му район през 2014-2015." София: ГИ БАН "Страшимир Димитров."
8. Христов, Владимир, Алексей Бендерев, Стефан Шанов и др 2014. "Провеждане на хидрогеоложки проучвания в рудник „Елаците“ и прилежащия му район