

MÁDAI FERENC,

ÁSVÁNYVAGYON GAZDÁLKODÁS

9



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

IX. SZÁMBAVÉTELI MINŐSÉG

1. SZÁMBAVÉTELI SZÁMÍTÁSOK


A **számbavételi határminőség – cutoff grade** – a bányagazdasági számítások, a bányatervezés egyik legfontosabb paramétere. Egyik definíciója szerint a számbavételi határminőség egy olyan haszonanyag-tartalom, amely meghatározza az adott kőzetblokkal végzendő műveletsort (**Taylor**, 1972). A bányászat során egy még *in situ* – kitermelés előtti – kőzetblokkra nézve el kell döntenit, hogy ezzel a blokkal a jövőben mit kívánunk tenni.

A lehetőségek a következők:

- **Kitermelni és feldolgozni.** Ez a blokk kitermelés után a dúsítóüzembe kerül, ahol a haszonanyagot a technológiai meddőtől elválasztva végül az értékesíthető terméket kapjuk.
- **Kitermelni és tartalékolni.** Ezt a blokkot szükséges kitermelni annak érdekében, hogy a következő blokkokhoz hozzáférjünk, de egyelőre nem kerül a dúsítóüzembe, hanem deponáljuk. A deponálásnak több oka lehet. Egyik ok, hogy jelenleg a feldolgozása éppen nem szükséges, de a belátható jövőben ez változni fog, ezért ideiglenesen deponáljuk. A másik ok, hogy a dúsítási technológiát egy átlagminőségre érdemes tervezni, az átlagminőséget pedig különböző haszonanyag-tartalmú egységek keverésével lehet előállítani. Ennek érdekében a nagyon jó minőségű nyersanyagot időnként deponálni kell.
- **Kitermelni meddőként.** Ezt a blokkot szükséges kitermelni annak érdekében, hogy a következő, jó minőségű blokkokhoz hozzáférjünk, de haszonanyag-tartalma alacsony, vagy más paraméterei (pl. dúsítási technológiát zavaró járulékos alkotórész jelenléte, túl apró szemcseméret stb.) miatt feldolgozása nem gazdaságos. Ez a blokk a bányászati technológiától függően vagy külső meddőhányóra kerül, vagy a bányán belül kerül áthelyezésre.
- **Nem kitermelni.** A blokk haszonanyag-tartalma, vagy más paraméterei miatt feldolgozása nem gazdaságos és helyzete nem akadályozza más, kitermelésre érdemes blok kitermelését, így a tervezett bánya körvonalonkívül kerül.

Haszonanyag-tartalom

A felsorolásból látható, hogy a bányászat során többféle számbavételi határminőséget szükséges meghatározni. A legegyszerűbb ezek közül – ha a kitermelési és a feldolgozási technológia ezt engedi – az a **haszonanyag-tartalom**, ami alapján eldönthető, hogy a következő blokk meddőhányóra, vagy a dúsítóüzembe kerül-e. Ez első látásra egyszerűnek tűnik, de ha jobban megvizsgáljuk, hamar kiderül, hogy a kérdés igen bonyolult. A számbavételi határminőség megállapításához a következőket kell figyelembe venni:

Egy blokk haszonanyag-tartalmát a kutatási adatok alapján becsüljük, aminek bizonyos mértékű hibája lesz. A számbavételi határminőség a megvalósíthatósági tanulmány egyik fontos paramétere, melyet a kutatási adatok alapján határoznak meg. A földtani kutatás során csak korlátozott számú mintából kapunk képet a nyersanyagtest tulajdonságairól (részletesebben lásd a *Nyersanyagkutatás* tananyagot ). A valódi haszonanyag-tartalom csak a kitermelés során lesz ismert.

Ha ismerjük mindegyik blokk becsült haszonanyag-tartalmát, ez még közvetlenül nem használható fel annak eldöntésére, hogy ez a blokk meddő, vagy nyersanyag lesz-e. Figyelembe kell venni azt is, hogy egy nyersanyag-blokk kitermelése érdekében valamennyi meddő-blokkot is meg kell mozdítani. A meddőkitermelés költségét a nyersanyag-blokkokból származó bevételből kell fedezni, ami szigorítja (növeli) a számbavételi határminőséget.

Ha a **meddőkitermelés** költségét is figyelembe vettük, ezzel a számbavételi minőséggel már meg lehet állapítani a bánya méretét, el lehet készíteni a művelési tervet. A művelési terv alapján felépíthetjük a bánya élettartamára a diszkontált *cash flow* modellt, melyből megkapjuk, hogy az adott számbavételi határminőséggel tervezett bánya gazdaságosan megvalósítható-e, vagy sem. Ha ez nem gazdaságos, akkor a modellt finomítva egy másik számbavételi minőséggel kezdhethetjük a tervezést előlőről. Egy-egy számbavételi határminőség számítás felér egy kisebb megvalósíthatósági tanulmánnyal.

A projekt előrehaladtával nő a rendelkezésre álló információ, ami alapján pontosíthatók a számbavételi határminőség értékek, a művelési tervek.

A gyakorlatban 3-4 különböző számbavételi határminőséggel készítik el a terveket, majd a pénzügyi modelltől kapott nettó jelenérték és a számbavételi határminőség közötti függvénykapcsolatot vizsgálják. A megoldást a nulla nettó jelenértékhez tartozó számbavételi határminőségnél kapjuk.

Határminőség

Hogy valamilyen értékből mégis ki lehessen indulni, ehhez először keressük meg az ún. határminőséget. A

határminőség (*breakeven cut-off grade*) azon blokkok lehatárolása, melyek fedezik a teljes önköltségüket (TC), azaz a *kitermelési* (E), *feldolgozási* (P), *értékesítési* (M) költségeket. A határminőség kiszámításánál nem vesszük figyelembe, hogy ezen blokkok kitermeléséhez meddő-blokkokat is ki kell termelni.

$$I = TC = E + P + M \quad (1)$$

Ezáltal az ún. "**belső számbavételi minőség**" (*internal cutoff grade*) azon blokkok lehatárolása, melyek nem fedezik önköltségüket, de ki kell termelni őket a mélyebben fekvő érc miatt. Ezek kitermelési költségét a mélyebb, ércgazdag blokkokból származó bevételnek kell fedeznie. Egy ilyen blokk akkor dolgozható fel és értékesíthető, ha a haszonanyag-tartalma legalább fedezi a *feldolgozási* (P) és az *értékesítési* (M) költségeket, egyébként meddőhányóra megy.

A bánya tervezéséhez használható számbavételi minőségnek a határminőségénél szigorúbbnak kell lennie. Ezt leginkább úgy érhetjük el, hogy a kitermelendő térfogatban csak a határminőségénél "valamivel" jobb minőségű nyersanyagot határolunk le, valamint az ezek kitermeléséhez feltétlenül szükséges meddő-blokkokat. Hogy mennyi az a "valamivel", erre három megközelítés lehetséges.

Azon blokkok lehatárolása, ahol a nyersanyag-blokkok kitermeléséből származó bevétel fedezi a nyersanyag-blokkok teljes önköltségét (kitermelési, feldolgozási, értékesítési költségeket), valamint a szükséges meddő-blokkok kitermelési költségét (**9.1. ábra C**). Könnyű belátni, hogy ez még mindig nem valósítható meg gazdaságosan, mivel a kutatási és beruházási költségeket ezzel nem nyerjük vissza.

Azon blokkok lehatárolása, ahol a nyersanyag-blokkok kitermeléséből származó bevétel fedezi a nyersanyag-blokkok teljes önköltségét, a szükséges meddő-blokkok kitermelési költségét és annyi nyereséget, ami a visszahozza a befektetett kutatási és beruházási költségeket. Ehhez még jobban szigorítani kell a minőséget, még inkább csak a jó minőségű és/vagy olcsóbban kitermelhető (felszínhez közelebb lévő) lehet figyelembe venni (**9.1. ábra B**). Ekkor a projekt már nem veszteséges, de nem is termel nyereséget a befektetőnek, így nem valószínű, hogy megvalósul, hacsak az állam nem ad adókedvezményt annak érdekében, hogy a bánya tovább üzemeljen, több / tovább tartó munkahelyeket biztosítva. Ha a bánya ezzel a geometriával megvalósul, akkor a folytatásban a következő héj (**9.1. ábra C**) is kitermelhető, ha ennek a kitermelése nem igényel többlet beruházást (pl. dúsítóüzem felújítása).

Egy minimális nyereség elérése nélkül ez nem lesz vonzó befektetés a vállalkozó számára, és inkább egy másik projektbe fog befektetni. Ahhoz, hogy a vállalkozó egy minimális profitot is elérhessen, még jobban szigorítani kell a számbavételi minőséget (**9.1 ábra A**).



9.1 ábra

Letakarítási arány

A letakarítandó meddő mennyiségét a **letakarítási aránnyal** szokták megadni. Ez azt fejezi ki, hogy a szükségesen megmozdított meddő mennyisége hányszorosa a kitermelt nyersanyag mennyiségének. A számbavételi számításokhoz a "számbavételi letakarítási arányt" kell megadni, ahol a meddőletakarítás költségét az ércből származó bevétel fedezi:

$$BESR = (I - TC) / SC \quad (2)$$

ahol

BESR: a számbavételi letakarítási arány

I: egy tonna ércből származó bevétel,

TC: egy tonna érc teljes önköltsége a meddőletakarítás költsége nélkül,

SC: egy tonna meddő letakarítási költsége.

Ha TC csak a *kitermelési* (E), *feldolgozási* (P), *értékesítési* (M) költségeket tartalmazza, akkor a letakarítási arányt a

9.1. ábra C geometriájú fejtésére kapjuk. Ha TC magába foglalja a megtérülést is, akkor a B geometriájú fejtésre kapjuk. Ha egy minimális profitot is elvárunk a projektől, akkor a letakarítási arányt a

$$BESR = [I - (TC + P)] / SC \quad (3)$$

képlettel kapjuk, ahol P a minimális elvárt profit egy tonna ércre számítva.

2. PÉLDA HATÁRMINŐSÉG SZÁMÍTÁSÁRA

A továbbiakban a határminőség számítását egy modell példán mutatjuk be. Az adatok **Kennedy B. A.** (ed.) *Surface Mining* című könyvéből származnak. [1]

A kiindulási paramétereket a következő táblázat mutatja:

Paraméter	érték	mértékegység
termelési kapacitás	30000	t/nap
érc kitermelési költsége	1	USD/t
meddő kitermelési költsége	0,95	USD/t
érc feldolgozási költsége	3	USD/t
adminisztrációs költség	1	USD/t érc
kohósítási költség	0,75	USD/kg Cu
összesített fémkihozatal	85%	
értékcsökkenés a beruházási és kutatási költségek után	1,4	USD/t
piaci ár	1,75	USD/kg Cu

9.1 táblázat

Ezekre alapozva számítsuk ki, hogy a 0,8%-os rézérc (8 kg/t) és a 0,7%-os rézérc (7 kg/t) után kapott bevétel fedezi-e a kitermelési költséget.

határminőség	8,0	kg/t		7,0	kg/t	megjegyzés
kinyerhető réz	6,8	kg/t		5,95	kg/t	határminőség * 0,85
költségek	USD/t érc	USD/kg Cu		USD/t érc	USD/kg Cu	
összes bányászati költség	6,4	0,941		6,4	1,076	érc kitermelési költség + érc feldolgozási költség + adminisztrációs költség + értékcsökkenés
kohósítási költség	5,1	0,750		4,463	0,750	kinyerhető réz mennyisége * fajlagos kohósítási költség
ércterelés összes költség	11,50	1,691		10,863	1,826	összes bányászati költség + kohósítási költség
bevétel	11,90	1,750		10,413	1,750	kinyerhető réz * fajlagos piaci ár
nettó eredmény	0,40	0,059		-0,450	-0,076	bevétel – összes költség

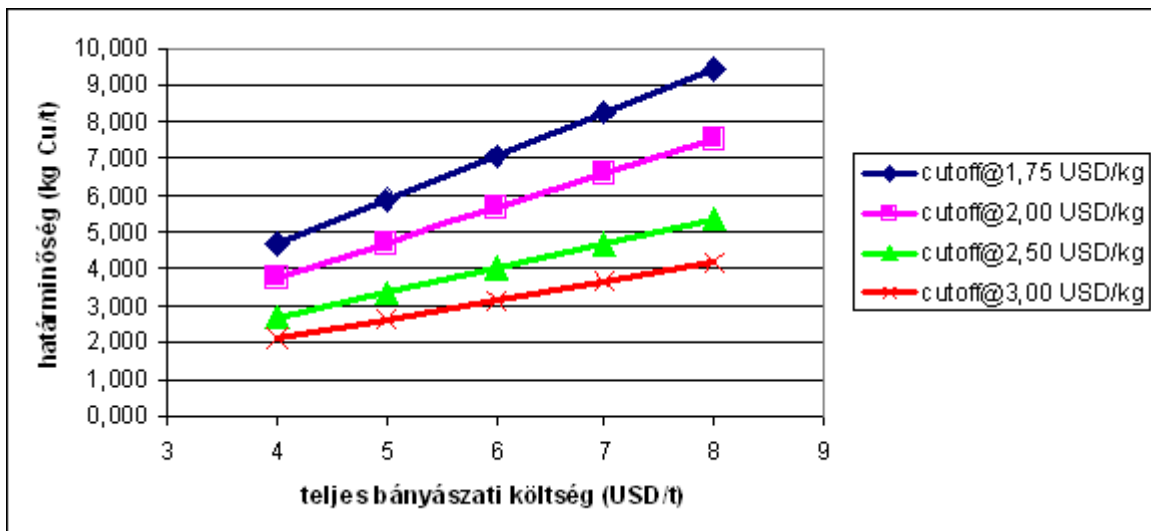
9.2 táblázat

A második táblázatból látszik, hogy 0,8% érctartalomnál egy csekély pozitív nettó eredmény jelentkezik, 0,7%-nál viszont ez az érték negatív. A határminőséget iterációval megkaphatjuk e két érctartalom között: 0,753% érctartalomnál a nettó eredmény nulla. Vegyük észre, hogy ez a számítás tartalmazza a kutatási és beruházási költségek utáni értékcsökkenést.

Ha ezt az egyszerű modellt lefuttatjuk különböző piaci ár és összesített bányászati költségek mellett, a határminőség értékeit a következő táblázat, illetve diagram mutatja.

összesített bányászati költség USD/t érc	határminőség 1,75 USD/kg rézár mellett	határminőség 2,00 USD/kg rézár mellett	határminőség 2,50 USD/kg rézár mellett	határminőség 3,00 USD/kg rézár mellett
4	4,706	3,765	2,689	2,091
5	5,882	4,705	3,361	2,614
6	7,058	5,647	4,033	3,137
7	8,235	6,588	4,706	3,660
8	9,411	7,529	5,378	4,183

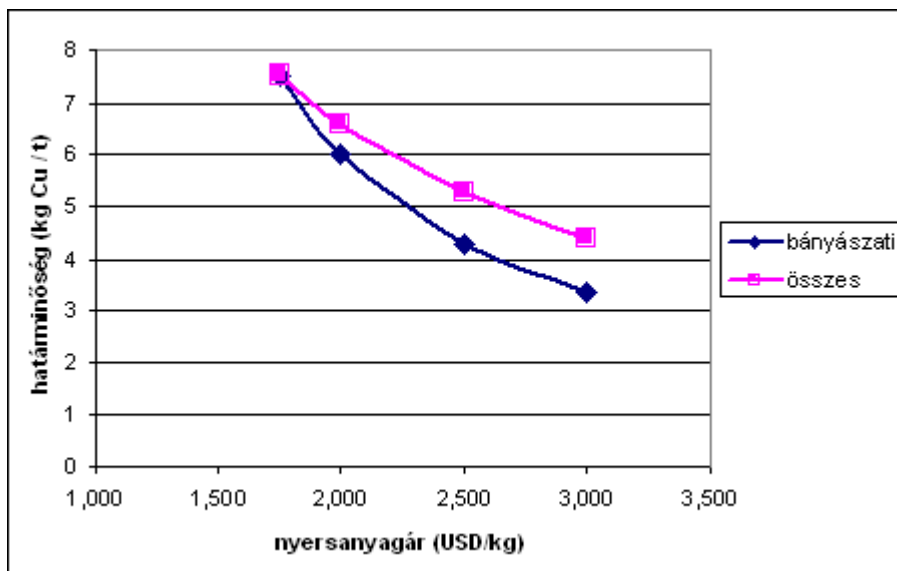
9.3 táblázat



9.2 ábra

A bányászati költségek csökkentésével csökkenthető a határminőség, növelhető a kitermelendő nyersanyag mennyisége. Ugyanakkor a határminőség igen erősen függ a nyersanyagártól. Ha csökken a nyersanyagár, a feltételek szigorodnak, a határminőség nő, a kitermelhető nyersanyag mennyisége szűkül. Ha nő a nyersanyagár, akkor csökken a határminőség.

A kiindulási paraméterekkel számolt határminőségek és a nyersanyagár közötti összefüggést a bányászati költségek, illetve a teljes költségek figyelembe vételével a következő ábra mutatja.



9.3 ábra

Egészítsük ki a modellt a meddőkitermelés költségeivel. Ekkor magasabb határminőségből kell kiindulnunk. A számbavételi letakarítási arányt a (2) egyenletnek megfelelően a nettó eredmény és a meddőletakarítás költségének hányadosaként kapjuk. A **9.2. táblázatot** kiegészítve néhány határminőség érték és nyersanyagár mellett a következő számbavételi letakarítási arányokat kapjuk:

határminőség (kg/t)	10,00	9,00	8,00	7,00
kinyerhető réz (kg/t)	8,50	7,65	6,80	5,95
költségek (USD/t érc)				
összes bányászati költség	6,40	6,40	6,40	6,40
kohósítási költség	6,38	5,74	5,10	4,46
érctermelés összes költség	12,78	12,14	11,50	10,86
1,75 USD/kg Cu				
bevétel (USD/t érc)	14,88	13,39	11,90	10,41
nettó eredmény (USD/t érc)	2,10	1,25	0,40	-0,45
BESR	2,21/1	1,32/1	0,42/1	--
2,00 USD/kg Cu				
bevétel (USD/t érc)	17,00	15,30	13,60	11,90
nettó eredmény (USD/t érc)	4,23	3,16	2,10	1,04
BESR	4,45/1	3,33/1	2,21/1	1,09/1
2,50 USD/kg Cu				
bevétel (USD/t érc)	21,25	19,13	17,00	14,88
nettó eredmény (USD/t érc)	8,48	6,99	5,50	4,01
BESR	8,92/1	7,36/1	5,79/1	4,22/1

9.3 táblázat

Látható, hogy a számbavételi letakarítási arány egyaránt erősen függ a határminőségtől, és a nyersanyagártól. Azt eddig nem vizsgáltuk, hogy az így meghatározott letakarítási arányú külfejtés keretei között marad-e olyan ércettest, ami

az adott határminőséggel rendelkezik.

Az eddig bemutatott modell még két fontos feltételt nem vett figyelembe:

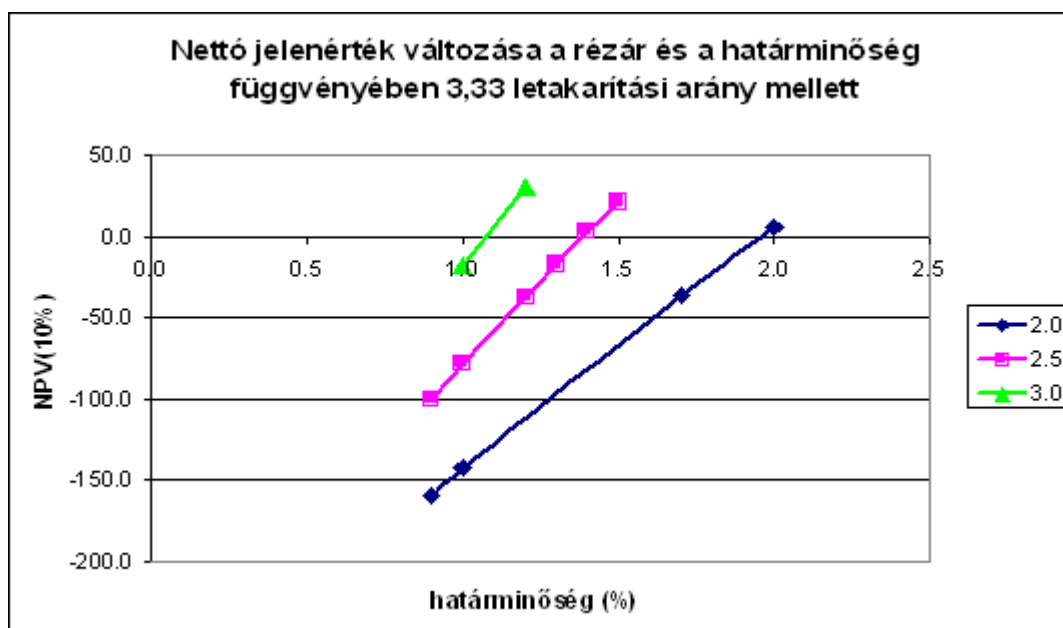
- A projekt megvalósíthatóságához egy minimális elvárt profit is szükséges. Ez még tovább szigorítja a határminőséget.
- Eddig diszkontálatlan modellel számoltuk a határminőséget. Ha az itteni számítások eredményeként kapott éves bevételek és költségek sorait használjuk egy diszkontált *cash flow* modell bemenő paraméteriként, akkor reális képet kapunk egy több évtizedes projekt megvalósíthatóságáról a tervezés során.

Végül nézzük meg, hogy egy 5% bányajáradékkal, 25% nyereségadóval számoló, 20 éves futamidejű diszkontált *cash flow* modellbe helyezve a fenti modellből számolt éves bevételi és költség adatokat milyen összeredményt kapunk. A projekt értékét 10%-os diszkonttényezővel számolt nettó jelenértékkel jellemezzük, az első két évben összesen 170 M USD beruházás történt. Kiindulási modellként válasszuk a jelenleg reális 10 USD/kg rézárát és a 0,7%-os határminőséget. Ehhez 51,2/1-es letakarítási arány tartozik (lásd **9.3. táblázat**). Ekkor az éves bevétel éppen fedezi az éves költségeket, így nyereség nem termelődik, a beruházás sem térül meg. Ahhoz, hogy ez legalább nulla nettó jelenértékű projekt legyen, ugyanakkora letakarítási arány mellett nagyobb számbavételi minőségre és/vagy magasabb rézárra van szükség. Ugyanakkor ez olyan nagy számbavételi letakarítási arány, hogy ilyenre nem lesz szükség, így keletkezik kellő profit ahhoz, hogy a projekt megvalósítható legyen. Az alábbi példához ha a egy tonna rézértől 40 USD profitot várunk el, akkor a számbavételi letakarítási arány lecsökken 9,09-re, ami még mindig igen magas. Ebben az esetben a 20 év futamidejű projekt 2% bányajáradékkal és 18% nyereségadóval számolva 104,8 millió USD adózás utáni diszkontált nyereséget hoz.

Év	kutatás (M\$)	beruházás (M\$)	termelési költség (M\$)	termék értéke (M\$)	bánya-járadék (2%)	érték-csökkenés	adó alap / adózás előtti nyereség	nyereség-adó (18%)	vállalati CF	teljes állami CF
1	70,0								-70,0	
2		100,0							-100,0	
3			21,2	64,6	1,3	24,0	18,1	3,3	38,8	4,6
4			21,2	64,6	1,3	24,0	18,1	3,3	38,8	4,6
5			21,2	64,6	1,3	24,0	18,1	3,3	38,8	4,6
6			21,2	64,6	1,3	24,0	18,1	3,3	38,8	4,6
7			21,2	64,6	1,3	24,0	18,1	3,3	38,8	4,6
8			21,2	64,6	1,3	10,0	32,1	5,8	36,3	7,1
9			21,2	64,6	1,3	10,0	32,1	5,8	36,3	7,1
10			21,2	64,6	1,3	10,0	32,1	5,8	36,3	7,1
11			21,2	64,6	1,3	10,0	32,1	5,8	36,3	7,1
12			21,2	64,6	1,3	10,0	32,1	5,8	36,3	7,1
13			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
14			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
15			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
16			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
17			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
18			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
19			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
20			21,2	64,6	1,3		42,1	7,6	34,5	8,9
nettó összes									482,1	129,1
NPV (10%)									104,8	
vállalati IRR									19,7%	

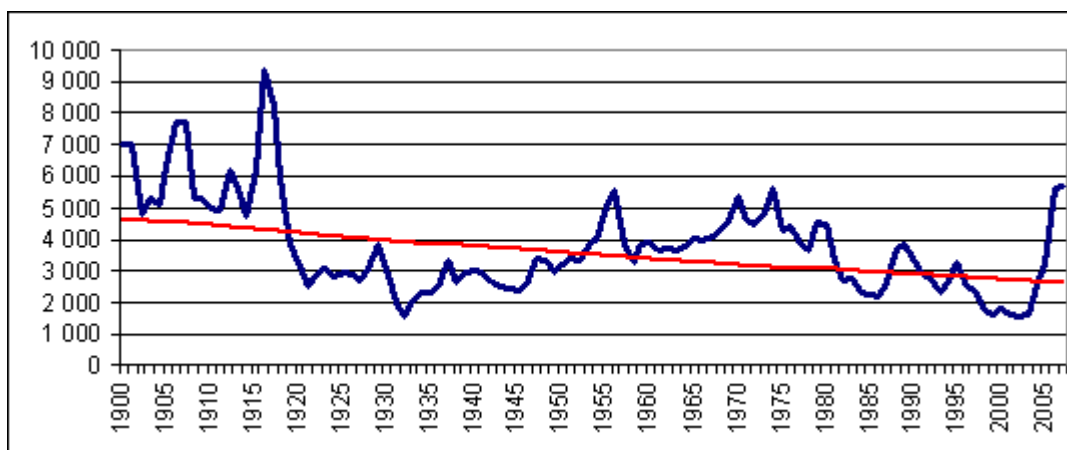
9.4 táblázat

A következő ábra mutatja az ismertetett paraméterek változásának hatását a nettó jelenértékre:



9.4 ábra

Ez a vizsgálat jól mutatja, hogy a nyersanyagár változása milyen nagy hatással van a projekt megvalósíthatóságára. 50%-os nyersanyag-drágulás a modellszámítás szerint majdnem 100%-kal csökkenti a határminőséget. Ha a példaként szereplő réz árának változását nézzük az utóbbi 100 évben (9.5. ábra), legalább 10 olyan időszakot találhatunk, ahol a rézár 5 éven belül legalább 50%-kal nőtt. Ugyanakkor az is igaz, hogy szinte alig jelölhető ki olyan periódus, ahol az ár 10 éven belül a fellendülés kezdetétől ne csökkent volna vissza legalább az eredeti szintre. 20-30 évre tervezett bányá esetében ez nem tűnik jó kilátásnak, ha az ércetestünk döntő részében az érc tartalom csak kissé haladja meg a határminőséget.



9.5 ábra

3. FELADATOK

☛ SZÁMBAVÉTELI MINŐSÉG FELADATOK i

Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.
A feladat végső eredményének a mindenkor **legutolsó megoldás** számít.

- 8. Ha a határminőség 7 kg/t, a belső számbavételi minőség 5 kg/t és a megvalósítható számbavételi minőség (meddőletakarítással együtt pozitív nettó értéket ad) 12 kg/t, akkor a 6 kg/t érc tartalmú blokk hová kerül?**

meddőhányóra

feldolgozásra

- 9. Az előbbi feltételek mellett (14. kérdés) a 4 kg/t érc tartalmú blokk hová kerül?**

meddőhányóra

feldolgozásra

[1] Laurich (ed.) Planning and design of surface mines. in Kennedy, B. A. (ed.) (1990): Surface mining (Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., Port City Press, Baltimore)