

TDK – dolgozat

Vizkeleti Anna
MSc

2011.

**Környezeti erőforrások kiaknázásának kockázata, különös tekintettel a
recski aranybányászatra**

**Risk of the exploitation of natural resources especially the gold mining at
Recsk**

Kézirat lezárása: 2011. november 11.

Környezeti erőforrások kiaknázásának kockázata különös tekintettel a recski aranybányászatra

Risk of the exploitation of natural resources especially the gold mining at Recsk

Az emberiség története sokoldalúan bizonyítja, hogy a természeti erőforrások igénybevétele együtt járt a környezetbe történő beavatkozással. Az emberi beavatkozás hatása az ipari forradalom óta olyan nagyméretűvé vált, hogy a világ számos területén a környezet pusztulásához vezetett.

Nemcsak hazánkban, de Közép-Kelet-Európa országaiban is a bányászatnak komoly gazdasági és szociális jelentősége van, emellett magán viseli az elmúlt évtizedek környezetvédelmi hibáinak és téves döntéseinek következményeit, és szenved a mulasztások kiváltotta társadalmi ellenérzésektől. Az iparág jövőjét tekintve többféle kimenet is lehetségesnek látszik, figyelembe véve egyrészt a nyersanyagok iránti növekvő keresletet, de a jelentős érdekérvényesítéssel bíró környezetvédelmi csoportok által felvetett jogos környezetvédelmi aggályokat is.

A környezeti hatás lényegében az emberi beavatkozás természeti következményeinek összességét jelenti. A beavatkozás mértéke és annak következményei azonban egy ilyen bonyolult rendszerben nemlineáris kapcsolatban vannak egymással, úgyhogy a beavatkozás különféle hosszú távú következményei valójában kiszámíthatatlanok. A szennyezőanyagok mind a környezetre, ill. azon keresztül az emberi szervezetre gyakorolt ártalmas és összetett hatásainak fokozatos felismerése eredményeképpen először az Egyesült Államokban fogalmazták meg a kockázatelemzés módszertani irányelvét.

Az utóbbi évtizedek súlyos ipari baleseteinek hatására a kockázat alapú döntéshozás a fejlett országokban egyre inkább előtérbe került a megalapozott és szerteágazó tudományos kutatások következtében. A kockázatelemzés számos területen alkalmazott eljárás, melyet a feladat céljának megfelelően kisebb-nagyobb eltérésekkel alkalmaznak.

Dolgozatomban összefoglalom a kockázat felmérés elméleti hátterét, majd a környezeti erőforrások, ezen belül az ásványi nyersanyagok, az arany kiaknázásának kockázati becslését a recski esettanulmányon keresztül mutatom be.

Vizkeleti Anna

Risk of the exploitation of natural resources especially the gold mining at Recsk

Környezeti erőforrások kiaknázásának kockázata különös tekintettel a recski aranybányászatra

In many ways the history of mankind proves that the use of natural resources has been accompanied by intervention into the environment. The impact of human activity since the Industrial Revolution has become too large in many areas of the world, and it has led to environmental degradation.

Not only in Hungary but in the countries of Central and Eastern Europe has the mining industry major economic and social importance. The mining industry have many environmental mistakes and wrong decisions. In the recent decades the industry suffers from that mistakes and from the social revulsion. The future of the industry's have many possible ways, we have to take in account the rising demand for raw materials and also the rising legitimate of the major environmental groups and their rightful qualms.

The environmental impact essentially means all the natural consequences of human intervention. The rate of response and its consequences, however, have a non-linear relationship in this complicated system. So the long-term consequences of various interventions actually unpredictable. The pollutants has adverse effects and harmful not only for the environment but also for the human body. Because of the recognition of these effects formulated the principals of the risk analysis methodology first in the United States.

In recent decades happened many major industrial accidents, and due to accidents the risk-based decision making came to the front in the developed countries. The scientific research helped the decision making. The risk assessment procedure used in many areas, and it depends for the aims of the tasks.

In my essay I summarize the theoretical background of risk assessment, after the environmental resources, including minerals, and my case study is the risk of the exploitation of gold mining at Recsk.

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés, A témaválasztás indoklása	1
1.Kockázatfelmérés, kockázatalapú döntéshozatal	3
1.1.A kockázat matematikai értelmezése	3
1.2.A vállalati kockázatkezelés	4
1.3.A kockázatfelmérés módszertana	6
1.3.1.Veszélyazonosítás	7
1.3.2.Expozíció vizsgálat	8
1.3.3.Toxicitás vizsgálat	10
1.3.4.Kockázatjellemzés	11
2.Az arany tulajdonságai, aranybányászat	13
2.1.Az arany geokémiája és ásványtana	13
2.2.Aranybányászat	15
2.3.Ércfeldolgozás	18
2.4.Alternatív aranykinyerési eljárások	24
2.5.A bányászat kockázati tényezői	26
2.6. Bányászatra vonatkozó környezetvédelmi intézkedések az EU-ban és hazánkban	28
2.7.Példák a környezetszennyezésre az arany előállítása során	30
2.7.1.Bányahulladék mennyisége	30
2.7.2.Tengeri szemétkukák	30
2.7.3. A víz	31
2.7.4.Meddőhányók	31
2.7.5.Cián	32
2.7.6.Ciánszennyezés a Tiszán	32
2.7.7.Higany	32
2.7.8.Verespatak	33
3.Hatástanulmány, Recsk	35
3.1.Magyarország ércbányászata	35
3.2.Aranybányászat Recskén	37
3.2.1.Lahóca I. földtani viszonyainak bemutatása	39
3.2.2. A bánya megnyitásával kitermelhető arany mennyisége	41
3.2.3. A korábbi meddő újrafeldolgozásával kinyerhető ércvagyon	43
3.3.Az érc feldolgozási technológiájának kutatása	46
3.4.A bánya jelenlegi helyzete	47
4. Kockázati tényezők összefoglalása	47
5. Javaslatok	51
Összegzés	56
Felhasznált szakirodalom	57

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. A veszélyazonosítás fázis megválaszolandó kérdései	7
2. Az expozíció vizsgálat fázis megválaszolandó kérdései	9
3. A toxicitás vizsgálat fázis megválaszolandó kérdései	10
4. A kockázat jellemzés fázis megválaszolandó kérdései	11
5. A kockázat minősítése a kockázati hányados alapján	12
6. A földkéreg felépítésében előforduló legfontosabb elemek	14
7. Magyarország ércvagyon 2008. január 1-i állapot	37
8. A lahócai aranyércvagyon becsült mennyiségének változása a kutatás során	43
9. Hasonló típusú ércelőfordulások Európában	43
10. Lahócai bánya termelési adatai 1931-1979	44
11. Hulladékanyagok a Recski bánya területéhez kapcsolódóan	44
12. A meddőből kinyerhető fémtartalom	45
13. Ökoszisztémát veszélyeztető tevékenységek és hatások	48
14. Talajszennyezés típusai és forrásai	49
15. A vízkészleteket veszélyeztető potenciális szennyező források	49
16. A légszennyezés típusai és forrásai	50

ÁBRAJEGYZÉK

1. A megtérülés és a befektetett összeg kapcsolata a biztonság növelésére	5
2. A környezeti kockázatelemzés kulcsfeladatai	6
3. A koncepciók modell alkotóelemei	8
4. A koncentráció eloszlás meghatározásának módszerei	9
5. A világ aranybányászatának alakulása	16
6. A világ legnagyobb aranykitermelő országaiban a termelés alakulása	17
7. Az arany világpiaci árának alakulása USD/uncia	18
8. Örlőüzem	21
9. Aktív szénrel töltött kád	21
10. Zagytaroló	22
11. Verespatak	34
12. Verespatak	34
13. Egy felhagyott aranybánya képei Verespatak	34
14. Egy felhagyott aranybánya képei Verespatak	34
15. Egy felhagyott aranybánya képei Verespatak	35
16. Verespatak bánya madártávlatból	35
17. Recsk helye Magyarország térképén	38
18. Recsk látképe a Lahóca hegy oldaláról	38
19. Epitermális Au, Ag telepek	39
20. Lahóca hegy	40
21. Benőtt enargit breccsában a Lahóca-hegy D-i oldalán	41
22. Termésarany, mikroszkópi kép Lahóca-hegy D-i oldal	42
23. Integrált kockázati modell	48
24. A kockázatelemzés és a kockázatok kezelése keretében folytatott egyéb tevékenységek közötti kapcsolat egyszerűsített vázlata	53
25. Technológiai folyamat elemzés lépései	55

*„Ki gépen száll fölébe,
annak térkép e táj”*

Radnóti

BEVEZETÉS, A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁS

Egyetemi tanulmányaim során kezdtem el környezetgazdaságtannal, fenntartható fejlődéssel, klímapolitikával foglalkozni. Jelenleg I. éves Msc, a Műszaki Földtudományi Karon pedig II. éves Bsc hallgató vagyok, hat szemesztere látok el demonstrátori feladatokat. Professzoraim, tanáraink által a legváltozatosabb feladatokkal ismerkedhettem meg, bekapcsolódhattam az általuk irányított kutatásokba.

A környezetgazdaságtan területén végzett kutatások inspiráltak arra, hogy természettudományos ismereteimet gyarapítsam, ezért kezdtem el tanulmányaimat a Műszaki Földtudományi Karon. Jelen dolgozatom témáját is ennek megfelelően választottam, de a témaválasztásban nemcsak ez befolyásolt.

Szüleimmel Mátraderesken lakom. Ez a település három km-re van Recsktől, ahol Magyarország egyik legnagyobb ércleőhelye található. Az egykori virágzó bányásztelepülésen a bánya bezárása után (amely sajnos családunkat is érintette), a munkanélküliség az országos átlag kétszeresére emelkedett. Munkalehetőség nincs, a fiatalok elvándorolnak a településről. Időnként felröppennek hírek potenciális befektetőkről, le nem zárt vagy folyamatos pályázatokról, melynek pozitív eredményeitől a település és egyben saját boldogulásukat is várják a falu lakói. Recsken nemcsak réz, hanem arany is található. Megkutatása évekkel ezelőtt az Enargit Kft. által megtörtént, azonban az akkori világpiaci aranyár nem tette érdekeltté a befektetőt a termelés körülményeinek megteremtésére. Mára az arany világpiaci ára 1900 USD unciánként, a jelenlegi pénzügyi válság pedig még keresettebbé tette az aranyat a hosszú távú, biztonságos befektetést keresők számára. Emellett szakemberek szerint a régi Lahóca bánya meddője is jelentős mennyiségű aranyat tartalmaz, melyet fejlettebb technológiával újra feldolgozva a benne maradt arany kinyerhető.

Dolgozatomban az ásványi nyersanyagok kiaknázásának kockázati tényezőivel, elsősorban környezeti hatásaival foglalkozom, amely három fő részből áll. Az első részben a kockázatfelmérés elméleti háttérével, a második részben pedig az ásványi nyersanyagok kitermelésének környezeti hatásaival foglalkozom. A harmadik részben az aranyra fókuszálva összefoglalom mindazokat a környezeti hatásokat, melyek a termelés folyamán Recsk térségét érinthetik, illetve javaslatot teszek azoknak az intézkedéseknek a megtételére, amelyek az esetleges bányanyitás és üzemelés során a kedvezőtlen környezeti kockázatokat és hatásokat csökkenthetik.

Recsk képviselőtestülete a lakossággal egyetértésben a bánya megnyitása, a termelés beindítása mellett tette le voksát. Felmerül azonban a kérdés, hogy mennyire van felkészülve maga a település arra a hatalmas változásra, amely egy esetleges bányanyitással, termeléssel a településre vár. A célom az, hogy gazdasági érdektől vezérelve ne lehessen olyan döntést rákényszeríteni a településre, amely a biztonságát, környezetét veszélyeztetné. Nem az a célom, hogy egy jövőbeli befektető ellen hangoljam a közvéleményt, hiszen a község boldogulásáról van szó, hanem fontosnak tartom, hogy a lakosság tisztában legyen mindazokkal a környezetvédelmi feltételekkel, melyek megvalósítása elengedhetetlen a biztonságos bányanyitáshoz, és működtetéshez.

Dolgozatom megírásához a témához kapcsolódó és a mellékletben feltüntetett külföldi és hazai szakirodalmat, nemzetközi és hazai adatbázisok adatait, a Recskhez kapcsolódó szakmai anyagok adatait használtam.

1. KOCKÁZATFELMÉRÉS ÉS KOCKÁZATALAPÚ DÖNTÉSHOZATAL

Az utóbbi évtizedek súlyos ipari baleseteinek hatására a kockázat alapú döntéshozás a fejlett országokban egyre inkább előtérbe került a megalapozott és szerteágazó tudományos kutatások következtében. A kockázatfel mérés számos területen alkalmazott eljárás, melyet a feladat céljának megfelelően kisebb-nagyobb eltérésekkel alkalmaznak.

A kockázat egy cselekvési változat lehetséges, negatívan értékelt következményeinek teljes leírása, beleértve a következmények súlyának és bekövetkezésük valószínűségének megmutatását is.¹ A kockázat fogalma a gazdasági életben alakult ki. A kockázatszámítási módszerek kidolgozásának szükségességét világviszonylatban a modern piacgazdaság kialakulása teremtette meg.

A kockázat mértékének ismeretére Magyarországon több évtizeddel ezelőtt először a bányászatban jelentkezett igény. Az első próbálkozások dr. Faller Gusztáv és dr. Benkő Ferenc nevéhez fűződnek. Piacgazdaság hiányában ezek a korai módszerek sajnos nem nyerhettek teret. A 80-as évek végétől ismételten, a földtani kutatás és a bányászat igényeiből adódóan, a Központi Földtani Hivatal megbízásából a gazdasági kockázat számítására újabb kutatások kezdődtek. A kidolgozott megoldásokat először a dorogi medence lencsehegyi területén próbálták ki².

1.1. A KOCKÁZAT MATEMATIKAI ÉRTELMEZÉSE³:

Egy környezeti esemény (x) kockázata (R=risk) ennek megfelelően az esemény bekövetkezési valószínűségének P(x) és a bekövetkezett esemény okozta kárnak D(x) a függvénye. Matematikai formulával kifejezve:

$$R(x)=P(x)*D(x)$$

¹ Kerekes Sándor- Kindler József: Vállalati Környezetmenedzsment, 170.o.

Forrás: <http://mek.oszk.hu/01400/01457/01457.pdf>

² Dr. Füst Antal [2004]: Kockázat, Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 137. évfolyam, 2-3. szám 12-18.o.

³ Marx György [1990/5]: Kockázat, Fizikai Szemle 129.o.

Forrás: <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9005/mgy9005.html>

A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy kockázatosnak csak az olyan eseteket tekintjük, amelyeknél mind az esemény bekövetkezési valószínűsége, mind az esemény által kiváltott hatások számottevőek. Ha mindkét tényező a nulla közelében van, akkor általában nem érdemes a kockázattal foglalkozni. A környezeti kockázatokkal kapcsolatos matematikai formulák gyakorlati használhatóságát erősen korlátozza, hogy az okozott kár és az esemény bekövetkezése között nincs függvényszerű kapcsolat⁴.

A kockázat fogalmát néhány hivatkozásban csak a $[0; 1]$ intervallumon értelmezett valószínűségként definiálják. Általánosságban egy meghatározott időtartam (rendszerint egy év) alatt, vagy adott körülmények hatására bekövetkező, nemkívánatos esemény matematikai valószínűsége⁵.

A kockázat, mint ahogyan a képletből is látható, mindig két elemet tartalmaz:

- annak valószínűségét, hogy a veszély bekövetkezhet;
- a veszélyes esemény következményeit.

1.2. A VÁLLALATI KOCKÁZATKEZELÉS

A kockázatok tudatos ismeretére és aktív kontrolljára vonatkozó szisztematikus megközelítés a vállalati kockázatkezelés annak érdekében, hogy

- a vállalat működése az üzleti célok, valamint a tulajdonosok és érintettek elvárásainak megfelelően zavartalanul történjen,
- a kockázatkezelés célja nem szükségszerűen a kockázatok számának csökkentése vagy elkerülése, hanem minél magasabb szintű kockázati tudatosság elérésével és fenntartásával a kockázatok lehetséges hatásainak minimálása,
- az üzleti döntések eredményének optimalizálása, az optimális kockázat/hozam profil kialakítása.

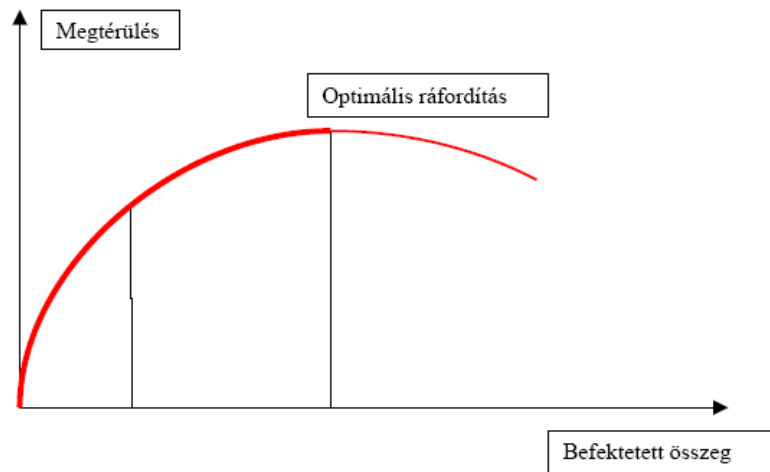
⁴ Kerekes Sándor [2007]: Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés DE AMTC AVK 120.o.

⁵ Dr. Gazdagné Rózsa Enikő [2009]: Fuzzy koncepción alapuló környezeti és egészségkockázat becslés Gyöngyösorszi környékén Doktori értekezés, Budapest.
Forrás: http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/gazdagne_rozsa_e.pdf

A kockázatkezelés egymástól elkülöníthető, de folyamatba szervezett lépésekből áll. A folyamatba szervezés és a rendszeres, ismétlődő végrehajtás jelenti a kockázatkezelés legnagyobb értékét, mivel egy-egy konkrét üzleti döntés meghozatalánál vagy kereskedelmi megállapodás, projekt stb. elindításánál a legnagyobb felkészültséggel sem mérhető föl az összes kockázat (de ha mégis, azok valószínűsége és potenciális hatása folyamatosan változik)⁶.

A kockázatkezelés alapvető, de nem elsődleges feladata a vállalkozást érő károk minimalizálása a lehető legkisebb ráfordítások mellett. A károk gazdasági következményei kétféleképpen lehetnek: vagy többletköltséget okoznak, vagy a bevételt csökkentik. A kockázatkezelés költségei a kockázatkezelési tevékenységek és intézkedések költségeiből tevődnek össze.

A kockázatkezelés legfontosabb szabálya, hogy a kockázatkezelési ráfordításoknak mindenkor arányban kell lennie a potenciális veszteségekkel. A kockázat és biztonság gazdasági szinten is összefüggnek. A vállalkozások egy része már felismerte, hogy a biztonság növelésére - egy adott optimális szintig- fordított összeg megtérül (1. ábra).



1. ábra

A megtérülés és a befektetett összeg kapcsolata a biztonság növelésére

Forrás: Varga Zoltán: Veszélyforrás elemzés a vegyiparban
Veszprémi Egyetemi Kiadó 1998⁷

⁶ Hornai Gábor [2001/04]: Kockázat és kockázatkezelés, A Magyar Villamos Művek Közleményei 40-46. o.

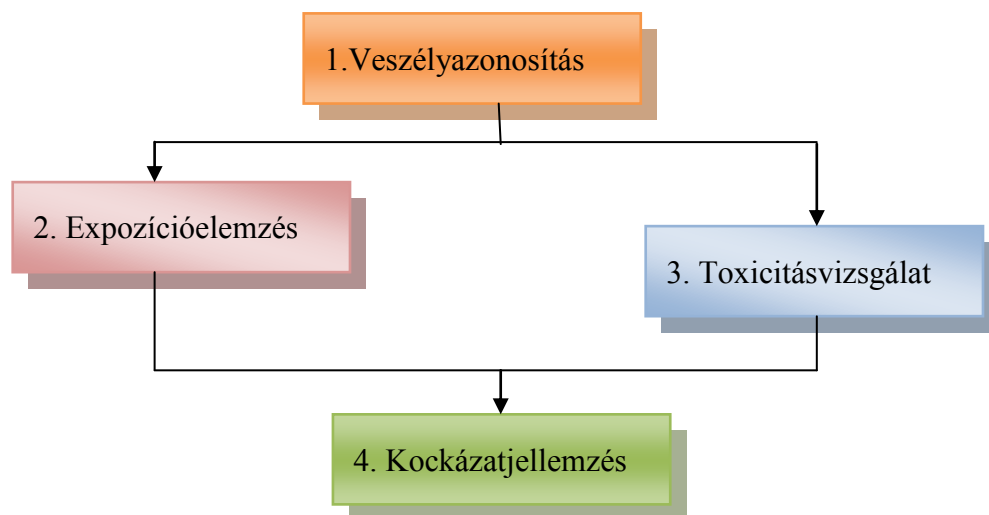
⁷ rkk.uni-obuda.hu/.../kockazatelemzes

A kockázatelemzés alapvető célja az, hogy racionálisan megalapozza a kockázatokkal kapcsolatos döntéseket. E döntéseket a kockázatok átfogóbb kezelésének részeként lehet meghozni, azáltal, hogy a döntéshozók összehasonlítják a kockázatelemzés eredményeit az elviselhető kockázati kritériumokkal.

Sok esetben igény merül fel arra is, hogy az adott egyedi esetben külön értékeljék az adott döntés előnyeit a megalapozott döntéshozatal érdekében. Ki kell azonban emelni, hogy az elviselhető kockázati kritériumok általános tartalma igen komplex, magába foglal szociális, gazdasági és politikai szempontokat is⁸.

1.3.A KOCKÁZATFELMÉRÉS MÓDSZERTANA⁹

A kockázatok kezelésének folyamata számos különböző elemet foglal magába, kezdve a kockázat előzetes feltárásán és elemzésén, annak elviselhetősége megítélésén és a potenciális kockázatsökkentési lehetőségek azonosításán át, egészen a megfelelő szabályozási és csökkentési intézkedések megválasztásáig, végrehajtásáig és figyeléséig (monitoring).



2. ábra

A környezeti kockázatelemzés kulcsfeladatai

Forrás: Saját szerkesztés (9) alapján

⁸ Hornai Gábor [2001/04] : Kockázat és kockázatkezelés, A Magyar Villamos Művek Közleményei 40-46. o

⁹Forrás: Madarász Tamás [2005] : Kockázatelemzés alkalmazása és kritériumrendszere szennyezett területek kármentesítése során, Doktori (PHD) értekezés

A 2. ábra a környezeti kockázatelemzés kulcsfeladatait foglalja össze, mely szerint:

- azonosítani és jellemezni a szennyező forrás-útvonal-cél együttest, vagyis a szennyező anyag forráshelyét, a terjedés útvonalát (terét) és a szennyezés célját, tárgyát, befogadóját, figyelembe véve a jelenlegi vagy a tervezett területhasználatot és következményeit.
- definiálni a szennyező forrás-útvonal-cél rendszer viszonyait,
- becsülni azt a kockázatot, amelyet a célelem elszenved, ha találkozik a veszéllyel,
- értékelni a becsült kockázatot, figyelembe véve a veszély természetét és nagyságát, valamint azokat a bizonytalanságokat, amelyeket a kockázatbecslési eljárás magán hordoz¹⁰.

1.3.1.Veszélyazonosítás

A veszélyazonosítás a kockázatfelmérés első fázisa. Lényege a kockázatfelmérés céljának a meghatározása, a szennyezett terület kellő megismerése, mivel az a kockázatfelmérés további fázisainak eredményességét és a megoldáshoz szükséges feladatokat is összefoglalja. Ez a fázis közvetlenül kapcsolódik a terepi mérésekhez. Fő feladatait az 1. táblázat foglalja össze.

1.táblázat: Aveszélyazonosításfázis megválaszolandó kérdései

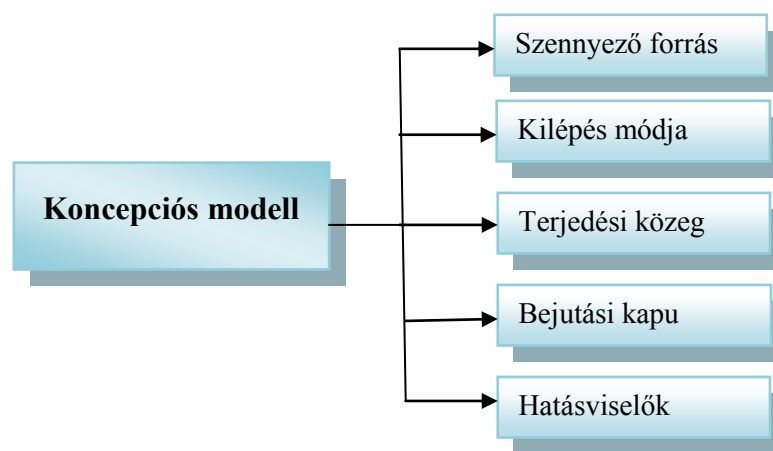
Veszélyazonosítás	
	Múltbeli, jelenlegi, jövőbeli területhasználatok
	Földtani viszonyok megismerése
	Területhasználók, hatásviselők azonosítása
	Feltételezett szennyezők előzetes szűrése
	Terjedési útvonalak megadása
	Szennyezés mértékének becslése
	Irodalmi adatgyűjtés
	Területspecifikus adatok begyűjtése
	A kockázatbecslés céljának meghatározása
	Koncepciós modell felállítása

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

¹⁰ Dr. Fekete Jenő György [2008] : Környezetállapot-értékelés I. Pécsi Tudományegyetem Pécs, 2008. 110.o.

A lehetséges kockázatok felsorolása kritikus fázis, mivel egy elfelejtett kockázati tényező elemzésére a későbbiekben nem fog sor kerülni. Hasonlóképpen, listára kell venni a látszólag teljesen elhanyagolható hatású vagy majdnem kizárható valószínűségű kockázatot is, hiszen az élet nem statikus, a kockázatok hatásai jelentősen megváltozhatnak. A kockázatok azonosításánál figyelembe kell venni a lehetséges kiváltó okokat és szükség szerint esetelemzéseket kell végezni¹¹.

Ez a fázis a koncepció modell felállításával zárul, amely a kockázatelemző munkahipotézisének áttekintő kvalitatív szemléltetése. A modell alkotóelemeit a 3. ábra foglalja össze.



3. ábra

A koncepció modell alkotóelemei

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

A modell lényege, hogy minden egyes szennyező forrásra és szennyezőre az elemző végigköveti a kémiai anyag lehetséges sorsát a forrástól a receptorig, valamint kijelöli ezzel a vizsgálat további lépéseit.

1.3.2. Expozíció vizsgálat

Az expozíció elemzés a toxicitás vizsgálattal párhuzamosan végrehajtandó feladat, a receptorokhoz eljutó szennyező anyag minőségének és mennyiségének, a szóban forgó vegyület toxikus potenciáljának elemzése. Részfeladatait a 2. táblázat foglalja össze.

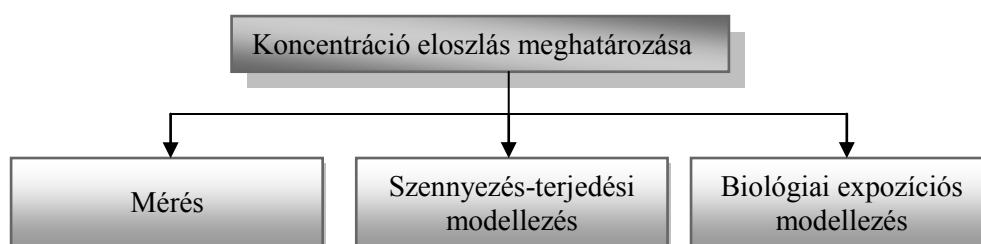
¹¹ Hornai Gábor [2001/04] : Kockázat és kockázatkezelés, A Magyar Villamos Művek Közleményei 40-46.

2.táblázat Az expozíció vizsgálat fázis megválaszolandó kérdései

Expozíció elemzés	
	Feltárások, terepi és laboratóriumi mérések végzése
	Koncentráció, eloszlás meghatározása
	Hidrodinamikai és transzportmodell felépítése
	Mértékadó koncentráció vagy koncentráció eloszlás megadása
	Környezeti közegek közötti transzport folyamatok számbavétele
	Hatásviselők életformájának meghatározása
	Receptor jellemzés
	Biológiai hányad elemzés
	Expozíció mértékének becslése

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

Legfontosabb feladat a koncentráció térbeli és időbeli eloszlásának a meghatározása, melynek módszereit a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra

A koncentráció eloszlás meghatározásának módszerei

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

Megállapíthatjuk, hogy a közvetlen mérések útján szerzett szennyezettségi adatok biztosítják a legmegbízhatóbb alapadatokat az expozíció becsléshez. A mérések azonban a megbízhatósággal arányosan költségesek, vagy egyes esetekben nem is végezhetők.

A hatásviselők expozíciójának becslésekor szabványosított alapértékeket alkalmazunk olyan mennyiségekre, mint pl. a belélegzett levegő térfogata, a naponta fogyasztott ivóvíz mennyisége, testtömeg, bőrfelület. Ezekre a paraméterekre ajánlás található a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium által kiadott módszertani útmutatóban.

Az expozíció elemzés alapján adhatjuk meg az adott szennyezőnek különböző környezeti közegek útján a receptorokhoz eljutott mennyiségét, valamint a naponta felvett mennyiségét testtömegre vonatkoztatva.

$$\dot{A}ND = [C \cdot IR \cdot EF] / BW$$

$\dot{A}ND$	Közegből a szervezetbe jutó szennyezés értéke mg-ban, naponta és egységnyi testtömegre vonatkoztatva	[mg/ttkg nap]
C	A szennyező koncentrációja a közegben	[mg/L]; [mg/kg]; [mg/m ³]
IR	Adott közeggel való kapcsolat mértéke naponta (napi vízfogyasztás, napi belélegzett levegő mennyisége, stb.)	[L/nap]; [kg/nap]; [m ³ /nap]
EF	Expozíciós tényező, az expozíció időtartamra vonatkoztatott gyakoriságát adja	
BW	Testtömeg	[kg]

Abban az esetben, ha a szennyező több útvonalon, de ugyanazon a bejutási kapun jut be a szervezetbe, és ugyanazt az egészségkárosító hatást fejti ki, akkor a különböző utakon bejutott dózisok összegét kell képezni.

1.3.3. Toxicitás vizsgálat

Ebben a fázisban a legfontosabb feladat annak meghatározása, hogy adott szennyező esetében mekkora az az érték, amit a szervezet egészségkárosodás nélkül képes elviselni, illetve hogy létezik-e ilyen küszöbérték. A megválaszolandó kérdéseket, tennivalókat a 3. táblázat foglalja össze.

3.táblázat A toxicitás vizsgálat fázis megválaszolandó kérdései

Toxicitás vizsgálat	
	Rendelkezésre álló toxicitás információk beszerzése
	Toxikológiai hatásmechanizmus meghatározása
	Toxikológiai paraméterek megadása
	Toxikológiai elemzés bizonytalanságainak összefoglalása
	Egyéb befolyásoló tényezők vizsgálata

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

A toxikológiai jellemzők meghatározása nem egyszerű feladat. Leggyakrabban az egészségügyi vagy toxikológiai szervezetek által publikált adatbázisok adatait lehet alapul venni (WHO, USEPA, ATSDR, RIVM).

A toxicitás elemzés fázis lezárható akkor, ha a koncepció modellben kiszűrt összes szennyező toxikológiai hatásmechanizmusa és az ehhez kapcsolódó expozíciós határérték meghatározásra került. A toxicitás vizsgálat az expozíció vizsgálattal párhuzamosan kerül elvégzésre, és ezek eredményei az utolsó (kockázat jellemzés) fázisban kerülnek összegzésre.

1.3.4. Kockázat jellemzés

A kockázatelemző munka utolsó fázisa, melynek részeit a 4. táblázat foglalja össze. Legfontosabb feladat az expozícióvizsgálat és a toxicitás vizsgálat eredményeinek összevetése és a kockázat számszerűsítése, a kockázat becslése. Ezt követően kerül értelmezésre a becsült kockázat értéke, a főbb megállapítások, bizonytalanságok összefoglalása, összegzése.

4. táblázat: A kockázat jellemzés fázis megválaszolandó kérdései

Kockázat jellemzés	
	Expozíció elemzés és toxicitás vizsgálat eredményeinek integrálása
	Kockázatok becslése
	Számított kockázatok értelmezése
	A becslésbe bevont feltételezések és bizonytalanságok összefoglalása
	Javaslatok a döntéshozatal támogatására

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

A küszöbértékkel rendelkező vegyületek esetében a kockázatot úgy becsüljük, hogy a ténylegesen mért vagy modellezett koncentrációból számított dózist (ÁND) a toxikológiai fázisban meghatározott referencia dózissal (RFD) vetjük össze, és képezzük mértékegység helyesen a kockázati hányadost. A kapott értéket 1-hez viszonyítjuk, ennek alapján a kockázat minősítését az 5. táblázat foglalja össze. Ha a kockázati hányados, vagyis $HRQ > 1$, akkor az egészségkárosító hatás fennáll, ezért kockázatkezelés szükséges.

5. táblázat: A kockázat minősítése a kockázati hányados alapján

HRQ	Kockázat minősítése
<0,001	elhanyagolható
0,01-0,1	kicsi
0,1-1	mérsékelt
1-10	nagy
10<	igen nagy

Forrás: Saját szerkesztés (10) alapján

Megállapítható tehát, hogy a küszöbértékkel rendelkező szennyezők esetében a kockázati hányados könnyen számítható. Azoknál a vegyületeknél, amelyek küszöbértékkel nem rendelkeznek, célul érdemes kitűzni a koncentráció olyan alacsony tartását, amennyire csak lehetséges. Ez esetben döntés kérdése, hogy mekkora az a felvállalható kockázat, ami alapján a kockázat alapú dózis már meghatározható. A döntést ekkor egy előzetesen meghatározott, elfogadható kockázati értékre alapozzuk.

Egyedi környezeti kockázatok kezelésére nem adhatók általános eljárási receptek, mert ezeket mindig az elméleti és átfogó módszertani ismeretek alapján kell kezelni. Hangsúlyozni kell azonban a szakmai felelősség kérdését is, hiszen megfogalmazódik a kérdés, hogy a lehetséges következmények halmazából hogyan lehet eljutni egy ténylegesen vizsgálható problémakörhöz, a feladat megfelelő idő- és térbeli korlátozásával, a lehető legmesszebbre tekintve és a legátfogóbb módon törekedve meghatározni a releváns hatások szféráját¹².

A gazdaságossági és kockázatelemzési módszerekkel kapcsolatosan fontos azt kiemelni, hogy az ok-okozati összefüggések szinte átláthatatlan láncolata következtében bármilyen módszerről, számítási eljárásról legyen is szó, a világos összefüggéseket, hatásokat azok mindig és szükségszerűen csak megközelítőleg képesek kifejezni, visszatükrözni¹³.

A kockázatfelmérés mind a négy fázisában, a folyamat számos elemét jellemzi változékonyság és bizonytalanság, melyek lehetnek paraméter, modellezési és munkahipotézisből adódó bizonytalanságok. Ezek a bizonytalanságok elkerülhetetlenek,

¹² Ulrich Beck [1992]: Risikogesellschaft, Auf dem Weg in eine andere Moderne, Suhrkampff, Frankfurt/Main, 1986, angolul: Risk Society, Sage, London, németül 1992-ig 60000 példányban jelent meg.

¹³ Barta I. [1986]: A beruházások döntés előkészítése, Akadémiai Kiadó, Budapest, 68-75.o.

azonban a kezelésük nagyon fontos. Egyes esetekben a paraméterek pontosításával a bizonytalanság csökkenthető, más esetben viszont a bizonytalanságokat kedvezőtlen szélsőértékkel helyettesítik, amely a valóságos kockázatot több nagyságrenddel megnövelheti. A kockázatbecslő eljárások értékelésekor minden esetben fel kell tüntetni a vizsgálatba bevont bizonytalanságokat és azok indoklását.

2. AZ ARANY TULAJDONSÁGAI, ARANYBÁNYÁSZAT

Az egyiptomi fáraók korától kezdve, Kolumbusz újvilágba tett útjáig, és azt követően is, az arany mindig a gazdagság és jólét szimbóluma volt. Fizetőeszközként is használták, valamint arra, hogy támaszt biztosítson a külső fizetőérték nélküli pénzeknek. A számítógépgyártásban, az orvostudományban, kozmetikai célokra, valamint ékszerkészítésben használják. A fénye és könnyű megmunkálhatósága tette az ékszeripar legkedveltebb fémévé. Rendkívül jól nyújtható, nagyon vékony huzalok készíthetők belőle. Jól jellemzi ezt e tulajdonságát, hogy egy uncia (30,1 gramm) fém-aranyból 120 négyzetméter aranylemez nyújtható, ami ekkor tízezred milliméter vastagságú és "aranyfűst" lemezeknek nevezik.

Az arany az értékállóság megtestesítője, megbízható, kiszámítható befektetési forma, biztonságát a függetlensége okozza. Értéke a világon mindenhol elismert és garantált, bárhol, bármikor eladható. Jó fizikai tulajdonsággal rendelkezik, tartós, értékálló, könnyen szállítható, értéke pontosan definiálható. Általánosan elfogadott értékmérő eszköz, szűkösen áll rendelkezésre, ezért alkalmas a pénz szerepére¹⁴.

2.1. AZ ARANY GEOKÉMIÁJA ÉS ÁSVÁNYTANA¹⁵

Az arany (Au, rendszám=79, atomtömeg =196.96) nyomelemnyi mennyiségben vesz részt a földkéreg felépítésében. Gyakorisága jóval kisebb, mint más fémeké (a réznél ezerszer, a vasnál milliószor kisebb), átlagosan 3 ppb (billiómod rész) arányban jelenik meg a kőzetekben (6.táblázat).

¹⁴ Mester Péter: Az arany árának mozgatórugói a XXI. század elején, 7. o. Budapesti Gazdasági Főiskola elib.kkf.hu/edip/D_13382.pdf

¹⁵ Forrás: <http://www.gekko>

A savanyú kőzetek (pl. gránit) átlagban valamivel kevesebb aranyat tartalmaznak, mint a bázikus kőzetek (pl. bazalt), ennek ellenére az arany gyakran dúsul granodioritos intrúziókhoz kapcsolódóan, mint például a hintett porfíros ércesedések esetén, vagy az ehhez kapcsolódó telérek kitöltéseként.

Ahhoz, hogy aranyércről (gazdaságosan kitermelhető kőzetről) beszélhessünk 0.5-3 ppm (g/t) arany tartalommal kell, hogy legalább rendelkezzen a kőzet. Ez változik az érctest méretének vagy egyéb tényezők (pl. a használt arany kinyerési technológia) függvényében is. Az arany érckutatás egyik legfontosabb feladata azoknak a geológiai folyamatoknak a felismerése és megértése, amelyek ilyen - legalább 1000-szeres - arányban dúsíthatják az aranyat a földkéreg egyes helyein.

Ez a feladat nagy kihívás elé állítja a geológust, hisz nagyon sok geológiai környezetben előfordul, így például a vulkáni hidrotermás rendszerek (az ide kapcsolódó telepek a leggyakoribbak Erdélyben), a szkarnok, az orogén szerkezetek, a metamorf dómok, a liztrikus vetők mentén fejlődő üledékes medencék, vagy akár a másodlagos, az erózió során dúsuló torlat-telepek tanulmányozását és megértését igényli.

**6. táblázat: A földkéreg felépítésében előforduló
legfontosabb elemek %-os aránya**

Elem	Vegyjel	%
Oxigén	O	46,6
Szilícium	Si	27,8
Alumínium	Al	8,1
Vas	Fe	5,0
Kalcium	Ca	3,6
Nátrium	Na	2,8
Kálium	K	2,6
Magnézium	Mg	2,0
Titánium	Ti	0,4
Zink	Zn	0,073
Réz	Cu	0,024
Ólom	Pb	0,0126
Ezüst	Ag	0,00008
Arany	Au	0,000003

Forrás : Saját szerkesztés www.gekko.hu
adatai alapján

A tiszta arany rendkívül ellenálló fém, sem a levegő oxigénje, sem a közönséges savak nem tudják megtámadni, de a királyvíz (salétromsav és sósav keveréke), a cianid, vagy a fluorsav oldják. Az arany kiváló hő és elektromos vezető, ezt gyakran az iparban is alkalmazzák.

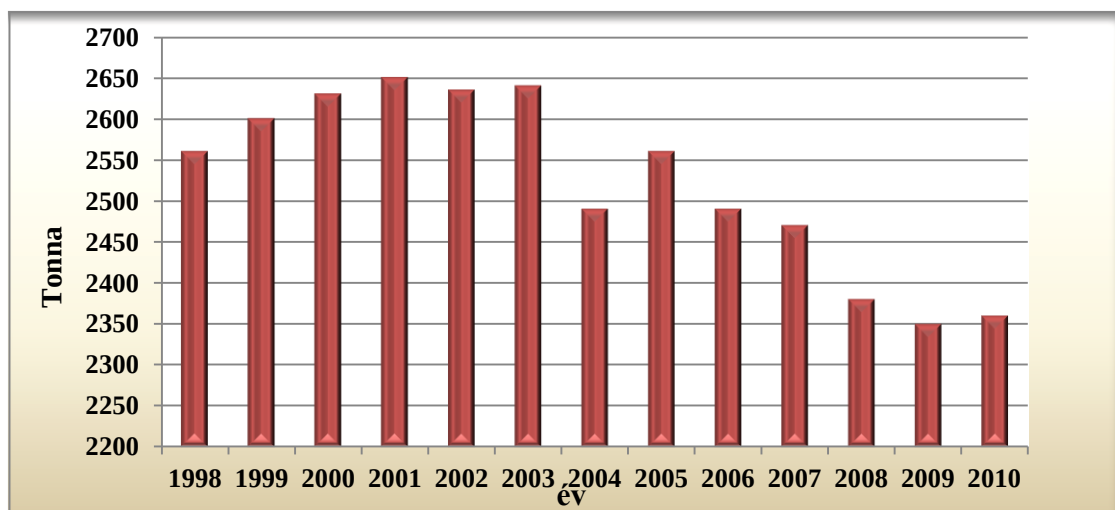
Az arany a természetben számos ásvány felépítőjeként is előfordul, de elsősorban termésaranyként jelenik meg, amely a legtöbbször fémes ötvözetként tartalmazhat ezüstöt (ha 20%-nál több ezüst van benne, akkor elektrum), ritkábban platinát, rezet (aurikuprid), bizmutot (maldonit) vagy paládiumot (porpezite) is.

Az arany értelepek ásványtanának ismerete nagyon fontos szempont a kinyerési technológiák kiválasztásánál. Így például a telluridok esetén gyakran hosszú idő kell (akár napok) az arany cianidos oldatbaviteléhez. A szulfidok esetén pedig először oxidálják az ércet (vagy a szuldios koncentrátumot), hogy az így kelletkező porózus ásványokból (pl. hematit) könnyebben kilúgozható legyen a zárványként résztvevő arany.

Az szulfidos arany ércesedésekhez gyakran nagyon változatos ásvány-paragenézis kapcsolódhat (1. melléklet) Ezen ásványok esetleges előfordulásának pontos ismerete és figyelembe vétele a bányászat különböző fázisaiban nagyon fontos, hisz nemcsak az arany kinyerési eljárást befolyásolják, de a nehézfémek, az arzén tartalom, a higany tartalom, vagy a szulfidok oxidálásából származó savas hatású vizek erős környezeti szennyezést válthatnak ki.

2.2. ARANYBÁNYÁSZAT

A Földön a bányászat által kitermelt mennyiség az elmúlt 8 évben folyamatosan csökkent, 2008-ban érte el mélypontját, ekkor a termelés 2350 tonna volt. A 2001-ben regisztrált 2600 tonnás kibocsátás minden idők legmagasabb termelését jelentette (5. ábra).



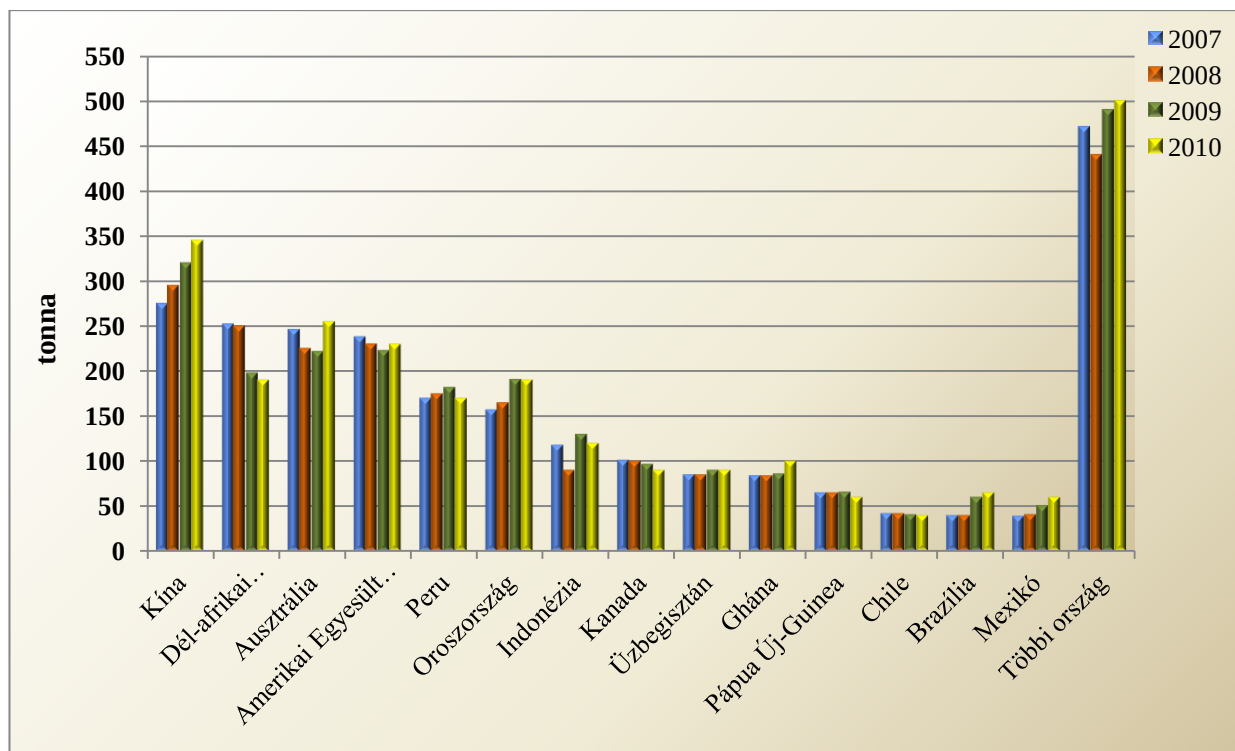
5. ábra

A világ aranybányászatának alakulása

Forrás: Saját szerkesztés World Gold Council adatbázisa alapján

A bányászati termelés fokozatosan tolódik a feltörekvő piacok felé. Amíg tíz évvel ezelőtt Kína, Peru, Oroszország és Indonézia a világ összes kitermelésének csupán 19 százalékát adta, mára a részarányuk 34 százalékra emelkedett. A korábbi nagy kitermelők helyét fokozatosan átvették a kisebb, gyakran politikailag instabil államok, melyek komoly infrastrukturális lemaradással küzdenek. Manapság több mint 90 országban van legalább egy működő aranybánya. Mivel Kína és Oroszország nettó aranyimportőr, így a legnagyobb és a hatodik legnagyobb kitermelő egy unciányival sem járul hozzá a világ aranykínálatához.

Az olajhoz hasonlóan aranyat is egyre nehezebb találni, a kitermelés egyre mélyebben folyik a föld felszíne alatt, miközben egyre alacsonyabb koncentrációban található meg a nyersanyag – mindez természetesen nagyon megrálgítja a folyamatot. Szakértők szerint a gazdaságosan kitermelhető készletek 70%-át már kibányászták. Annak ellenére, hogy iszonyú pénzeket ölnek a feltárásokba, a termelés nem tud növekedni. Egyes piaci szereplők szerint a következő 5 évben a termelés évente legalább 5%-kal fog csökkenni. Dél-Afrikában mindez megmutatkozott már, 20-30%-kal csökkent a termelés 5 év alatt (6. ábra). A Barrick Gold alapítója, Peter Munk szerint a helyzet „tragikus“, a meglévő bányák lassan kiürülnek, újak felkutatása és kiaknázása pedig egyre nehezebb és drágább.



6. ábra

A világ legnagyobb aranykitermelő országaiban a termelés alakulása

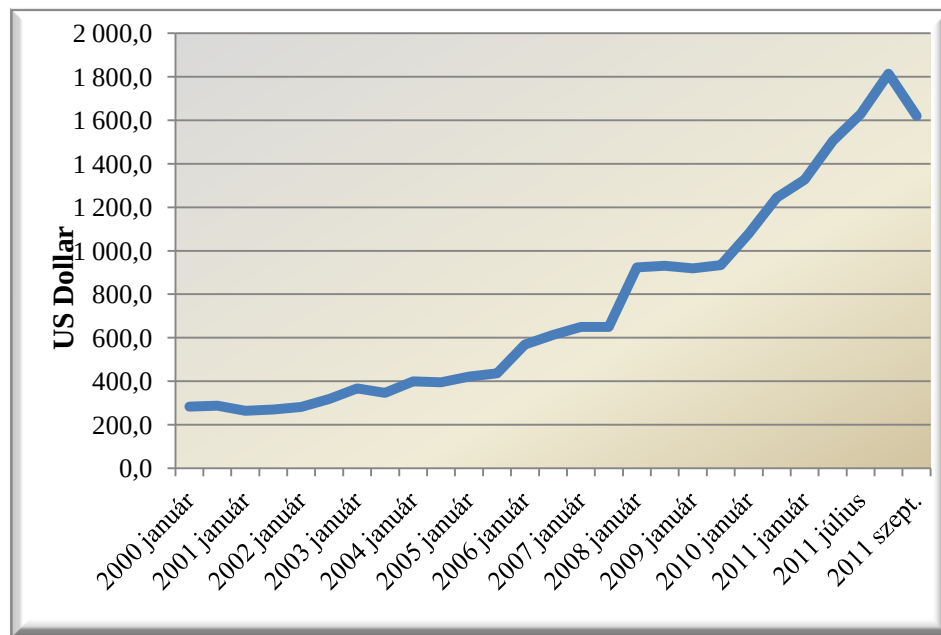
Forrás: Saját szerkesztés World Gold Council adatbázisa alapján

Kínában 2001 óta a kibocsátás több mint 59 százalékkal emelkedett, így 2008-ra elérte a 260 tonnát. Kína az egyetlen olyan nagy kitermelő, aki növelte a kibocsátását az elmúlt időszakban. Csaknem 15000 kisméretű bánya működik a világ legnépesebb államában. Nyereségességük alapja az extrém alacsony személyi ráfordítás, illetve a bizonytalan környezetvédelmi szabályozás.

A fémek többsége, főleg az arany tipikus tőzsdei cikk, ezért a világpiaci árak alakításában döntő szerepe az árutőzsdéknek van. Az árak alakulására több tényező is hatással van, melyek közül a legfontosabbak a következők:

- A bányászati és kohászati költségek alakulása,
- Politikai tényezők,
- A gazdasági fejlődés ciklikus alakulásának hatása (A világgazdaság fejlődésében megközelítőleg tízéves konjunktúra ciklusok mutathatók ki, amelyek elsősorban a keresleti ciklusokban jelentkeznek),
- Az amerikai dollár inflációja és árfolyamváltozásai.

De nemcsak a bányászati és kohászati költségek hatnak a világpiaci árra, hanem a mindenkor világsi ár meghatározza egy-egy megkutatott területen a bányanyitást és a kitermelés megkezdését. A 7. ábra az arany világpiaci árának alakulását mutatja. Míg 2000-ben az arany ára 200 USD/uncia volt, 2010 januárjában 1200, 2011 augusztusában pedig 1710 USD/uncia-ra emelkedett.



7. ábra

Az arany világpiaci árának alakulása USD/uncia

Forrás: Saját szerkesztés World Gold Council adatbázisa alapján

2.3. ÉRCFELDOLGOZÁS¹⁶

A jelenleg világszerte használt modern ércbányászati technológiák szinte kizárólag a „Carbon in Leach” (CIL) folyamaton alapulnak. A CIL eljárás egy kipróbált technológia megalapozott intézkedési rendszerekkel, és napjainkban minden termelés-léptékű arany lúgozásos eljárásban használják világszerte. Európában a CIL eljárást számos bányánál alkalmazzák jelenleg is, ide tartoznak a Boliden és Svartliden bányák Svédországban, a Rio Narcea, Villalba és El Valle bányák Spanyolországban és a Perama Thracian aranybánya Görögországban. A cianid kezelésére vonatkozó munkahelyi egészségügyi és

¹⁶ Forrás: John O.Marsden és C. Iain House [2006]: The Chemistry of Gold Extraction Second Edition Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME) 8. oldal

biztonsági eljárások és a környezetgazdálkodási gyakorlatok jól megalapozottak, és a Cianid Kezelés Nemzetközi Szabályzata¹⁷ foglalja magába azokat.

Ezt az eljárást az 1880-as évek végén Mc Arthur R. W. Forest fejlesztették ki, amely egy egyszerű és olcsó arany kinyerési módszert jelentett, és az érc fajták széles körében hatékony volt. Azóta a nemzetközi szinten termelt arany mintegy 80%-ánál, és az utóbbi 20 évben termelt arany közel 92%-nál cianidot használtak a kinyerés során. (A maradék termelt arany az alapvető fémek, mint a réz flotációs besűrítése és olvasztása melléktermékeként kerül ki, továbbá kinyerése nagyon kis mennyiségben még mindig amalgámos és gravitációs sűrítéssel történik.)

A ciánlúgzás vagy cianidos lúgzás (régábbi elnevezése: *ciánozó lúgzás*) kohászati technológiának minősülő kémiai eljárás, melyet fémtartalmú ásványok feldolgozása során elsősorban az alacsony fémtartalmú arany kinyerésére alkalmaznak. Hideg kohászati technológia, melyet a nagymennyiségű nyersanyagszállítás csökkentése érdekében általában a bányászat közelében hajtanak végre.

Az eljárás lényege, hogy kálium vagy nátrium cianid az aranyat feloldja és vízben oldódó aranyvegyület - $4\text{KAu}(\text{CN})_2$ (aranycianür) - keletkezik, a következő kémiai folyamat szerint:



A folyamatban a molekulasúlyok alapján az arany, a kálium cianid (lúg) és az oxigén elméleti aránya közelítőleg 25:16:1 vagyis 1 súlyrész O_2 szükséges 25 súlyrész arany oldatba viteléhez. Normál hőmérsékleten ($20\text{ }^\circ\text{C}$) 1 m^3 víz 9 gramm oxigént vesz fel, amiből adódik, hogy a folyamathoz szükséges cianid mennyisége 144 gramm/m^3 .

A cianid adagolása az alábbiak szerint történik. Az elméletileg szükséges 0,0144 %-os ciánoldat helyett a gyakorlatban 0,1-0,25 %-os lúgkoncentrációt alkalmaznak, mert az aranyon kívül a feldolgozott kőzetanyagban egyéb anyagok is vesznek fel cianidot. Az eljárás szempontjából káros anyagok a savak és a fémek könnyen oldódó vegyületei

¹⁷ International Code for Cyanide Management

(elsősorban a réz oxidok, rézkarbonátok, ferroszulfátok, cinkszulfátok és a szerves anyagok). Az ércelőfordulások kémiai összetételének változását a cianid túladagolással egyenlítik ki. A töményebb oldatban az arany oldatba vitele gyorsabb, de megnövekszik az idegen anyagok cianid fogyasztása is.

Az arany kinyerését befolyásoló tényezők

- Idegen anyagok.

Megnövelik a cianid felhasználást ami lassítja a kioldást. Ezért előzetes eltávolításuk célszerű, ami történhet savazással és közömbösítő lúgos kezeléssel, vagy előzetes hőkezeléssel (*pörköléssel*).

- Szemcsenagyság.

A nagyobb arany szemcsék kioldási időtartama nagyobb, egyenletes szemcseeloszlású anyagot célszerű alkalmazni. A finomszemcsés iszapok elkülönített kezelésével csökkenthető a kilúgozási idő.

- Levegő vagy oxigén.

A kilúgozás erősebb átlegeőztetéssel, légebevezetéssel vagy O_2 -t leadó szerek adagolásával javítható az arany oldatba vitele.

- Hőmérséklet.

Alacsony hőmérsékleten a kioldási folyamat lassul.

- Ülepedés.

A kilúgozás folyamatában a zagyot keveréssel, átlegeőztetéssel mozgásban kell tartani.

A feldolgozás folyamata

- A bányában kitermelt anyag először száraz eljárású durva törésre kerül, amit pofás- vagy kúpos-törőkkal valósítanak meg. Szükség esetén előzetes pörkölést hajtanak végre.
- A finomszemcsés törést általában nedves eljárással végzik, ha golyós malmokat alkalmaznak a cianid adagolást már ekkor elkezdik.
- Szem nagyság szerinti elkülönítés.
- A szemcsés anyagot (0,8-0,1 mm szem nagyság) lúgozókádkba vezetik, melyek alsó felülete szűrőanyaggal van ellátva, az átszűrt anyagot a kádak alján elvezetik.

Az oldási idő 0,1-0,25 %-os lúgkoncentráció esetén általában 3-4 nap, a a kiszűrődő anyag átmeneti zagytározókba kerül és az utólúgozás kisebb lúgkoncentrációval 2-3 nap.

- A finomszemcsés iszap (0,1 mm szemcsenagyság alatt), erőteljes keverés közben 5-20 óra lúgozási időt igényel.
- Az oldott anyagot dekantálással választják le, amikor a zagy leülepedése után az oldatot elvezetik. A folyékony fázis leválasztás zagysűrítők vagy szűrőberendezések alkalmazásával meggyorsítható.
- A szilárd anyagot tartalmazó zagy átlúgozását több alkalommal megismétlik.
- A visszamaradó anyagot az erre a célra kialakított zagytározókba vezetik.
- Az cianidos aranyoldatból az aranyat cinkkel ritkábban elektrolízissel ejtik ki.



8. ábra
Őrlőüzem

Forrás: <http://www.aranypiac.hu>



9. ábra

Aktív szénrel töltött kád

Forrás: <http://www.aranypiac.hu>



10. ábra

Zagytároló

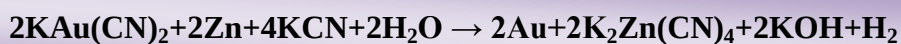
Forrás: <http://www.aranypiac.hu>

Az arany leválasztása az oldatból

A feldúsult oldatból az arany elkülönítése történhet:

- elektrolízis alkalmazásával
- cinkkel való kiejtéssel, amihez cink forgácsot, míg újabban cinkport használnak.

A cink alkalmazásakor lezajló kémiai folyamat:



Az összefüggésben szereplő elemek molekulasúlya alapján elméletileg 3 súlyrész arany nyerhető ki 1 súlyrész cink felhasználásával. A gyakorlatban magasabb a cink felhasználás, mert az előforduló idegen anyagok (így az arannyal gyakran ásványtársulásban előforduló ezüst és/vagy réz) és az oxigén jelenléte növeli az igényt.

Leggyakrabban a *Merrill - Crowe* eljárást alkalmazzák. Az eljárásnál az aranytartalmú lúgot az oxigén kizárása érdekében légtelenítő kazánon át vezetik, majd a cinkpor hozzáadása után zagyszivattyúkkal szűrőkön vezetik át, melyekben az arany visszamarad és a lúgot visszanyomják a lúgozó kádakba.

Az eljárás alkalmazása

Az alacsony (1-2 gramm/tonna koncentrátum) aranytartalmú kőzetek esetén széles körben alkalmazzák. A világ cián felhasználásának mintegy 13 %-a arany kinyerésénél történik. Legnagyobb felhasználók, Kirgizisztán, Malajzia, Ausztrália, Peru, Chile és Románia.

Az eljárás veszélyessége

A cián minden biológiai szervezet számára erős mérgező. Az emberi szervezetbe jutva 60-80 milligramm már halált okoz, 2-3 órán belül fulladás következik be. Az eljárásban dolgozókat egyéni védőeszközökkel látják el. A veszélyesség legnagyobb mértékben a zagyatározók üzemeltetésénél jelentkezik elszivárgás, átömlés vagy gátszakadás formájában. A zagyatározókban esetenként millió m³ nagyságrendben halmoznak fel meddő-anyagot, amely mindig tartalmaz a technológiában maradó ciánvegyületeket. A ciánvegyületek egy része a napfény hatására az idő előrehaladtával kevésbé toxikus anyagokká bomlik le, de annak teljes eltűnésével nem lehet számolni.

Európában a legnagyobb cián és nehézfém szennyezés 2000.január.30-án következett be, amikor Romániában Nagybánya közelében az arany kioldásával foglalkozó üzem zagyatározó gátja átszakadt.

2009. december 8.-án az Országgyűlés kimondta a cianidos bányászati technológia tilalmát Magyarországon.

A ciános eljárás alkalmazását az Amerikai Egyesült Államok Montana és Wisconsin szövetségi államaiban, Argentína Rio Negro államában és a Cseh Köztársaság területén betiltották. Az Európai Unió 2006-ban a ciánt használó technológiák környezetvédelmi előírásait megszigorította.

2.4. ALTERNATÍV ARANYKINYERÉSI ELJÁRÁSOK¹⁸

A nagy bányatársaságok évtizedek óta azon dolgoznak, hogy a nátrium-cianidos aranykinyerést kiváltó alternatívákat fejlesszenek ki, a kinyerési eljárás gazdaságosabbá tétele érdekében. Számos egyéb reagenst azonosítottak, mint a cianiddal szemben lehetséges alternatívát azon felül, melyek a cianidos lúgozás kifejlesztését megelőzően voltak használatban. Ezek közül néhány részletes kutatások tárgyát képezte, ide tartozik az ammónium tioszulfát, hipoklorit/klorid és tiokarbamid.

Csak nagyon kis számú kutatás folyt az egyéb lehetséges reagensek körében, ennek okai azok magas ára, szigorú üzemeltetési igényeik, vagy alapvető kémiai jellemzőik szegényes ismerete. Minden eddig azonosított lehetséges alternatíva, amely szóba jöhetne, mint potenciálisan életképes megoldás

- vagy kevésbé hatékony,
- vagy költségesebb,
- vagy sokkal szélsőséesebb üzemeltetési feltételeket igényel (pl. magas hőmérséklet, nagyon savas kémhatású/alacsony pH-s feldolgozó környezet),
- vagy magas koncentrációban és nagy mennyiségben szükséges a különböző reagensek hozzáadása
- vagy ugyanakkora, illetve nagyobb veszélyt jelent az egészségre és a környezetre, mint a cianid használata, különösen akkor, amikor kevésbé hatékony reagensek nagy mennyiségben történő szállítását vesszük tekintetbe.

A lehetséges alternatívák

- Tioszulfát többek által is egy vonzónak tartott reagens. Mindamellet az eljárás kémiai folyamata összetett és reagens-fogyasztási mértéke magas. Az arany-tioszulfát vegyület megközelítőleg 10 nagyságrenddel gyengébb, mint az arany-cinaid komplex. A folyamathoz szükség van ammóniára, mely a vízi élővilágra nézve mérgező és jelentős kezelési és tárolási problémát jelent. Ezen kívül jelenleg

¹⁸ www.kvvm.hu/cim/documents/0309_EKT_II.fejezet_ford_t_sa.doc

nincsenek kielégítő kereskedelmi léptékű módszerek az ércből származó arany tioszulfátos lúgoldatból történő kinyerésére.

- Tiokarbamid egy lehetséges, a cianidos lúgozást kiváltó alternatívaként került értékelésre, de több jelentős hátránya is van. Az arany-tiokarbamid vegyület közel 15 nagyságrenddel gyengébb, mint az arany-cianid komplex. A tiokarbamidok kilúgozást pH 1-2 tartományban kell végrehajtani, melyhez különleges kezelő berendezések és anyagok szükségesek, ezzel lényegesen nő az üzemeltetési költség és a munkahelyi egészségügyi és biztonsági kockázat. A tiokarbamidot rákkeltőnek tartják, ezért potenciális egészségügyi kockázatot jelent, mely intézkedést igényel. Az ilyen jellegű szabályozások összetettsége és költsége, valamint az ezzel az alapvető kémiai derítéssel érintkező munkaerőt és közösséget érintő veszély miatt ez a lehetőség nem elfogadható.
- Ammóniával történő lúgozást 100 °C-os hőmérsékletet meghaladó környezetben kell végrehajtani, mely nagyon bonyolult üzemeltetési és műszaki eljárási kérdéseket jelent. Az arany-ammónia vegyület legalább 11 nagyságrenddel gyengébb, mint az arany-cianid komplex. Mint ahogy azt már az előbb megemlítésre került, az ammónia a vízi élővilágra nézve mérgező és jelentős kezelési és tárolási problémát jelent.
- Halogenid rendszerek [jód/jodid, klór/klorid (beleértve a „Haber” eljárást), bróm/bromid] mint lehetséges, a cianidos lúgozást kiváltó alternatívákként kerültek értékelésre. Ezek közül a rendszerek közül több is alkalmas az aranyban gazdag anyagokból, mint pl. a rézfinomító iszapjából az arany kinyerésére, de van több hiányossága is amennyiben aranyérc lúgozására használják. Az arany-halogenid vegyületek nem stabilak, és az eljárás egy olyan szintű vegyi- és folyamatszabályozást kíván, mely egy aranyérc lúgozási létesítményben gazdaságilag nem teljesíthető. Ráadásul a halogenidek a vízi élővilágra nézve mérgezőek és számos jelentős kezelési és tárolási problémát jelentenek.
- Baktériumos lúgozás („biolúgozás”) kiértékelése aranyércek kinyerésére vonatkozóan jelenleg laboratóriumi és kísérleti szinten folyik.

Megállapítható, habár a kutatások folytatódnak, hogy jelenleg nincs reális aranykinyerési alternatíva a cianid használatával szemben. Az összes lehetséges alternatív reagens:

- kevésbé hatékony;
- szállítása, használata és tárolása számottevő egészségügyi és környezeti veszélyt jelent;
- amit az eljárások során alkalmaznak jelentős bizonytalanságot és kockázatot jelent; és
- költségesebb.

A kutatások tehát nem jeleznek olyan technológiákat, melyek olyan ígéretesek, hogy a közeljövőben teljes léptékű üzemeltetésre fejleszthetők lennének.

Azt is hangsúlyozni kell, hogy ezeknek az alternatíváknak a kidolgozói az erőfeszítéseik nagy részét arra koncentrálták, hogy bemutassák az arany kilúgozásának lehetőségét, anélkül, hogy teljesen kidolgozták volna azt a technológiát, melyet kielégítően és megfelelően használható az aktuális termelési problémáknál, úgymint a lúgozási maradék semlegesítése és méregtelenítése, a szükséges vegyszerek termelési-léptékű mennyiségének biztonságos kezelése vagy a kilúgozó anyagok visszaforgatása.

2.5. A BÁNYÁSZAT KOCKÁZATI TÉNYEZŐI¹⁹

Nemcsak hazánkban, de Közép-Kelet-Európa országaiban is a bányászatnak komoly gazdasági és szociális jelentősége van, emellett magán viseli az elmúlt évtizedek környezetvédelmi hibáinak és téves döntéseinek következményeit, és szenved a mulasztások kiváltotta társadalmi ellenérzésektől.

Az iparág jövőjét tekintve többféle kimenet is lehetségesnek látszik, figyelembe véve egyrészt a nyersanyagok iránti növekvő keresletet, de a jelentős érdekérvényesítéssel bíró környezetvédelmi csoportok által felvetett jogos környezetvédelmi aggályokat is.

¹⁹ Hamor T [2002]: Legislation on mining waste management in central and Eastern European Candidate Countries-JRC of the EC, Ispra, EUR 20545 EN 196p.

Forrás: Dr.Földessy János: Bányászat és környezetvédelem-érdekek és konfliktusok régióinkban. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 138. évfolyam, 6. szám, 2-7.o.

A környezeti hatás lényegében az emberi beavatkozás természeti következményeinek összességét jelenti. A beavatkozás mértéke és annak következményei azonban egy ilyen bonyolult rendszerben nemlineáris kapcsolatban vannak egymással, úgyhogy a beavatkozás különféle hosszú távú következményei valójában kiszámíthatatlanok.

Egy nagyobb lélegzetű felmérés foglalkozott a Közép-Kelet-Európában található országok bányászati környezetvédelmi szabályozásával, melynek az eredményei a következők:

- A bányászat jogi szabályozási kerete jól megalapozott a legtöbb országban. A legújabb törvények hatállyal vannak a bányászati kitermelésre, a feldolgozásra, a bányák bezárását követő ellenőrzésre, de nagyon változó, hogy mi tartozik ezen törvények hatálya alá.
- Minden országban jogdíjat kell fizetni az ásványi nyersanyagok kitermelése után. Egyes esetekben ezeket az összegeket felhagyott bányák bezárására és helyreállításra fordítják.
- Egyes országokban nincs külön jogszabály a felhagyott nem művelt bányákra, sok esetben nincs pénzügyi garancia a bánya kezelőjének csődje esetére.
- A környezetvédelmi felelősségi szankciók közé tartozik a tevékenység felfüggesztése, környezetvédelmi bírság fizetése, illetve pénzbeli kártérítés fizetése.
- A legtöbb országban megkövetelik a pénzbeli környezeti felelősségvállalást, illetve a felelősségbiztosítás megkötését.
- A legtöbb országban a bányászat megkezdése előtt kötelező előzetes környezeti hatástanulmány elvégzése, ennek benyújtása nem vonja automatikusan maga után az elfogadását is.
- A bányák bezárására vonatkozó szabályok meglehetősen általánosak, a területek rekultivációjára korlátozódnak, a kármentesítésre, utógondozásra, ellenőrzésre nem terjednek ki.
- Az ipari balesetekre, biztonságra vonatkozó általános törvények csak nagyon ritkán terjednek ki a bányászati tevékenységre is.

- A föld alatti munkahelyekre vonatkozó biztonsági előírások igen jól, a külszíni bányabiztonsági szabályok kevésbé kidolgozottak.
- A természetvédelmi törvények szigorúak és jól körülhatárolhatóak, de ezek végrehajtása változó. Az ásványi nyersanyagok kutatása és kitermelése meghatározott körülmények között, a legalapvetőbb környezetvédelmi előírások szerint lehetséges.
- A hulladékgazdálkodásra vonatkozó szabályozásban általában nem egyértelmű a bányászati hulladék meghatározása.
- Az ipari vízhasználat, ideértve a bányászati vízhasználatot, kevésbé szabályozott.

2.6. BÁNYÁSZATRA VONATKOZÓ KÖRNYEZETVÉDELMI INTÉZKEDÉSEK AZ EU-BAN ÉS HAZÁNKBAN

Az Európai Bizottság az Európa 2020 stratégia részeként uniós tervet²⁰ készített a természeti erőforrások hatékonyabb felhasználásáról. Az Unió az alapvető források, így a tiszta levegő, a víz, a talaj, az erdők és az élelmiszerforrások megőrzésén túl a modern gazdaságban jelentős szerepet játszó ásványok és a fémek újrafelhasználására és újrafeldolgozására kíván ösztönözni. A stratégia számos intézkedést javasol:

- Az Európai Bizottság által működtetett adatközpont, amely összegyűjti a természeti erőforrásokra vonatkozó valamennyi rendelkezésre álló ismeretet, és tájékoztatja a döntéshozókat.
- Az ENSZ Környezetvédelmi Programjával (UNEP) közösen felállítandó nemzetközi testület, amely független tudományos tanácsadással foglalkozik az erőforrás-felhasználás globális szempontjait illetően.
- A tagállamokban a nemzeti szintű intézkedések és programok kifejlesztése egy magas szintű fórum vezetésével, melynek tagjai között megtalálhatók a Bizottság, a tagállamok és más érdekelt felek képviselői.
- Az erőforrás felhasználás környezeti hatásának figyelembe vétele a gazdasági ágazatokra vonatkozó cselekvési tervekben, amelyeket a Bizottság a növekedésre és a foglalkoztatásra vonatkozó stratégiával kapcsolatban kíván kifejleszteni.

²⁰ A Föld természeti erőforrásainak hatékonyabb felhasználását célzó uniós terv:
http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/resource_efficient_europe_en.pdf

- Mutatók kifejlesztése, amelyek figyelemmel kísérik és rendszeresen felügyelik a stratégia célkitűzései elérésében történő fejlődést.²¹

Az elmúlt évtized bányászathoz kapcsolódó környezeti balesetei²² Európában felgyorsították a brüsszeli törvényhozás bányászattal kapcsolatos folyamatát. Elfogadásra került az Európai Parlament és a Tanács 2006/21/EK irányelve az ásványi nyersanyag-kitermelő iparban keletkező hulladék kezeléséről és a 2004/35/EK irányelv módosításáról, melyet a bányászat és nyersanyag feldolgozás káros hatásait figyelembe véve dolgozták ki.

Hazánkban 14/2008. (IV. 3.) GKM rendelet a bányászati hulladékok kezeléséről, az ásványkincsekkel való fenntartható gazdálkodást a 96/2009. (XII. 9.) OGY. Határozat a 2009-2014-re szóló Nemzeti Környezetvédelmi Programban²³ foglalja össze.

A következő években kiemelt figyelmet kell fordítani a pillanatnyi üzleti érdekből eredő ásványvagyon-pazarlások megakadályozására és a műrevaló készletek legjobb elérhető technológiával, legkevesebb veszteséggel történő kitermelésére. Ennek értelmében a cél:

- A társadalom szükségleteinek kielégítését biztosító ásványi nyersanyagok kitermelése és hasznosítása során a környezetterhelés csökkentése és a környezeti károk megelőzése (okszerű és takarékos anyaghasználat, újrahasználat).
- Az állami tulajdonú ásványvagyon racionális hasznosításához az állam és a privát szféra modern együttműködésének kialakítása, a közösségi, szociális, környezeti

²¹ Hubai József [2006] : Az uniós csatlakozás hatása Magyarország természeti erőforrás-gazdálkodására, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt, Budapest, 151.o.

²² Súlyos katasztrófa történt 1998-ban Spanyolországban, Aznalcollar mellett, ahol az ólom- és cinkbánya gátja szakadt át. Akkor mintegy 5-6 millió köbméter zagy 30 kilométer hosszan irtotta ki a közeli folyó élővilágát, 4500 hektár területet elpusztított, és tönkretett egy természetvédelmi területet is.

²³ A harmadik Nemzeti Környezetvédelmi Program a 2009-2014 közötti időszakra szól, de ennél hosszabb távra is kitekint. Az ország fenntartható fejlődési pályára való átállását kívánja sajátos eszközeivel elősegíteni. A környezeti szempontok és összefüggések megjelenítésével, a társadalmi és gazdasági lehetőségekkel összehangolt, szükséges intézkedések meghatározásával rendszerbe foglalja a környezet védelmére irányuló célokat és feladatokat. A tennivalóknak a társadalmi-gazdasági munkamegosztáshoz illeszkedő, a területi sajátosságokat és a különböző társadalmi igényeket, szempontokat is figyelembe vevő megfogalmazásával a korábbinál nagyobb súlyt fektet az együttműködésre, a decentralizáció és a szubszidiaritás elvére. Forrás: Melléklet a 96/2009. (XII. 9.) OGY határozathoz Nemzeti Környezetvédelmi Program 2009-2014.

és közgazdasági érdekek integrálása, valamint az ellenőrzési rendszer megerősítése.

A kitűzött célok elérése érdekében a határozat a szükséges intézkedéseket is összefoglalja a kormányzat és a gazdasági szervezetek számára.

2.7. PÉLDÁK A KÖRNYEZETSZENNYEZÉSRE AZ ARANY ELŐÁLLÍTÁSA SORÁN²⁴

A víz pazarlása és szennyezése, az élőhelyek és az élővilág pusztítása, az érintetlen területek iparosítása, az útépités és a szennyező anyagok hatalmas mennyiségének a környezetbe juttatása, mind károsan hatnak a természeti és emberi környezetre az aranybányák környékén. A bányák több talajt hordanak el és hasítanak fel a világon, mint a természetes erózió hatásaként a föld összes folyója. Az élővilágra gyakorolt hatás szinte felmérhetetlen, de 1980 és 1990 között csak Kaliforniában, Nevadában és Arizonában, hétezer elhullott madarat találtak az aranybányák ciánnal fertőzött pocsolyái környékén.

2.7.1. Bányahulladék mennyisége

Egy aranygyűrű elkészítése számítások szerint 20 tonna bányahulladékot termel. A ma felszínre hozott arany 85%-a holnap ékszerként kerül az üzletekbe. Az aranybányászat nem alapvető szükségleteket elégít ki, mint az aratás vagy a papírtermelés. Környezeti szempontból fenntarthatatlan, társadalmi szempontból igazságtalan. A világban folyó aranykitermelés hatása a helyi gazdaságra és a környezetre, legalább olyan káros, mint az ipari fakitermelés.

2.7.2. Tengeri szemétlerakók

A mérgező meddőtől és zagyától a cégek úgy szabadulnak meg, hogy a tengerbe borítják azt, veszélyeztetve ezzel az óceán fenekén élő lényeket. A meddő nehézfémeket és ciánt bocsát ki magából, megmérgezi a halakat és a környékbeli emberek egyéb táplálékforrásait. A tenger alatti meddőelhelyezést az USA-ban és Kanadában betiltották az óceánra gyakorolt pusztító hatása miatt. A Newmont cég, a világ legnagyobb

²⁴ <http://vizszennyezés.uw.hu/arany.html>

aranykitermelője, ennek tudatában is azt állította az Indonéz kormánynak, hogy az Egyesült Államokban az eljárás engedélyezett. A Newmont a Nusa Tenggara aranybányát működteti Sumbawa szigetén. A cég 1999 óta 120.000 tonna meddőt ömleszt a Senunu-öbölbe naponta. A bányászat megkezdése előtt, az öbölben élő emberek több halat fogtak, mint amennyire szükségük volt. A felesleget eladták a helyi piacokon. Amióta a Newmont az öbölbe ömleszti az iszapot, a halak száma csökkent, bizonyos fajok pedig teljesen eltűntek. A napi fogás még a családnak sem elég, a halászatra alapozott helyi gazdaság pedig kezd összeomlani.

2.7.3. A víz

A vízben és a víznyerő helyekben okozott kár, az aranybányászat legpusztítóbb környezeti hatása. Így volt ez már 1850-ben a Sierra Nevadában, és így van ez ma is, a venezuelai Pemon földjein. A folyókat tönkretették az aranymosók, akik nagy nyomású vízszugárral málasztják a folyópartot, hogy átszítálhassák a talajt aranyért. A korszerű aranybányászat még ennél is pusztítóbb. A nevadai aranybányászat, több vizet fogyaszt, mint az amerikai tagállam teljes lakossága. A talajvíz szintje több mint 300 méternyit csökkent az egyik északnyugat-nevadai külszíni fejtés környékén - állítja a Geológiai Figyelő az USA-ban. Az egyik bánya 378 millió litert fogyaszt naponta, többet, mint a texasi Austin városa. A Newmont tulajdonában levő Rain bánya, Nevadában, három kilométer hosszan, arzénal és higannyal szennyezte be a Dixie Creek folyót. Szintén a Newmont nevadai bányája, a Hollister, savas, a talajvizet kénsavval fertőző - valószínűleg folyamatos működésének szánt - bányavíz elvezetési módszert valósított meg.

2.7.4. Meddőhányók

Egy esküvői hajpánt előállításához, legalább 2,8 tonna talajt kell megmozgatni. Az aranybányászat, a végtermékhez képest, hatalmas mennyiségű hulladékot állít elő. A Worldwatch Institute (Világfigyelő Intézet) szerint, az 1997-ben előállított 2.402 tonna arany, 725 millió tonna törmelékkel eredményezett, ami tele van nehézfémekkel, savakkal és oldószerekkel. Az USA-ban az arányszám 1 a 3.000.000-hoz, vagyis egy tonna arany előállítása 3 millió tonna meddőt eredményez. A gondatlanul elhelyezett hulladék többsége ki van téve az időjárás hatásainak, és végül savakkal és nehézfémekkel szennyezi meg a környéket, óriási környezeti károkat okozva.

2.7.5. Cián

A cián a bányavállalatok kedvenc vegyszere, az aranyak az ércből való kinyerésére. 1998-ban Kirgizisztánban egy hatalmas ciánömlés 4 halálos áldozatot követelt, és emberek ezreinek ideiglenes kitelepítését eredményezte egy kanadai tulajdonú bányától nem messze folyásirányban, egy folyó menti településről. A coloradói Summitville bánya közelében, az adófizetők, az elmúlt néhány évben mintegy 100 millió dollárt költöttek arra, hogy a környékbeli folyók vizébe ömlött szennyeződést, legalább egy tározóba elvezessék. Időközben, a guayanai Omai bányában bekövetkezett, több milliárd literes, ciánnal szennyezett kiömlés, halak és más állatok tömegeinek pusztulását eredményezte.

2.7.6. Ciánszennyezés a Tiszán

2000. január 30-án átszakadt a romániai Nagybánya térségében működő AURUL ausztrál-román vegyes-vállalat kezeletlen technológiai hulladék-vizét gyűjtő zagytározó földgátja. Az esemény következtében mintegy 100.000 m³ erősen toxikus hatású cianid-kompleket tartalmazó magas koncentrációjú oldat került egy kisvízfolyáson keresztül a Szamos folyóba, majd a Tiszába, ezt követően a Dunába és a végső befogadó Fekete-tengerbe.

Az Európai Unió Környezetvédelmi Főbiztosa kezdeményezésére 2000 márciusában megalakult Nagybánya Munkacsoport jelentése szerint a káresemény bekövetkezte számos okra volt visszavezethető: szerepet játszottak benne komoly tervezési, engedélyezési és működtetési hibák (mint például a vízelvezető rendszer tervezési-építési hiányossága, az alacsony peremfal, a hibás előzetes környezeti hatástanulmány és a nem megfelelő monitoring elvárások), valamint közrejátszott a szélsőséges, de nem példa nélküli időjárás is. A Munkacsoport megállapította, hogy a Tisza vízgyűjtőterületén csak Romániában 24 hasonlóan veszélyes létesítmény működik.

2.7.7. Higany

A higanyt évszázadokon át arra használták, hogy az aranyat kémiai úton kivonják az ércből. Ez óriási egészségkárosodást okozott a bányászoknál, és a környékbeli lakosoknál is. A kaliforniai aranyláz idején, 7.600 tonna higany került a helyi folyókba és tavakba,

ami a halálos mérge hatásának kitett embereknél idegrendszeri zavarokat és számos halálesetet eredményezett.

2.7.8. Verespatak

A Newmont közvetve érdekelt a Romániában található verespataki aranybányánya beindításában is. A Verespatak közeli hegyek 300 tonna aranyat és ezüstöt rejtnek. Becslések szerint 10,6 millió uncia arany található itt, amelynek értéke a jelenlegi árfolyamon mintegy 3 milliárd dollár. 1932-ben 130 kilogram arany és 38 kilogram ezüst került ki Verespatak bányáiból. A XX. század elején Verespatak volt a hagyományos, vízzel hajtott aranykőzet-törők jellegzetes helye. Ezzel szemben most a falvak körüli hegyeket 15 év alatt, naponta 20 tonna dinamittal akarják eltüntetni. Egy kanadai cég, a Rosia Montana Gold Corporation (RMGC) Európa legnagyobb külszíni fejtésű aranybányáját akarja itt létrehozni. (A Newmont 2004-ben felvásárolta a kis kanadai bányavállalat egy részét.) A technológia világszínvonalú. Az embereket új, modern házakba költöztetik. Az ajánlat csábító. Lesz egy 800 hektáros cianidtározó is, 180 m magas gáttal. Csak a mesés falu, Verespatak tűnik el a föld színéről. Az óriási beruházást mindössze 15 évre tervezik, ennél hosszabb ideig munkahelyeket sem biztosítana, a bánya lezárta után viszont örökre megmaradna a környezeti pusztítás. Hogy mi lesz tíz-tizenöt év múlva, az arany kitermelése után, az a Gold Corporation nem érdekli.

A bánya nemcsak a település eltűnését eredményezné, hanem – mivel ez a terület is része a Tisza vízgyűjtőjének – súlyos kockázatot jelent Nyugat-Erdély és Magyarország számára. A tiszai katasztrófát okozó nagybányai Aurul jelentéktelen "műhely" az itt tervezett beruházáshoz képest. A Gold sokszor nagyobb mennyiségben használna ciánt, a zagytározó is a többször nagyobb volna annál a nagybányainál, amelyből négy éve a Tiszáig folyt a cianid. Baj esetén a négy évvel ezelőttinél is súlyosabb környezeti tragédia fenyegetne.

A tervezett robbantásos technológia és a völgy csaknem egészét elfoglaló zagytározó miatt a bánya és a kisváros együtt nem maradhat fenn. A dilemma tehát: másfél évtizedig biztos munkát és romániai mércével jó fizetést biztosító aranybánya létesüljön-e, vagy maradjon meg az ipar eltűntével lassan sorvadó, öregedő település? A

veszteséges állami bányát 2007-től bezárták, ezzel gyakorlatilag az utolsó munkalehetőség is megszűnt a településen. Ezen a vidéken a földből nem lehet megélni, az állattartásra alkalmas legelőket a Gold cég már évekkel ezelőtt megvette. Ha nem épül meg az új bánya, akkor is elpusztulásra van ítélve a falu.



11. ábra

Verespatak

www.agr.unideb.hu/ktvbsc/dl2.php?dl=35/6_eloadas.ppt



12. ábra

Verespatak

Forrás: MTI



13-14. ábra



15. ábra

**Egy felhagyott aranybánya képei 13-15. ábrák
Verespatak**

Forrás: <http://eletmod.transindex.ro/?cikk=4538>



16. ábra

Verespatak bánya madártávlatból

Forrás: <http://www.minerals.hu/index.php?m=news&article=95&lang=hun>

3. HATÁSTANULMÁNY, RECSK

3.1. MAGYARORSZÁG ÉRCBÁNYÁSZATA

Az ország ásványi nyersanyagai természetes állapotukban az állam tulajdonában vannak. E kincsek hazánk természeti erőforrásainak és a nemzeti vagyonának részét képezik, nyilvántartásukat a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal és jogelődei végzik 1953 óta.

A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény a 25. §-a, valamint a végrehajtására kiadott 203/1998. (XII. 19.) Korm. rendelet előírásainak megfelelően végzi a hazai ásványvagyon nyilvántartását.

1990-ben az ásványi nyersanyag kitermelése 62 millió tonna volt, 81 404 foglalkoztatottal, 3,4%-os részesedéssel a hazai GDP-ben. 2006-ra a foglalkoztatottak száma az alvállalkozásokkal együtt már csak 11 ezer fő volt, az ásványi nyersanyag kitermelése azonban 105,7 millió tonnára nőtt. Ez a termelés hatékonyságnövekedését bizonyítja, így az ágazat egészére összességében az egy foglalkoztatottra jutó évenkénti átlagos kitermelés 762 tonna/fő/év-ről 9609 tonna/fő/év-re, vagyis 12,7-szeresére nőtt.

Ebben jelentős szerepet játszott a külszíni bányászat fejlesztése (ezen belül az infrastrukturális fejlesztések alapját képező építőipari ásványok, valamint az energiaellátásban jelentős lignitbányászat fejlesztése), a létszám-racionalizálás és a kitermelési technológiák műszaki fejlesztése és a hatékonyabb munkaszervezés a mélyműveléses bányászat visszafejlesztése során megmaradt bányászatban is.

A bányászati tevékenység nagy része a kitermelt ásványi nyersanyag feldolgozását és felhasználását megvalósító villamosipari, vegyipari, építőipari vertikumokba integrálódott. Ezáltal, míg 2006-ban a bányászati tevékenységgel kitermelt ásványi nyersanyag értéke csupán a GDP 1,4%-a, addig a vertikumi értéknövelő feldolgozással, felhasználással 9,96%-os részesedéssel bír a GDP-ben, valódi értékteremtéssel²⁵.

Jelenleg egyetlen működő ércbányánk az úrkúti mangánércbánya, a korábbi vasérc- és színesfémérc-bányáink az 1980-as években bezártak. Az 1970-80-as években bauxittermelésünkkel Európa élvonalába tartoztunk, de ma már csak a halimbai-nyírádi területen folyik kisebb mértékű bányászkodás.

Az a tény, hogy ércbányáink bezártak, nem jelenti azt, hogy az ott fellelhető ásványkincsekből kifogytunk (7. táblázat). Az elmúlt évtizedekben új ércfeldolgozási technológiák születtek, a fémek világpiaci ára a magasba ível, ami a termelést újra gazdaságossá teheti. Különösen igaz ez a recski előfordulásra, melynek mélyszinti kutatási vágatait 2000-ben vízzel árasztották el. A réz világpiaci ára azóta több mint négyszeresére nőtt.

A jelenlegi áraknak megfelelően a recski előfordulás 13 ezermilliárd forint vagyont rejt (a magyar államadósság 20 ezermilliárd forint). Az egyéb mátrai ércelőfordulások

²⁵ <http://www.muszakilapok.hu/kornyezetvedelem/uj-iranyok-banyaszatban>

vagy a rudabányai terület újrakutatása szintén pozitív eredményeket hozhat. Kimondhatjuk tehát, hogy hazánk ásványi nyersanyagokkal közepesen ellátott ország.²⁶

7. táblázat: Magyarország ércvagyona 2008. január 1-i állapot

Nyersanyag	Földtani vagyon	Kitermelhető vagyon	2007-es kitermelés
	millió t		
Vasérc	43,1	43,6	-
Bauxit	127,0	82,0	0,5
Ólom-cinkérc	90,8	100,2	-
Rézérc	781,2	726,5	-
Nemesfémércek	36,6	36,5	-
Mangánérc	79,6	52,6	0,05

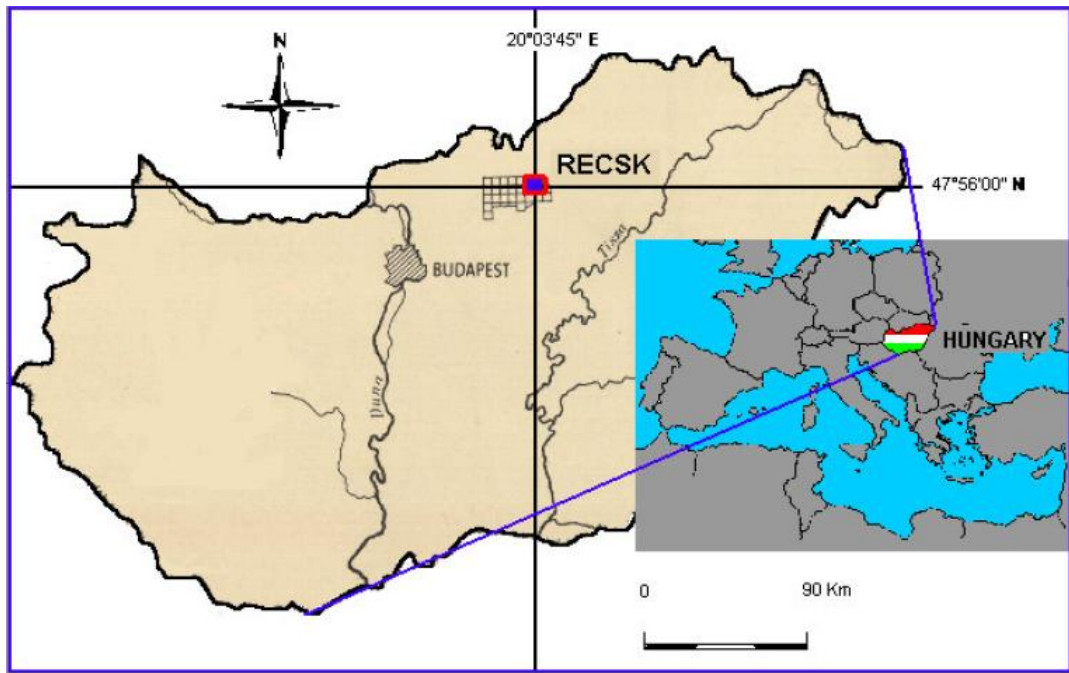
Forrás: Saját szerkesztés www.mbfh.hu alapján

3.2. ARANYBÁNYÁSZAT RECSKEN

Recsken, a Lahóca-hegy oldalában a kutatás már 1850-es években elkezdődött, néhány éven belül három bányatársaság is alakult a felszínközeli (néhány 100 méteres mélységben található) ércek kibányászására. 1862-ben ércelőkészítő, lúgozó és ércolvasztó építését kezdték meg a hegy déli oldalában. Trianon után Recsk hazánk egyetlen rézércbányája maradt.

A szocialista államosítás után 1950-től 1979-ig folyt a legintenzívebb termelés, volt, hogy 1000 embert foglalkoztatott a bánya. 1961-ben kutatófúrások indultak a II. számú bányaterületen, az eddigieknél jóval mélyebben fekvő szkarnos ércek kinyerésére. El is készültek az aknák és a feltáró vájatok az országban legmélyebb, 1200 méteres szinten, de a kitermelés gazdaságossági aggályok miatt nem indult be. Jelenleg a bánya gazdát keres, a kitermelhető ércvagyont több 10 millió tonnára becsülik. Réz mellett cink, ólom, molibdén és ezüst található a föld mélyében.

²⁶ Dr. Hartai Éva: Mindentudás Egyeteme, Miskolci Egyetem, 2011.02.01.



17. ábra

Recsk helye Magyarország térképén

Forrás: Gift Rukezo [2003]: Drainage geochemistry of the Recsk-Lahoca mining area,
Matra mountains Hungary,
International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC)



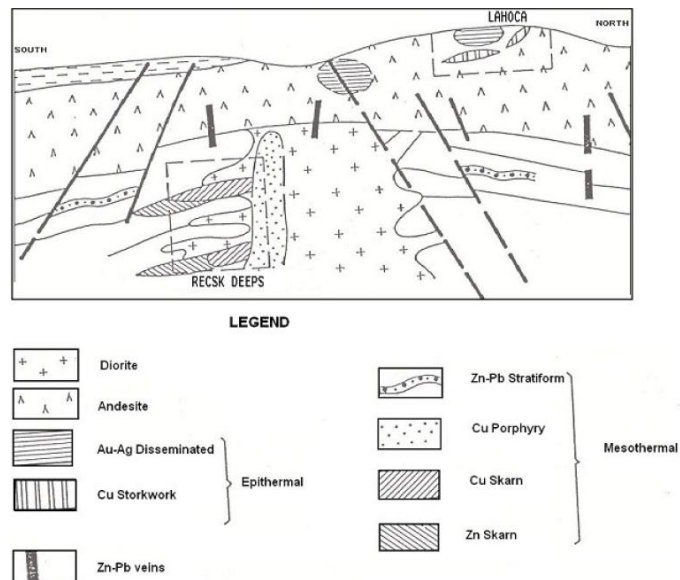
18. ábra

Recsk látképe a Lahóca hegy oldaláról

Forrás: Gift Rukezo [2003]: Drainage geochemistry of the Recsk-Lahoca mining area,
Matra mountains Hungary,
International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC)

3.2.1. Lahóca I. földtani viszonyainak bemutatása

Mielőtt megvizsgálánk a bányászati kitermelési volumen adatait, fontos megismernünk és röviden összefoglalnunk mindazokat a földtani viszonyokat, amelyek lehetővé teszik az arany jelenlétét a térségben.



19. ábra

Epitermális Au, Ag telepek

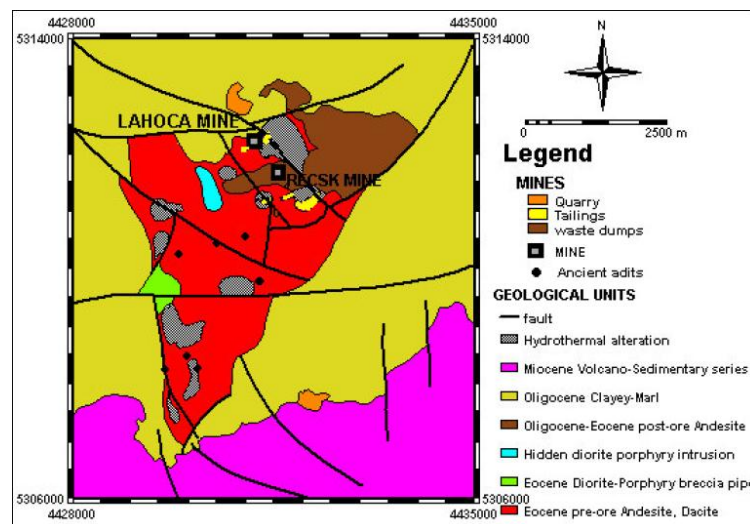
Forrás: Gift Rukezo [2003]: Drainage geochemistry of the Recsk-Lahoca mining area, Matra mountains Hungary, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC) 13. oldal

Az arany jelenléte ebben a térségben az epitermális ércesedés következtében alakult ki. Az epitermális ércesedés fiatal andezites vulkanitokhoz kötött, a kainozoikumi orogén övekben, szubdukciós zónákban sok előfordulása ismert. Az ércképződést mindig erős kőzetlebontás kíséri (kovásodás, agyagásványosodás), ami a telepek felismerésének, kutatásának fő alapja. A folyadékzárvány-vizsgálatok arra utalnak, hogy az ércszállító oldat uralkodóan meteorikus (csapadékvíz) eredetű. Érctartalmát a vulkáni kőzetbe beszivároghatva, abból kioldva nyeri, majd az ércet telepekben koncentrálnak.

Az ércesedést okozó oldat jellege alapján az epitermális Au-Ag telepeket két csoportba osztják: HS és LS telepek. A HS rövidítés a "high sulfidation", azaz "magas szulfidációs" kifejezésből származik. Ennél a teleptípusnál az érchordozó oldat szulfátos-savas. Az érc hintett-breccás megjelenésű. Ezeket a telepeket régebben nem bányászták, mivel az

érckoncentráció viszonylag alacsony (néhány g/t). A külszíni bányászat és a korszerű dúsítási technológiák alkalmazása miatt azonban a nemesfém-bányászatban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az ilyen típusú telepek. A másik csoportnál az LS kezdőbetűk a "low sulfidation" kifejezésből származnak, ami "alacsony szulfidációs" környezetet jelent. Az érchordozó oldat itt alacsony szulfidtartalmú és semleges kémhatású. Az érc teléres megjelenésű. Hazánkban epitermális LS típusú aranyércesedés Telkibányán, míg epitermális HS típusú réz-arany ércesedés Recskén található.

Recsk környékén a felsőeocén magmatizmushoz, melynek dioritos plutoni környezetében porfiros és szkarnos ércesedés alakult ki, andezites sztratovulkáni sorozat is tartozik. Utóbbiban a Lahóca-hegy területén erős, kovás-agyagos kőzetelváltozás kíséretében HS típusú Cu-Au ércesedés jött létre. A rézércet az 1800-as évek elejétől, 130 éven át bányászták, az aranyat melléktermékként nyerték ki. A réz fő ásványa az enargit (Cu_3AsS_4). Az érc szeszélyes, hintett, tömzsös eloszlású. Kifejezetten az aranyra irányuló kutatás az 1990-es években zajlott, és Európa egyik jelentős aranyércelőfordulását tárta fel. Az alacsony érckoncentráció (1,5 g/t) és az ércfeldolgozási technológia nehézségei miatt eddig nem indult beruházás. Az arany terméсарanyként, hintetten, vagy piritre növe jelenik meg.²⁷



20. ábra

Lahóca hegy

Forrás: Drainage geochemistry of the Recsk-Lahoca mining area, Matra mountains
Hungary, Gift Rukezo, 2003

International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC) 12. oldal

²⁷ Forrás: Hartai Éva [2008]: Teleptani alapismeretek, Miskolc

A Lahóca-hegyen található a magas szulfidizációs fokú epitermális ércesedés. Legalsó egysége egy sekély mélységű dioritintrúzió, amit sillek, andezit dykeok és a harmadik extrúziós fázis anyaga harántol. Az ércesedés a Lahóca-hegyen a breccsákhoz kötődik, amelyek gyakran újrabreccsásodnak és kovával vagy agyagásványokkal cementáltak. A jellemző ércásvány kollomorf pirít, amely finom hintések, erezések, sávok formájában jelenik meg a breccsában.

Az ércesedés tipomorf ásványai az enargit és a luzonit, amelyek szabálytalan csomók formájában jelennek meg. Más Cu ásványok, mint kovellit, csak alárendelten jelennek meg. Akcesszórius ásványként galenit, szfalerit, kalkopirit is megjelenik, ezek azonban korábbi ércesedések eredményei. A Cu-As-Sb ásványok gyakran tartalmazznak Bi-Te szulfosókat.

Az arany a pirithez kötött. Néha enargitban és a luzonitban is megjelenik elektrumként vagy termésелеmként. A breccsa zónákban az aranytartalom eléri a 3 g/t-t. Az arany az intenzíven kovásodott zónákhoz kapcsolódik, a legmagasabb aranytartalom mégis az argillites zóna és a befogadó andezit határán található. Ezekben a zónákban az arany koncentrációja elérheti a 100-180 g/t-t is. Az aranytartalom korrelál a Cu tartalommal, de nem korrelál az Ag-tel. Az ezüsttartalom 1-5 g/t körül ingadozik, de vannak helyek, ahol az 1000 g/t-t is elérheti. A Cu tartalom 0,1-0,7% között változik. A szmektités és a kaolinites zóna 0,1-0,2 g/t átlagos aranytartalommal jellemezhető. A Lahóca-hegyen 1852-től 1979-ig 3,1 millió tonna rezet bányásztak ki, 0,63% réztartalomra és 2 g/t aranytartalomra.

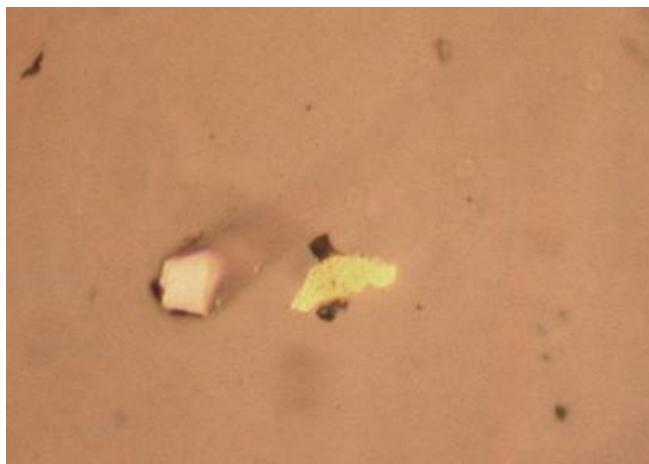


21. ábra

Benőtt enargit breccsában a Lahóca-hegy D-i oldalán

Forrás: <http://abyss.elte.hu/users/segeusc/2003%20MatraBukk/recsk.htm>

Kifejezetten az aranyra irányuló kutatás az 1990-es években kezdődött, és Európa egyik jelentős aranyérc előfordulását tárta fel.



22. ábra

Termésarany, mikroszkópi kép Lahóca-hegy D-i oldal

Forrás: <http://abyss.elte.hu/users/segeusc/2003%20MatraBukk/recsk.htm>

3.2.2. A bánya megnyitásával kitermelhető arany mennyisége

Különböző számítások szerint csak ott érdemes aranybányát nyitni, ahol legalább 50 tonnányi, azaz másfél millió uncia aranyat rejt a föld. Az itthoni kutatások szerint ekkora mennyiségben Recsken, a régi rézbányában és környékén fordul elő arany. Az 1990-es évek elején valóságos aranyláz tört ki Magyarországon, hiszen több, nemzetközileg is ismert, nemesfémbányászattal foglalkozó cég is elkezdett kutatni a Mecsek vidékén és az Északi-középhegységben (Zemplén, Mátra, Börzsöny) az egykoron legdrágábbnak tartott fém után.

Recsken egy Ausztrál cég hárommillió dollárt fektetett be az aranykutatásba. A cég hazai leányvállalata az Enargit Kft. 1994 és 1998 között összesen 71 db fúrólukkal 10 312m magfúrást végeztek, és vizsgáltak meg²⁸, azt feltételezték, hogy legalább 60 tonnányi aranyat rejt a recski Lahóca-hegy. Az Enargit kutatásai végén bebizonyosodott, hogy 54 tonnányi arany kibányászható. A felderített ásványvagyon mennyiségét és minőségét a 8. táblázat mutatja be.

²⁸ Dr. Földessy János: A recski nemesfém ércesedések megismerése, kutatása és gazdasági jelentősége, Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 133. évfolyam, 1. szám, 110.o.

**8. táblázat: A lahócai aranyércvagyon becsült mennyiségének változása
a kutatás során**
(cut off: 0,5g/t Au)

Évek	Ércmennyiség	Átlagminőség	Fémtartalom	Fémtartalom
	kt	Au g/t	t	uncia
1994	24 500	1,40	34,30	1 100 000
1995	32 500	1,40	47,50	1 430 000
1996	35 500	1,35	47,93	1 540 000
1997	36 500	1,47	53,66	1 600 000

Dr. Földessy János: A recski nemesfém ércesedések megismerése, kutatása és gazdasági jelentősége, Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 133. évfolyam, 1. szám, 111.o.

9. táblázat: Hasonló típusú ércelőfordulások Európában

Lelőhely	Ország	Típus	Ércvagyont kt	Minőség Au g/t	Egyéb hasznos komponensek	Arany fémvagyont t
Chelopech	BG	HS	52 100	3,30	1,4%Cu	171,93
Kassandra	GR	HS, LS	25 000	6,50	6,5%Pb + 6,5%Zn + 150 g/t Ag	162,50
Furtei	I	HS, LS	57 000	1,99		113,43
Skouries	GR	HS	60 000	1,50	0,8%Cu	90,00
Lahóca	H	HS	36 500	1,47		53,66
Sturec	SK	LS	22 500	1,54	12,5 g/t Ag	34,65
Ovacik	TR	LS	2 980	9,00		26,82
El Valle	ES	HS	4 244	5,28	0,30%Cu + 7,71 g/t Ag	22,41
Sappes/Viper	GR	HS, LS	1 800	8,20		14,76

Forrás: Saját szerkesztés Dr.Földessy János: A recski nemesfém ércesedések megismerése, kutatása és gazdasági jelentősége, Bányászati és Kohászati Lapok-Bányászat 133. évfolyam 1. szám, 110.o.

Európai viszonylatban Lahóca aranyfém vagyonát tekintve a hasonló ércelőfordulások között közepes nagyságúnak mondható (9. táblázat). Szakemberek állítják, itt érdemes kitermelni. Hogy ennek ellenére az ausztrál cég, illetve itthoni leányvállalata négy év kutatás után mégsem nyitott bányát, annak leginkább az volt az oka, hogy a világpiacra lezuhant az arany ára. Vagyis amíg a világpiaci ár nem megy fölfelé, addig nem éri meg kitermelni az aranyat Recskén, hiszen nagyon költséges az a technológiai eljárás, amely révén a vas-szulfidból kinyerhető a nemesfém. Az Enargit Kft. ennek ellenére nem szűnt meg, jelenleg az arany világpiaci ára pedig egyre jobban emelkedik.

3.2.3. A korábbi meddő újrafeldolgozásával kinyerhető ércvagyon

Nemcsak a Lahóca hegy, hanem a már korábban kitermelt meddő is jelentős fémtartalommal rendelkezik. Az alábbi 10. táblázat a feldolgozott ércek mennyiségét mutatja 1931 és 1979 között. Az eltelt több mint 45 év alatt 2.467.800 tonna ércet dolgoztak fel. Ebből legnagyobb mennyiségben, összesen 17.860 tonna rézércet nyertek ki, 6451 kg aranyat és 52 tonna ezüstöt. A legdinamikusabban az utolsó, 3. periódusban működött a bánya, nagy részét az összes kitermelt mennyiségnek 1956 és 1976 között adta.

10. táblázat: Lahócai bánya termelési adatai 1931-1979

Periódus (év)	A feldolgo zott érc menny. (x1000t)	Kinyerhető fémek								
		Réz Cu			Arany Au			Ezüst Ag		
		Réz (%)	Fémtart (x1000t)	% kinyer het.	Arany (g/t)	Fémtart (kg)	% kinyer het.	Ezüst (g/t)	Fémtart (t)	% kinyerh etőség
1931-1935	133,1	0,99	1,32	78,0	3,92	522,8	64,0	18,80	2,50	70,8
1936-1944	529	0,88	4,67	61,0	3,98	2.107,5	64,0	27,82	14,74	73,0
1956-1979	1804,7	0,66	11,86	86,0	2,12	3820,7	86,0	19,66	35,48	90,0
Összesen	2.467,8	0,72	17,86	80,8	2,61	6451,1	66,4	21,37	52,73	84,7

Forrás: Saját szerkesztés Recski Ércbányák Rt. adatai alapján

A hajdani bányászat következtében jelentős környezetszennyezés és szulfid lerakódás van jelen a területen. A Lahóca bányák hatalmas méretűre növelték a hulladék lerakóhelyek méretét és a több millió tonna lerakott salak nagy mennyiségű szulfidos ásványt tartalmaz. Ezen lerakóhelyek adják a fő lelőhelyeit jelen pillanatban a fémeknek. A kataszteri feltárások szerint mintegy 2.135.000 tonna átforgatott meddő, hulladék és feldolgozatlan érc van, amelyek 139.600 m²-nyi területet fednek be. Ezek adatait láthatjuk az alábbi, 11. táblázatban.

11. táblázat: Hulladékanyagok a Recski bánya területéhez kapcsolódóan

ANYAG	Lebegtetett hulladék	Közethulladék	Feldolgozatlan kibányászott érc	Összesen
Fedett terület (m ²)	52.000	33.000	54.660	139.660
Mennyiség (tonna)	1.350.000	307.000	478.000	2.135.000

Forrás: Saját szerkesztés Recski Ércbányák Rt. adatai alapján

A Recski Ércbánya Rt. termelési adataiból (az 1931 és 1979 között termelt meddőből) megbecsülhető a még kitermelhető réz, arany és ezüst tartalom. Ha vesszük az őrlött érc mennyiségét, minőségét és a még kinyerhető mennyiségét, akkor kiszámíthatjuk a fennmaradó fém mennyiségét. Ha X-nek vesszük az összes kibányászott ércet, G pedig a minősége, R pedig a kinyerhetősége, akkor az összes fém tartalom:

$$M = X * G$$

Az összes kivonható érc mennyisége (E):

$$E = [X * G * R] / 100$$

A visszamaradó fém mennyisége (%):

Az összes visszamaradó fém mennyisége:

$$T = [X * G * (100 - R)] / 100$$

Az alábbi 12. táblázat mutatja az így kiszámított réz, arany és ezüst még kitermelhető mennyiségét a meddőből. Az adatok a 10. táblázatból kerültek kiszámításra.

12. táblázat: A meddőből kinyerhető fémtartalom

Fém	Réz	Arany	Ezüst
Összes fém tartalom (M)	18.000 tonna	6450 kg	53 tonna
Kinyerhetőség %-ban (R)	80	66	85
Visszamaradó fém %-ban (100-R)	20	34	15
Összes visszamaradó fém	3.600 tonna	2190 kg	8 tonna

Forrás: Saját szerkesztés Drainage geochemistry of the Recsk-Lahoca mining area, Matra mountains Hungary, Gift Rukezo, 2003. alapján

A táblázat adatai szerint 3600 tonna réz, 2190 kg arany és 8 tonna ezüst kitermelhető még ki a meddő átforgatásával. A még kitermelhető fém mennyiségét sebezhetővé teszi és

károsíthatja az oxidáció és a felszíni vizek, valamint az időjárási körülmények. Az átforgatható meddő legnagyobb részét azonban még nem károsították ezen tényezők.

3.3. AZ ÉRC FELDOLGOZÁSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK KUTATÁSA

Az ércesedés lehetséges feldolgozási technológiájának vizsgálatára különböző laboratóriumokban került sor. Ezek a technológiai változatok a következők voltak:

- flotálás
- flotálás-finom őrlés
- direkt CIP-CIL kilúgzás, halmazlúgzási módszerek
- előfeltárás pörköléssel autoklávval, bio-technológiával

A technológiai kísérletek Ausztráliában és az Egyesült Államokban történtek, melynek eredményei a következők:

- A flotálás kihozatala alacsony.
- A közvetlen kilúgzási technológiák kis hatásfokúak, az arany pirithez való kapcsoltsága miatt.
- Hatékony feltárás csak előfeltárással érhető el, a legjobb kihozatalt a nyersérc autoklávos-túlnyomásos oxidációs-előfeltárása esetén kapták (93%).
- Jó eredmények mutatkoztak a biológiai oxidáció esetében is, de itt jelentősebbek voltak a technológiai veszteségek.

Több változatban készültek megvalósíthatósági előtanulmányok. Olcsó, külfejtéses változatok kerülhetnek szóba, 0,7-1 Mt/év termeléssel, 8-10 év élettartamra tervezve. Az előoxidáció valószínű módja biológiai oxidáció halmazban vagy tartályban, vagy oxigénnyomás alatti oxidáció autoklávban. A fémkinyerés módja az előzetesen feloxidált érces anyag oldatos kilúgzása. Recsk esetében a zárt körfolyamú lúgzási eljárások (CIP, CIL) valósítható meg. A lúgzási eljárást helyszíni elektrolízis követi, amelynek doré minőségű fémarany a terméke²⁹.

²⁹ U.o. 108-114- o.

3.4. A BÁNYA JELENLEGI HELYZETE

A tárgyalásos szakasz jelenleg is tart. Az elmúlt három hónapban a helyszínen egy kanadai csoport is tájékozódott, amely a világ egyik legnagyobb aranybányáját működteti. Kanadától Ausztráliáig a világban mintegy félszáz ilyen helyszínen végeznek kitermelést, és ők most az egyes számú recski bányatelek, a régi Lahóca megnyitására látnának fantáziát. A helyi képviselő-testület nem cáfolta azt az információt sem, hogy a kanadaiak egy vegyes tulajdonú, a hazaiakkal közös vállalkozásban, az aranykitermelésre alapított céggel képelnék el az itteni jövőt.

Az elképzelések közt az szerepel, hogy a vegyes vállalat 2–300 ember foglalkoztatásával kezdené meg a kitermelést, nem külszíni nyitással, hanem mélyműveléssel. Igaz, itt az aranytartalmú ércvagyon viszonylag sekély mélységben, mintegy 50 méteren kezdődik. A képzett szakemberek, bányászok biztosítására megkezdődtek az egyeztetések, hogy a közeljövőben megszűnő dunántúli szénbányákból fogadnának jelentkezőket. Az óvatos becslések is millió tonnányi aranytartalmú érccel számolnak a Lahóca esetében, tonnánként 1,7–27 gramm színarannyal. A számítások szerint már akár 1,5 grammos tonnánkénti aranytartalomtól megéri az értékes nemesfém helyi kitermelése.

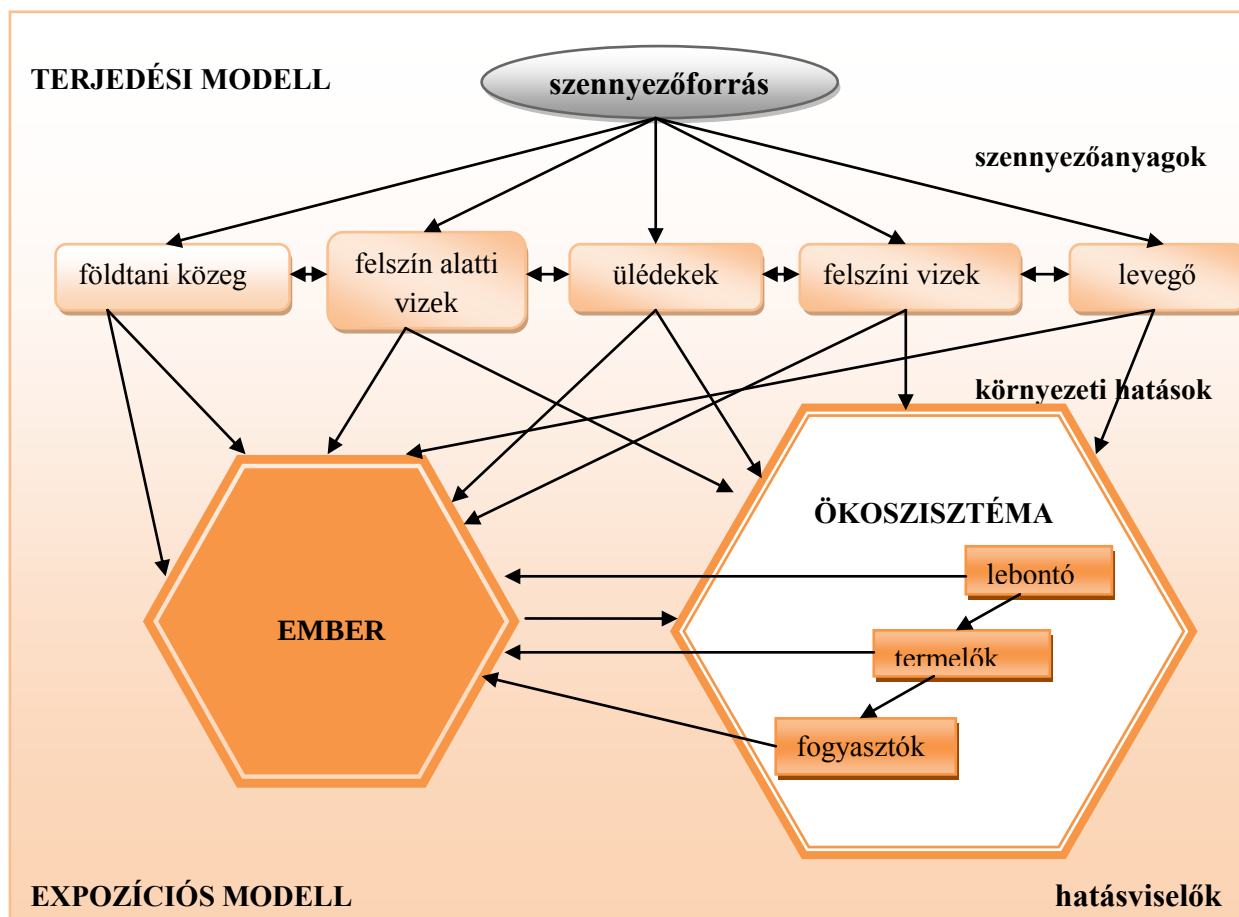
Recsk I., a régi Lahóca bánya az aranykitermelés elindulása után a térségben közvetve közel 1200 embernek adna munkát, szállítástól az étkeztetésig.

A recski lobbicsoport tagja Farkas Bertalan dandártábornok, az első, s máig egyetlen magyar úrhajós, aki külföldi, orosz és kínai kapcsolataival segíti a potenciális befektetők felkutatását.

4. KOCKÁZATI TÉNYEZŐK ÖSSZEFOGLALÁSA

A kockázati elemzések, illetve a technológiai folyamatok ismeretében az alábbi integrált kockázati modell állítható össze (23. ábra), amely egyesíti a terjedési modellt és az expozíciós modellt. Elemei: forrás, transzportútvonalak, szennyezett környezeti elemek,

ezek használatából adódó kitett receptorok. A 13-16. táblázatokban az adott munkafázisok lehetséges szennyező forrásait és a hatásukat foglalom össze.



23. ábra

Integrált kockázati modell

Forrás: Saját szerkesztés Gruitz K. 2001. alapján

13. táblázat: Ökoszisztémát veszélyeztető tevékenységek és hatások

Ökoszisztémát veszélyeztető tevékenységek, szennyező hatások		
Tevékenység	Munkafázis/Helyszín	Hatásai
Létesítmények kiépítése	Alapozás, építés	Szárazföldi élőhelycsökkenés, terület elfoglalása, fajok számának csökkenése
Termelés	Bányászat, feldolgozás	Levegő, talaj, vízszennyezés, zaj, vibráció következtében szárazföldi fauna csökkenése

Forrás: Saját szerkesztés <http://www.kvvm.gov.hu/index.php?pid=9&sid=9&hid=734> a Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW) [2010]: Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs, 107-114. oldal alapján

14. táblázat: Talajszennyezés típusai és forrásai

A talajba történő emisszió potenciális forrásai		
Tevékenység	Munkafázis/Helyszín	Potenciális bejutás a talajba
Bányászati munkálatok	Robbantás, külfejtés, szállítás	Természetes tájkép megbontása, gázfeláramlások, bányaterületről kifolyó üledék, erdő tarvágása, talajterhelés, erózió
Feldolgozás	Érc-hányó, darabolás, őrlés	Érc-törmelék, járművek emissziója, nehézfém-szennyezés
	Arany kinyerés	Gátszakadás, természeti katasztrófa balesetszerű CN kibocsátás
	Reagens tárolás	Reagens beszivárgás a talajba
Zagytározó tó		Gátszakadás, savas eső
Hulladékközet (meddő) elhelyezés		Tájképrombolás, szél erózió, jármű emisszió.

Forrás: Saját szerkesztés <http://www.kvvm.gov.hu/index.php?pid=9&sid=9&hid=734> az Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW) [2010]: Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs, 107-114. oldal alapján

15. táblázat: A vízkészleteket veszélyeztető potenciális szennyező források

A befogadó vizekbe jutás potenciális forrásai		
Tevékenység	Munkafázis/Helyszín	Potenciális kijutás a környezetbe
Bányászati munkálatok	Robbantás, külfejtés	A működési területen összegyűjtött csapadékvíz elfolyása, régi bányaművelés savas vizeinek elfolyása, bánya víztelenítés és szivárgó rendszer vizei.
	Szállítás	Só és üledék lemosódás a bánya utakról, beszivárgás a talajvízbe.
Feldolgozás	Érc-hányó	Savas vizek bemosódása, szivárgás talajvízbe.
	Közzet-talaj-hányó	Hordalék bemosódás.
	Darabolás és őrlés	Visszaforgatott/technológiai vizek kibocsátása.
	Arany kinyerés	Reagensek balesetszerű környezetbe kerülése.
	Reagens szállítás, tárolás	Reagensek balesetszerű környezetbe kerülése.
Zagy elhelyezés	Zagyvezetékek	Balesetszerű elfolyás, vagy csőtörés.
	Zagytározók	Balesetszerű, vagy rendellenes kifolyás a környezetbe, beszivárgás a talajvízbe.
Hulladékközet (meddő) szállítása, elhelyezése		Bemosódás a meddő rakodásakor a nedves időszakokban, bemosódás a szállítási utakról.
Bánya, telep, irodák		Szennyvíz csatorna törése, vegyi anyag, üzemanyag, olaj elfolyása
Személyzet szállítása		Üzemanyag, olaj elfolyása.
Vízellátás		Csőtörés miatti lefolyás hozzájárulása a lebegőanyag tartalmú felszíni bemosódásnak.

Forrás: Saját szerkesztés <http://www.kvvm.gov.hu/index.php?pid=9&sid=9&hid=734> az Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW) [2010]: Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs, 107-114. oldal alapján

16. táblázat: A légszennyezés típusai és forrásai

A levegőbe történő emisszió potenciális forrásai		
Tevékenység	Munkafázis/Helyszín	Potenciális kijutás a légkörbe
Bányászati munkálatok	Robbantás, külfejtés, szállítás	Robbantásból származó füst és por, az exkavátorok és mozgó berendezések okozta por, szél erózió, járművek emissziója (kipufogó gázok).
Feldolgozás	Érc-hányó, darabolás, őrlés	Érc-por a hányó töltésekor és őrlése során, szél erózió, járművek emissziója.
	Arany kinyerés	Nedves folyamat: mészpóráz az adagolásnál, balesetszerű CN kibocsátás, kemence-füst..
	Reagens tárolás	Reagens por az adagolás során, gázok.
	Detoxifikációs telep	SO ₂ kijutás
Zagytározó tó		Szél erózió a kiszáradt részekről Savas eső
Hulladékközet (meddő) elhelyezés		Por képződés, szél erózió, jármű emisszió.

Forrás: Saját szerkesztés <http://www.kvvm.gov.hu/index.php?pid=9&sid=9&hid=734> és az Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW) [2010]: Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs, 107-114. oldal alapján

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az arany Földünk egyik legritkább és egyben legértékesebb eleme gazdasági szempontból nézve. Kitermelése valószínűleg már a rézkorban (i.e. 6. évezredben) elkezdődött. Bányászata rendkívül költséges és nehéz, a legmodernebb technikával egy tonna szilárd kőzetből, már 2 gramm arany gazdaságosan kinyerhető. Azonban ez az érték nem veszi figyelembe azt a számtalan maradandó negatívumot, amit az aranybányászat rejt magában:

- A végtermékhez képest hatalmas mennyiségű hulladékot állít elő, amiben igen magas a nehézfém (As, Hg, NaCN) és a savas oldószer koncentráció, ezek a fedetlen meddőhányók és zagyok az erózió segítségével bemosódnak a talajba, illetve elszállítódnak más területekre, ahol komoly természeti kárt eredményeznek az élő- és az élettelen környezetben.
- A vízben és a víznyerő helyekben okozott kár, a bányászat legpusztítóbb környezeti hatása, a cian az egyik nélkülözhetetlen veszélyes anyag a kitermelésben és még soha egyetlen bányavállalat sem akadályozta meg, hogy a ciánnal szennyezett víz beszivároghasson a vízkészletekbe.
- A bányászat több talajt mozgat meg és hord el, mint a világban a folyók a természetes erózió hatásaként, ezzel hatalmas tájsebeket építve a lelőhelyen.

- Az ásványok körében az aranyhoz köthető a legtöbb mészárlás, haláleset (pl. Maják, Inkák).
- Az arany nem elégíti ki létszükségleteinket és bármennyire is vonzó volt történelmünk során a ritka nemesfém birtoklása, környezetvédelmi-emberi szempontból leginkább romboló hatásai ismertek.
- Az arany kinyerése cianiddal a világon elfogadott eljárás. A technológia megvalósításához komoly beruházás kell. Létre kell például hozni egy mesterséges tavat - puffert - ahová a felhasznált cianidot bevezetik, majd később újra felhasználják. Ezt a tavat megfelelően ki kell bélelni, olyanná kell tenni, hogy oldalfala semmilyen körülmények között ne szakadhasson át. A cianidos eljárás mellett olvasztással is elő lehet állítani aranyat, de ez a módszer körülményes, és jóval drágább. Magyarországon azonban még egyik változatot sem alkalmazták.

A vállalat jövője szempontjából a környékbeli lakosság tájékoztatása és a kárelhárításra való felkészítése legalább olyan fontos, mint a veszély bekövetkezési valószínűségének a csökkentése. Egy esetleg bekövetkező balesetnél nem mindegy, hogy a környéken lakók és a kárelhárító szervezetek fel vannak-e készítve a baleset következményeinek a csökkentésére vagy sem. A bophali³⁰ vagy a csernobili tragédia sokkal kevesebb ember életét követelte volna, ha a hatóságok és a lakosság fel vannak készítve egy ilyen vészhelyzet bekövetkezésére. A vállalatoknak nem elegendő a gyár falain belül gondolkodni és gondoskodni a környezeti kockázatokat illetően, hanem figyelembe kell venniük a vállalat változó természeti és társadalmi környezetét is. A vállalatok környezeti menedzsmentje tehát nem korlátozódhat a falakon belülre³¹.

5. JAVASLATOK

Minden kor gazdaságfejlesztési stratégiájának biztosítani kell a hazai természeti erőforrások hasznosíthatóságának feltételeit, a nyersanyag kitermeléséhez és feldolgozásához kapcsolódó gazdasági vállalkozások támogatását. A nyersanyagvagyon

³⁰ A vegyipar történetének legtöbb emberáldozattal járó katasztrófája India középső részén, Bhopalban következett be 1984. december 3-án. Bhopal egy több mint 800 ezer lakosú nagyváros, a Madhju Prades szövetségi állam fővárosa.

³¹ Kerekes Sándor: A környezetgazdaságtan alapjai mek.oszk.hu/01400/01452/html/

döntő hányada nem a rövid távú célok és keresletek kielégítését szolgálja, hanem stratégiai jelentőségű gazdasági hátteret biztosít.

Egy vállalat tevékenységének környezeti kockázata nemcsak a vállalat tevékenységén, gondosságán múlik, hanem azon is, hogy tevékenységének melyek a tágan vett környezeti következményei, amelyek számos, a vállalaton kívülre tekinthető tényezőnek is függvényei, melyet földrajzi elhelyezkedésük, a lakossági hozzáállás, a biztonsági kérdések és a külső szabályozás lényegesen befolyásolnak.

A tágan vett környezeti következményekbe beleértjük nemcsak a természeti környezet által befolyásolt következményeket, hanem azokat is, amelyek a társadalmi környezetben gyökereznek. A bánya nyitásának stratégiai, gazdasági, társadalmi-szociális hatásai is vannak. Nem lehet egyértelműen gazdasági érdektől vezérelve a környezeti hatások ismerete nélkül támogatni az aranybányászat megvalósítását. Mindenképpen hatástanulmányok összeállításában elemezni kell az aranybányászat pozitív és negatív hatásait, gazdaságossági számítások során figyelembe kell venni a bányaművelés Recskre, szűkebb és tágabb környezetére gyakorolt multiplikatív hatásait.

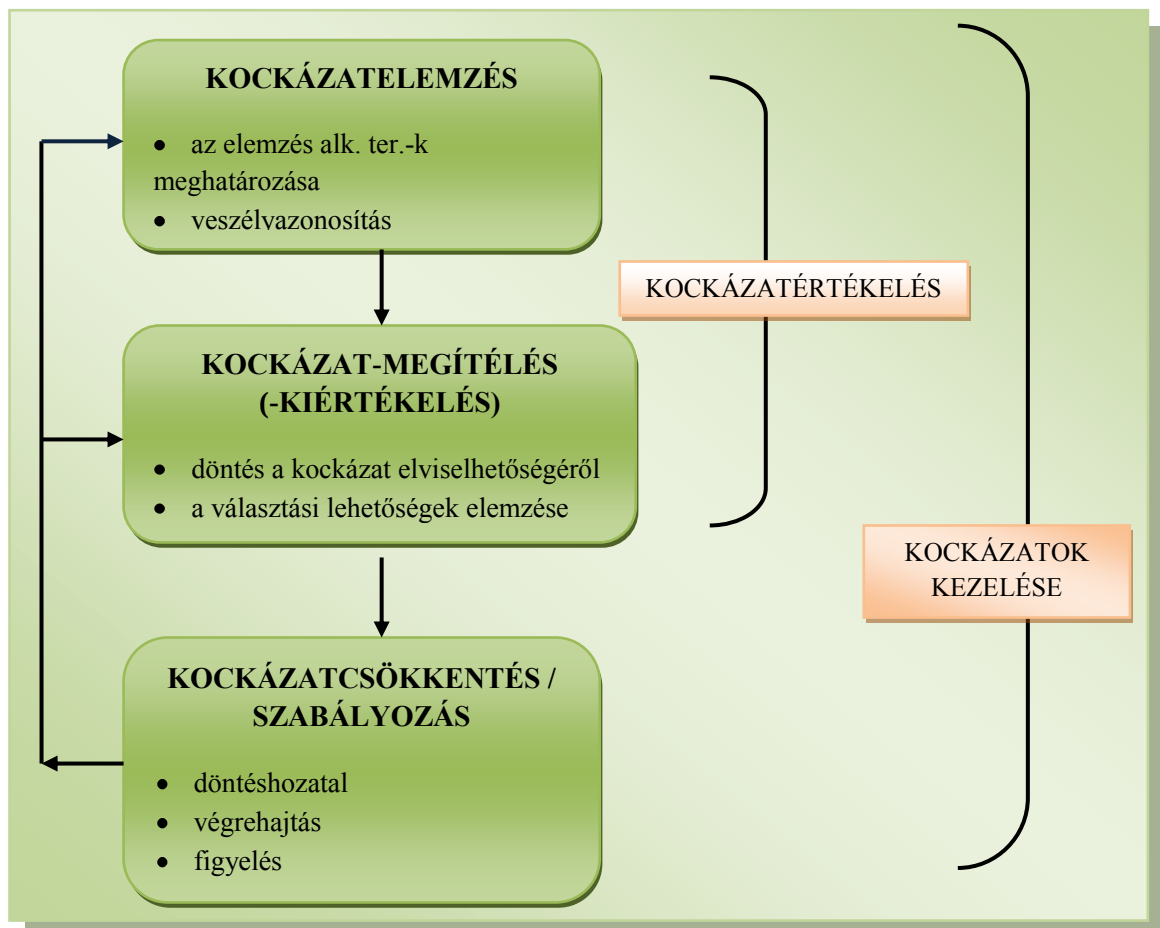
A bányászati tevékenység a nemzetgazdasági haszna mellett számos kedvezőtlen környezeti hatással jár: a talaj és a vizek szennyezése, vízszint- és talajsüllyedés, élőhelyek eltűnése és a biodiverzitás csökkenése, tájsebek keletkezése. A felhagyott bányászati területek, meddőhányók rekultivációja több esetben is elmaradt. A légszennyezés, zaj- és rezgésterhelés növekedése nemcsak a nyersanyag kitermelés környékén, hanem a kapcsolódó szállítási útvonalak mentén élők egészségét is károsítja és csökkenti az ingatlanok értékét.

A környezeti kockázatok, következmények mérésére nincs általános érvényű szabály, minden esetben, a feladat jellegének megfelelően kell a becsléseket, elemzéseket elvégezni.

Információk szükségesek, a külfejtéses bánya tervezéséről, a bánya üzemeltetéséről, az ércfeldolgozásról, a hulladék közet (meddő) kezeléséről; és a feldolgozás során keletkezett zagy kezeléséről, a környezet mindenkori állapotáról, melyek feltárják az ok-

okozati összefüggéseket, jelzik a változások várható irányait. Ennek érdekében fontosnak tartom a környezet jelenlegi állapotának felmérését (a kockázatértékelési eljárások végeredménye és a végeredmény megbízhatósága ugyanis az alapadatok megbízhatóságától függ), valamint egy szakértői team létrehozását, amely közreműködik az állapotfelmérésben, de a későbbiekben is tevékenységével garantálja a környezetvédelmi szempontok maradéktalan érvényesítését.

A kockázat kezelés magában foglalja a kockázat felismerését, elemzését, de kell, hogy tartalmazza mindazokat az intézkedéseket, melyeket az adott vállalat, jelen esetben a beruházó, vagy a bánya működtetője a környezeti kár csökkentése érdekében megtesz (24.ábra).



24. ábra

A kockázatelemzés és a kockázatok kezelése keretében folytatott egyéb tevékenységek közötti kapcsolatot egyszerűsített vázlata

Forrás: Saját szerkesztés Műszaki Biztonsági Főfelügyelet 3. sz. Füzet alapján

Szükségesnek tartom ezen kívül egy on-line döntéstámogató rendszer kiépítését, amellyel a döntések az alapos elemzések következményeként időben gyorsan meghozhatók.

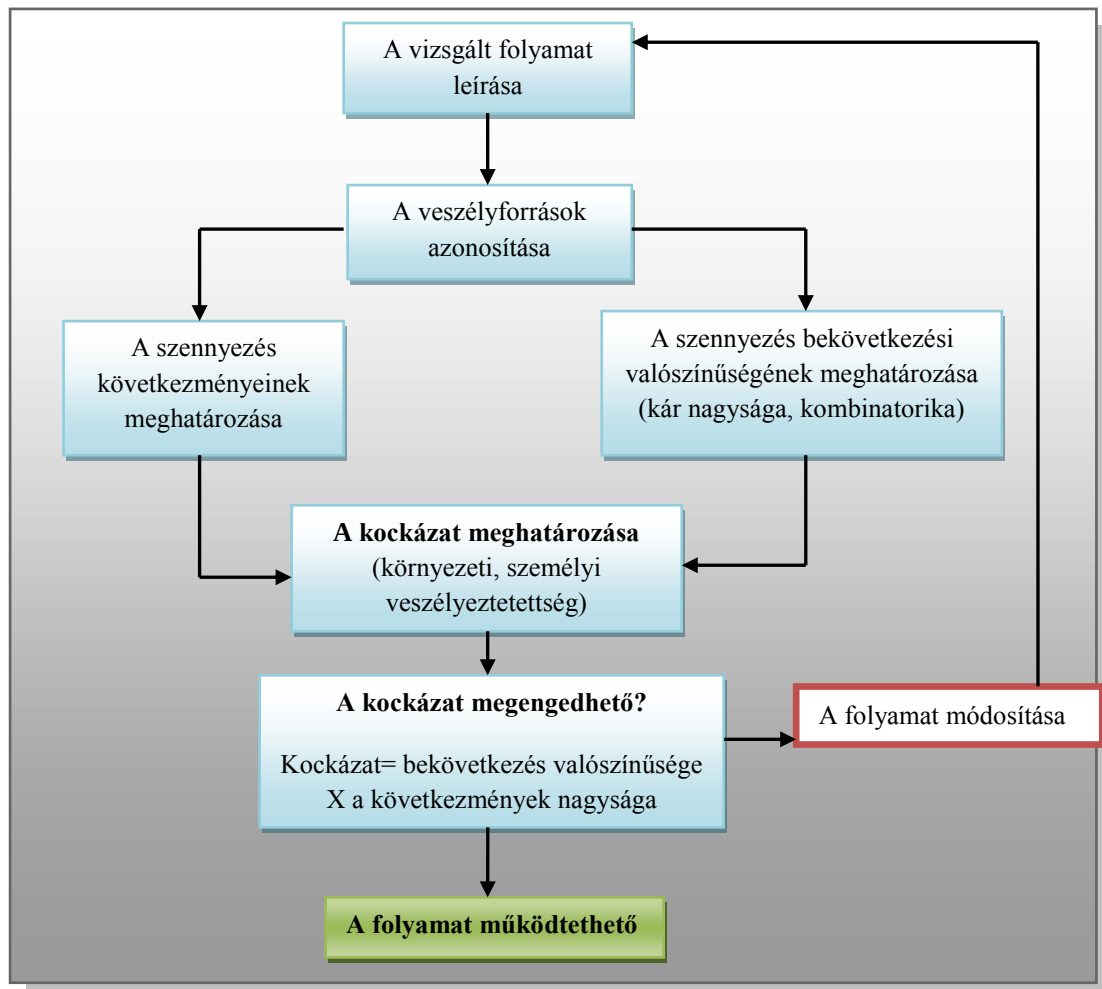
- A bányá, az üzem és a település környezetét (domborzat, településhálózat, vízrajz, talajvíz, növényzet stb.),
- A technológiai és a kibocsátási folyamatokat,
- Az érintett felszíni és felszín alatti vízkészleteket,
- A környezeti tényezők (levegő, zaj, vibráció, sugárzás) rendszeres mennyiségi-minőségi változását leíró információs rendszer
- Képes megjeleníteni, hogy egy adott baleset következményeként hogyan szennyeződik a talajvíz, a felszíni vízhálózat,
- Adott szélirány ismeretében képes megadni a légszennyezettség várható alakulását,
- Ezzel megalapozza a környezetben élő népesség megóvását szolgáló döntéseket,
- Biztosítja a napi környezetszennyezési adatok összevetését a létrehozott monitoring adatbázissal.
- Folyamatos értékelést ad a vállalat vezetése számára a tevékenység tényleges környezetvédelmi hatásai és az előírások viszonyáról,
- A kedvezőtlen hatások üzem közbeni elhárítási lehetőségeiről (25. ábra),
- Illetve a vizsgált egység környezetvédelmi hatékonyságáról.

Szükséges ezen kívül a kommunikáció a lakosság , az önkormányzat és a befektető, üzemeltető között, ugyanis mint tudjuk, a társadalmi reakciókat nem közvetlenül a tények, hanem a tényekről alkotott elképzelések befolyásolják. Ebből származik a lakosság és a műszaki értelmiség (és a menedzserek) konfliktusainak nagy része. Ugyanazokat a tényeket, adatokat a "környezeti tényezők" különbözősége miatt általában a "szakemberek" és a "laikusok" eltérően értékelik³².

Fontos szempont legyen, hogy a beruházó ne csak a későbbi tájrendezésre , rekultivációra biztosítson pénzügyi garanciát, hanem az esetleges környezeti károk felszámolására is.

³² Kerekes Sándor [2007]: Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés DE AMTC AVK 125.o.

A bányafelügyeleti hatósági eszközöket mindeközben meg kell erősíteni, akkreditált laboratóriumokat kell létrehozni. Az önkormányzat részéről együttműködési hajlandóság mutatkozik akár egy geológiai kutatóközpont létrehozására is.



25. ábra

Technológiai folyamat elemzés lépései

Forrás: Saját szerkesztés Műszaki Biztonsági Főfelügyelet 3. sz. Füzet alapján

ÖSSZEGZÉS

A világméretű globalizáció következtében ma már nincs termelési kényszer számos hazai ásványi nyersanyag tekintetében, de a természeti erőforrások a nemzeti vagyon részét képezik, azok hasznosítása, vagy felkutatása, számbavétele és megőrzése a nemzetgazdaság hosszú távú érdeke. Minden kor gazdaságfejlesztési stratégiájának biztosítani kell a hazai természeti erőforrások hasznosíthatóságának feltételeit, a nyersanyag kitermeléséhez és feldolgozásához kapcsolódó gazdasági vállalkozások támogatását. A nyersanyagvagyon döntő hányada nem a rövid távú célok és keresletek kielégítését szolgálja, hanem stratégiai jelentőségű gazdasági háttérrel biztosít. A recski aranybánya, termelésbe állítása, csak olyan szakmai befektetővel képzelhető el, aki hosszú távú megtérülésben gondolkodik.

A vállalatok környezetvédelmi tevékenységét nagymértékben segíti a dolgozatban ismertetett kockázatelemzés. Ennek segítségével, valamint korszerű technológiák alkalmazásával lehetőség van a bánya biztonságos üzemeltetésére. A bányatelepítés és hasznosítás legalapvetőbb műszaki-gazdasági szempontjait is alá kell vetni a környezetvédelmi kérdések megbízható megoldásainak, károkozás esetén pedig a számon kérhetőség kérdése egyértelmű és biztosított legyen. A közelmúlt évtizedes kutatásai sorra tártak fel új, nemzetközileg is fontos lelőhelyeket, de ezekből csak kivételes esetekben született kitermelés is. Az ásványi nyersanyagok kutatása útjában jelentéktelen napi érdekek, sokszor megalapozatlan félelmek állnak, miközben fontos ásványi nyersanyagaink maradnak kihasználatlanul és felejtődnek el a jövő generációk számára³³.

Gazdasági fellendülés, munkahelyteremtés, vagy a bánya beindításának végleges elutasítása? Kellő mérlegeléssel, körültekintéssel, összefogással és akarattal megnyugtató, mindenki számára elfogadható döntés születhet.

³³ Dr. Földessy János [2009]: Kincsek karnyújtásnyira, Élet és Tudomány 38. szám

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

A Föld természeti erőforrásainak hatékonyabb felhasználását célzó uniós terv:
http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/resource_efficient_europe_en.pdf

Barta I. [1986] : A beruházások döntés előkészítése, Akadémiai Kiadó, Budapest, 68-75.o.

Ulrich Beck [1986]: Risikogesellschaft, Auf dem Weg in eine andere Moderne, Suhrkamp, Frankfurt/Main,
angolul: Risk Society, Sage, London, 1992, németül 1992-ig 60000 példányban jelent meg.

Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW) [2010]: Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs, 107-114. oldal

Fekete Jenő György [2008]: Környezetállapot-értékelés I. Pécsi Tudományegyetem Pécs, 110.o.

Földessy János: Bányászat és környezetvédelem-érdekek és konfliktusok régiókban. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 138. évfolyam, 6. szám, 2-7.o.

Földessy János: A recski nemesfém ércesedések megismerése, kutatása és gazdasági jelentősége, Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 133. évfolyam, 1. szám, 110.o.

Földessy János [2009]: Élet és Tudomány 38.szám

Füst Antal [2004]: Kockázat, Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 137. évfolyam, 2-3. szám 12-18.o.

Gazdagné Rózsa Enikő [2009]: Fuzzy koncepción alapuló környezeti és egészségkockázat becslés Gyöngyösorszi környékén Doktori értekezés, Budapest. 2009
Forrás: http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/gazdagne_rozsa_e.pdf

Gruiz, K. [2005]: Application of the Difpolmine approach for the Toka Valley – In: Proceedings CD, Difpolmine Training Course and Conference, Budapest, 4–8 July

Hamor T [2002]: Legislation on mining waste management in central and Eastern European Candidate Countries-JRC of the EC, Ispra, EUR 20545 EN 196p.

Hartai-Seres Éva [1998]: Past and possible future of the Lahóca mine, Recsk, Hungary - a historical review, Acta Montanistica Slovaca Ročník

Hartai Éva: Mindentudás Egyeteme, Miskolci Egyetem, 2011.02.01

Hornai Gábor [2001/04]: Kockázat és kockázatkezelés, A Magyar Villamos Művek Közleményei 40-46. o

Hubai József [2006]: Az uniós csatlakozás hatása Magyarország természeti erőforrás-gazdálkodására, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt, Budapest, 151.o.

International Code for Cyanide Management

P. Kardeván et al [2002]: Outline of scientific aims and data processing status of the first Hungarian hyperspectral data acquisition flight campaign, HYSSENS 2002 HUNGARY. 326. oldal

Kerekes Sándor- Kindler József: Vállalati Környezetmenedzsment, 170.o.

Forrás: <http://mek.oszk.hu/01400/01457/01457.pdf>

Kerekes Sándor [2007]: Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés DE AMTC AVK 120.o.

Kerekes Sándor: A környezetgazdaságtan alapjai mek.oszk.hu/01400/01452/html/

John O. Mardsen és C. Iain House [2006]: The Chemistry of Gold Extraction Second Edition

Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME)

Madarász Tamás [2005]: Kockázatelemzés alkalmazása és kritériumrendszere szennyezett területek kármentesítése során, Doktori (PHD) értekezés

Marx György [1990/5]: Kockázat, Fizikai Szemle 129.o.

Forrás: <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9005/mgy9005.html>

Mester Péter: Az arany árának mozgatórugói a XXI. század elején, 7. o. Budapesti Gazdasági Főiskola elib.kkf.hu/edip/D_13382.pdf

Melléklet a 96/2009. (XII. 9.) OGY határozathoz Nemzeti Környezetvédelmi Program 2009-2014.

Gift Rukezo, [2003]: Drainage geochemistry of the Recsk-Lahoca mining area, Matra mountains Hungary, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC)

Műszaki Biztonsági Főfelügyelet 3. sz. Füzet

Varga Zoltán [1998]: Veszélyforrás elemzés a vegyiparban Veszprémi Egyetemi Kiadó

Internetcímek:

<http://www.gekko>

<http://www.aranypiac.hu>

www.kvvm.hu/cimg/documents/0309_EKT_II.fejezet_ford_t_sa.doc

<http://vizszennyezés.uw.hu/arany.html>

www.agr.unideb.hu/ktvbsc/dl2.php?dl=35/6_eloadas.ppt

<http://eletmod.transindex.ro/?cikk=4538>

<http://www.minerals.hu/index.php?m=news&article=95&lang=hun>

<http://www.muszakilapok.hu/kornyezetvedelem/uj-iranyok-banyaszatban>

www.mbfh.hu

<http://abyss.elte.hu/users/segeusc/2003%20MatraBukk/recsk.htm>

rkk.uni-obuda.hu/.../kockazatelemzes

World Gold Council adatbázisa

MTI