

MÁDAI FERENC,

ÁSVÁNYVAGYON GAZDÁLKODÁS

2



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

II. A BÁNYÁSZATI CIKLUS ELEMEI

1. BEVEZETÉS

A bányászat története egyidős az emberiség kifejlődésével. Amikor az ősember használatba vette először az ásványi nyersanyagokat, már gyakorlatilag bányászatról beszélhetünk. Első ilyenfajta tevékenység korát körülbelül 8-10 ezer évre datálják, mely számos helyen maradtak fent mind Európában, mind Magyarország területén. Az számos pattintott kovakő szerszámokat találtak a régészek Sümeg, Tata és Miskolc (Avas hegy oldala) térségében, melyeknél fontos megemlíteni, hogy a leletek közelében voltak azok a természetes nyersanyag lelőhelyek, melyek biztosították a szerszámok alapanyagát, a kovát vagy obszidiánt.



2.1 ábra: Pattintott kovakő-balta

A bányászat és szorosan az ahhoz tartozó "tudományok" már ekkortájt fejlődésnek indultak, hiszen már az ősember – habár még csak tapasztalati úton – felismerte, hogy az alapanyagok bizonyos hőmérsékletre történő hevítésével, kiégetésével az anyagi tulajdonságok javíthatók, így könnyebben és pontosabban pattintható szerszámokat tudott alkotni. A kova égetés nyomait a miskolci Avas hegy oldalán megtalálták. Ezzel a gyakorlati úton szerzett "tudással" felvértezve a korai kolóniáknak javultak az életkörülményei, nőhetett a csoportlétszám, stabilabb fennmaradás kínálkozott.

Az időszámításunk előtti 3500-ból már földalatti bányászat nyomaira bukkantak a Sínai-félszigeten, ahol aknákból türkizt bányásztak. Ez a bányászatnak egy következő lépcsőfoka, hiszen ezen ásvány már nem a fennmaradást biztosító eszközközkhöz kellett, hanem ezt már ékszerek és díszek készítésére használták.

2. A BÁNYÁSZATI KULTÚRA FEJLŐDÉSE

Az első kőszerszámok megjelenésétől napjainkig sok idő telt el, melyben periódusonként – mikor újfajta hasznosítható nyersanyagot találtak – ugrásszerűen megugrott a bányászati (és az ahhoz tartozó ágazatok) fejlődése. Egyre újabb anyagok és technikák felfedezése és tökéletesítése hajtották előre az embereket, egyrészt a fennmaradásban folytatott harc miatt, másrészt az emberben szunnyadó tökéletesítési törekvései vágy miatt.

Az ősi kultúrák először a legegyszerűbben elérhető ásványi nyersanyagokat és fémeket hasznosította, így a megjelenő civilizációkban először a **termésvémek** jelentek meg, mint az arany, ezüst és réz. Az első két fém az első pillanattól a díszítésre és ékszerkészítésre használták a szépségük és időtállóságuk miatt. A réz azonban nagy lökést adott, hiszen könnyű megművelése miatt gyors fejlődési és demográfiai ugrást jelentett, mely fénykora az i.e. 5–3. évezredben volt. Ezen alapanyagból szerszámokat és fegyvereket készítettek, megindult a hódítás új területek és lehetőségek felé.

A réznek viszont volt egy hátránya, a puhasága. Ezt a rossz tulajdonság leküzdéséhez körülbelül kétezer év kellett, amíg felvirágzott i.e. 3–1. évezredben a **bronzkor**. Ismét nagy előrelépés volt, hiszen tartósabb eszközöket tudtak létrehozni az emberek, mely újabb fejlődéstörténeti lépcsőt jelentett. Egy új ág, a **kohászat** alapjait tették le akkor, hiszen nem tudatosan, de két fém – a réz és az ón – ötvözéséből hozták létre az új és ellenállóbb fémeket.

A két említett nemesfém (arany és ezüst), a réz és a bronz után kimerült azon elemek sora, amelyeket egyszerűbb úton ki tudtak nyerni. A további fémeket csak kohósítással tudták előállítani, mely "tudomány" ugyanolyan fontossá vált, mint a bányászat. Időszámításunk előtt körülbelül ezer évvel a megjelent a vas, mely új korszakot, a **vaskort** vezetett be a civilizációkba.

A már meglévő réz- és bronztermelés a háttérbe szorult, mert a vasat – kitapasztalva és ismerve a kohósítási eljárást –

nagy mennyiségben tudták termelni, hiszen számos helyen jelent meg a felszínen a vasérc nagyobb mennyiségben, vagy éppen könnyen elérhető mélységből tudtak jó minőségű ércet bányászni.

Az arany- és ezüsttermelés nem hanyatlott, sőt az új és jobb vas szerszámokkal könnyebbé vált a kitermelésük, mely számos civilizációt és birodalmat virágoztatott fel, megalapozva a gazdasági tevékenységeket.

Gondoljunk csak a Római Birodalomra, ahol egységes arany és ezüst érmék kerültek bevezetésre, melyeket a Hispánia, Pannónia és a mai Erdély területén termeltek ki. Egyik legjelentősebb régészeti feltárás Verespatakon van (mai Románia területén), ahol ma is láthatók az akkoriban kivájt bányavájatok, melyeket arany és ezüst kitermelés céljából hajtottak ki. A római korból számos írásos emlék maradt fent, melyben nyomon követhetők voltak a bányászat kezdeti lépései és felvirágzása.

A vaskorszak kezdetétől a felhasznált fémek döntő többsége kohósítási eljárással került megtermelésre, függetlenül attól, hogy a mély vagy felszíni bányászatból származott az érc.

3. A BÁNYÁ(SZAT)IG VEZETŐ ÚT

Az időszámításunk előtti időben a bányászat ott települt meg, ahol a megfelelő nyersanyag a felszínre bukkant. Esetenként ez a nyersanyagkészlet olyan jelentős volt, hogy városok épültek a közelében és cserekereskedelmet tudtak folytatni. A felszínről gödrökből – "külfejtésekből" –, vagy a felszíni kibúvást járatokkal, aknákkal követve, felszín alatti bányászati tevékenységet tudtak folytatni.

Később a nyersanyagok és a késztermékek (fémek) iránt úgy megnőtt a kereslet, hogy egyfajta hajtóerőt jelentett új bányászati és kohászati technológiák bevezetéséhez, kidolgozásához. Manapság a kereslet akkora, hogy a bányavállalatok nagy hangsúlyt és tőkét fektetnek új nyersanyagkészletek felkutatásába. A bányák méretének drasztikus megnövekedésével egyre nagyobb szerep jut a földtani kutatásra, legyen szó akár külfejtéses, akár mélyműveléses bányáról.

Minden bánya a következő kutatási vagy kitermelési lépéseken megy keresztül, függetlenül attól, hogy milyen a bányászati tevékenység mérete:

Prognosztikai földtani kutatás, melynek célja az esetleges lelőhelyek felkutatása, a feltételezett telepeknek a piaci igényeket megelőző stratégiai kutatása. A lelőhelynek a nem túl részletes geológiai megismerése, jellemzése.

Részletes földtani kutatás / feltárás során az ígéretesnek tűnő lelőhelyre irányuló részletekre kiterjedő földtani kutatás kezdődik, mely során a területen talaj és kőzetmintákat gyűjtenek, ezeket a bennük lévő elemekre meghatározzák. Ezek alapján geokémiai térképeket vagy modelleket lehet alkotni. A kutatás során újabb fontos lépés lehet a különböző geofizikai mérések, mely segítenek meghatározni és pontosítani a földtani méréseket.

Ebben a fázisban történik a bánya megtervezése, mely során meghatározzák a legfontosabb kérdést, hogy felszíni külfejtést vagy föld alatti mélyművelésű bányát kívánnak létesíteni. Ezek közötti döntést az érctest kiterjedése, elhelyezkedése és a környező kőzetek, domborzat határozza meg.

Fontos kérdés a bánya gazdasági helyzetének és költségeinek a megtervezése is, mely során elemzik a gazdasági helyzetet is, hiszen az egész bányászati tevékenység erre alapul.

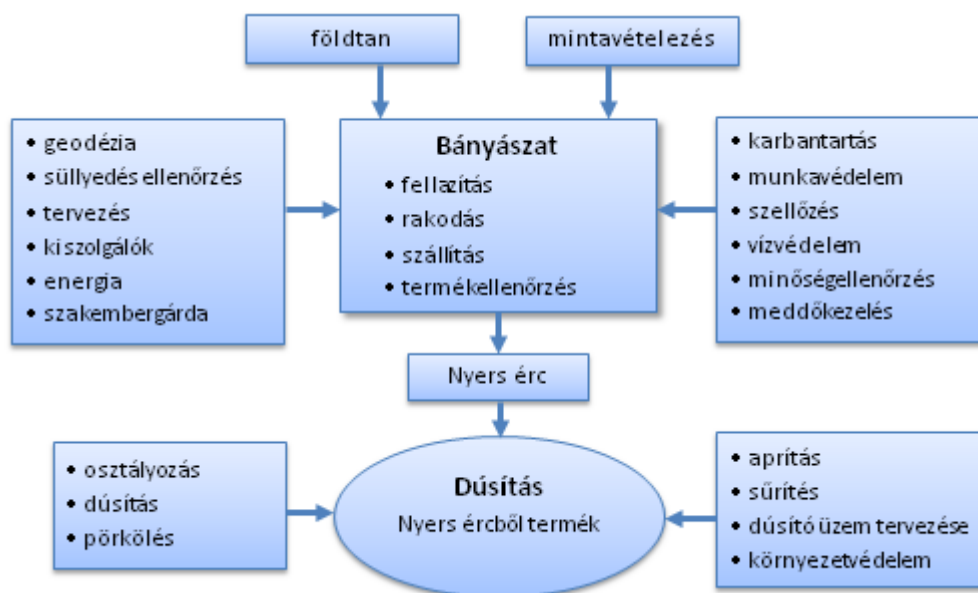
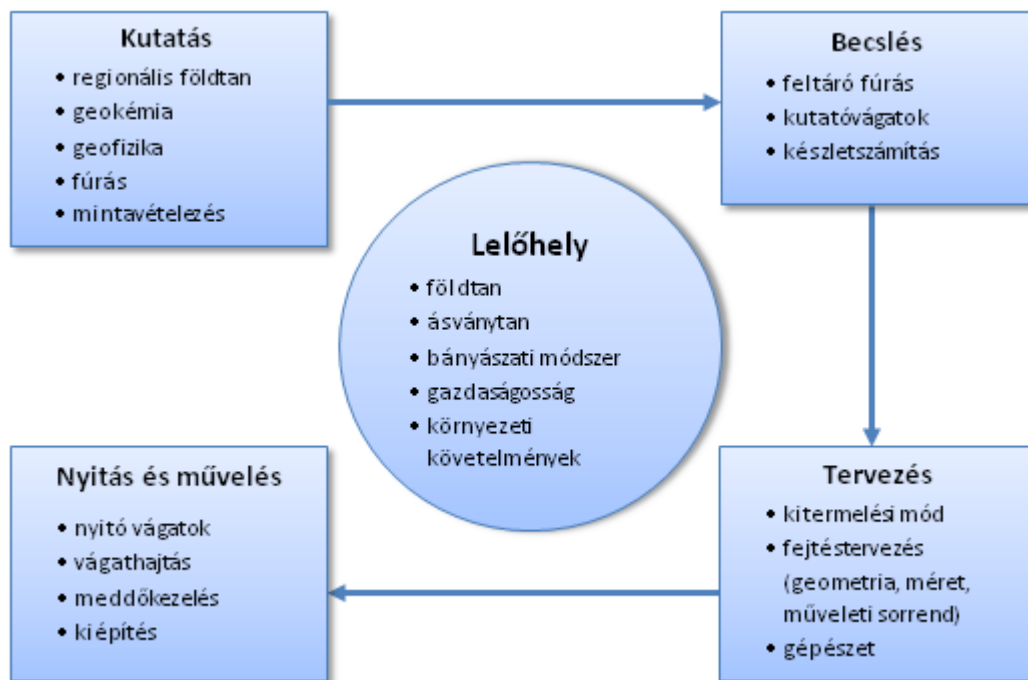
Természetesen a bányászati tevékenységhez nélkülözhetetlen a terület infrastruktúrájának a fejlesztése, a szükséges szállítási útvonalak kiépítése, a bányászati tevékenység előkészítése.

Kitermelés (bányászat): Ezen lépcső során megindul a tényleges bányászat, külszíni bányászat során megtörténik fedő meddőközet – feltéve ha van ilyen – letakarítása, hogy a telep művelése megindulhasson. Ha mélyművelésű bányáról van szó, akkor a szükséges vágatok kihajtása. Ezek után mindkét esetben megkezdődhet a kitermelés.

A termelés során nagyon fontos lépés a kitermelt érc előkészítése, mely azt takarja, hogy különböző fizikai és kémiai módszerekkel a haszonanyag-tartalmat megsokszorozzák, dúsítsák, úgynevezett koncentrátumot hozva létre. Az anyag már alkalmas lesz a haszonanyag kinyerésére valamely kohászati eljárással.

Bezárás, helyreállítás során a bányászati tevékenység befejezésre kerül, azonban a bánya élete nem ér véget, hiszen elengedhetetlen a bányászat által a területen ejtett "seb" helyreállítása. Ez magában foglalja a bányaterület feltakarítását, működési tevékenység által évek alatt összegyűlt bányászati technológiai hulladékok korszerű és környezetvédelmi szempontból megfelelő elhelyezését, a munkagépek elszállítását és végső lépésként a terület rekultivációját, rehabilitációját. E végére a területet a lehető legjobb módon természetű állapotra kell visszaalakítani.

Az alábbi ábra vizuálisan mutatja a bányászati tevékenységet, illetve annak elő- és utóéletét.



2.2 ábra: A bányászati tevékenység lépései

Az alábbi képsorozat egy külszíni bánya életútját mutatja. Az első képen a bányászati tevékenység előtti állapot látható, a következőn a tervezett bánya, míg az utolsón a természethez közelre visszaállított állapot, az úgynevezett rekultivált táj figyelhető meg.



2.3 ábra: Egy külszíni bánya életútja

4. ALKALMAZOTT BÁNYÁSZATI TECHNOLÓGIÁK

Az bányászat kezdetei óta számos ága alakult ki a bányáknak. A művelés fajtáját a legtöbb esetben csak a már meglévő földtani tudásból és adatbázisból lehet meghatározni. Fontos hozzátenni azonban, hogy számos tulajdonság befolyásolja a megfelelő bányászati technológia kiválasztását. Minden kérdést előre tisztázni kell, hiszen fontos a jól megtervezett bánya. A kezdeti lépésekben könnyebb a változtatásokat bevezetni, mint a bányászati tevékenység következő lépéseiben. Legtöbbször a művelés során nagy volumenű változtatásokra már nincs mód. Az esetlegesen rosszul megválasztott technológia a bánya csődbe menetelét, bezárását is jelentheti.

Az bányászati tevékenységi módok a következőekben bemutatott technológiákra bonthatók.

Külfejtés

Külfejtés, mely során a bányászati tevékenység a felszínről érhető el. Az ércetest vagy a felszínre bukkan, vagy közel helyezkedik el a felszínhez, így a fedőréteg letakarítás után elérhető a haszonanyag. A bányászati tevékenység szembeutó, hiszen kisebb-nagyobb kiterjedésű lépcsős szerkezetű mélyedést vagy töbröt lehet látni a felszínről.

Szinte kivétel nélkül olyan esetben fordul elő, ahol az érc gyenge minőségű, ellenben nagyon nagy mennyiségben van jelen. Legjobb példa erre az Andokban található chilei porfirites rézérc-bányászat. A kifejtett érc szállítása nagyméretű teherautókkal vagy hosszú szállítószalagokkal lehetséges. A megmozgatott nagy mennyiségű meddő miatt nagy meddőhányók lehetnek a külfejtések közelében.

Ez a technika tovább bontható a **meredek dőlésű** és a **lapos dőlésű** művelésre. A meredek dőlésű esetében a bánya falai meredekebbek. Ez a mód kompaktabb, szilárdabb kőzetet igényel. Puhább kőzetek esetében a lapos dőlésű mód alkalmazható, mert a lazább kőzet a viszonylagosan kis rézsű miatt nem roskad meg, nem omlik be.



2.4 ábra: A svédországi Aitik külfejtés

A kép a svédországi Aitik külfejtésről készült. Jól látható a monumentális méret, hiszen a képen minden egyes kicsi lépcsőfok a valóságban 15-20 méter magas. A bánya méretét tekintve körülbelül 1,5-2 km átmérőjű és 350-450 m mély. Érezhető a hatalmas mennyiségű megmozgatott és kitermelt kőzettömeg, mely nagy részét a meddőközet képezi.

Mélyművelés

Mélyművelés során a bányászati tevékenység a felszínről nem látható (csak a meddőhányó utalhat rá), a bányászati fejtéseket aknákon lehet megközelíteni. Az érc felszínre szállítása csillékkal és felvonókkal történik. Főként akkor alkalmazzák, ha a haszonanyag jó minőségű, mélyen helyezkedik el és a telep kiterjedése korlátolt és jól lehatárolható. Teléres megjelenés esetében ezek mentén haladnak.

Bányászati technológia szempontjából két fő művelési mód alakult ki, a **frontfejtés** és a **kamrafejtés**. Mind a kettőt különböző típusú telepeknél használják.

Frontfejtés akkor használatos, ha a telep vastagsága viszonylag sekély. Ilyenre tipikus példa a széntelepek megjelenése, melyek sokszor csak 1-2 m vastagságúak, de kiterjedésük jelentős. Sok 100 méter, esetleg több km. Ezek a telepek legtöbbször közel vízszintesek. A művelés első lépésében kihajtanak egy vágatot homlokfejtéssel, közben fokozatosan építik be a hidraulikus támoikat (a **2.5 kép** ábrázolja), majd mikor ennek a hossza elérte a kívánt méretet, akkor kezdődhet a frontfejtés, amikor a vágat hossztengegyével párhuzamosan haladva a művelés a vágat falán történik. Mikor leművelték a vágat hosszát, akkor a támoikat közelebb helyezik a fejtéshez, és kezdődhet egy újabb ciklus. A támoik hátoldalán folyamatosan roskad össze a kőzet a rá nehezedő nyomás miatt. A támoik magassága állítható, legmodernebbek 1000 tonnát képesek megtartani biztonságosan. Ha a telepet leművelték, utolsó lépésként a támoik "kimenthetők", ilyenkor a biztosítás nélkül maradt üreg összerokad, bezáródik. Ezen művelési mód esetében a telep szinte egésze leművelhető.



2.5 ábra: Frontfejtés hidraulikus támoikkal

Kamrafejtés esetén a művelési mód teljesen más az előzővel összehasonlítva. Míg a frontfejtéses művelés lehetséges volt omlékony kőzetek esetében, addig a kamrafejtés csak állékony, kompakt kőzetek esetében működik. Robbantással egymásba nyíló kamrákat, termeket nyitnak, melyek között oszlopok biztosítják a kellő stabilitást. Az oszlopok anyaga is maga a haszonanyag, így az veszteségként hátra marad.

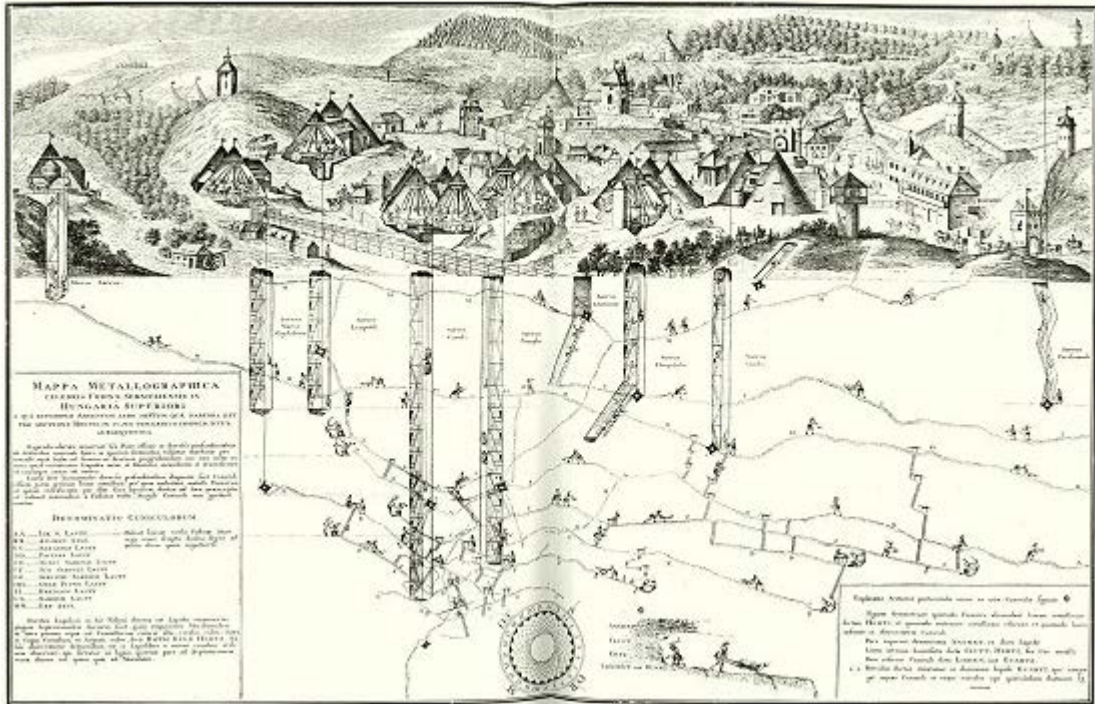
Ha **tömedékelést** alkalmaznak, vagyis a már kifejtett kőzet helyére – a kamrákba – meddő kőzetet helyeznek el, akkor az előzőleg biztosításként használt oszlopok eltávolíthatók, mint érc. A tömedékelés azonban idő és pénzköltséges, továbbá a visszatömedékelt anyag nem kompaktálható annyira, hogy ugyanazt a terhelést biztonságosan elbírja, mint maga az oszlop, szóval csak indokolt esetben alkalmazzák.



2.6 ábra: Tömedékelés alkalmazása kamrafejtésnél

A **mélybányászat** az egyik legrégebbi bányászati mód. Indonézia területén vannak 3500 éves türkiz bányák, habár ezek mélysége alig haladja meg a 10 métert. Előnye ennek a fajta bányászatnak, hogy követhetők vele az egyes telérek. Ez fontos volt régen, hiszen a kézi bányászat korában csak a legjobb minőségű ércet fejtették ki. A telérek és érkitöltések – mely ritkán volt szélesebb 50-60 cm-nél – mentén haladva művelték le a telepet. A bányászat nagyon lassú volt, hiszen egy – egy vágat a legjobb esetben is csak havi 10-20 cm-t haladt előre, ellenben nagyon jó volt a kihozott érc minősége. Ha romlani kezdett a haszonanyag-tartalom, akkor egyszerűbb volt felhagyni a vágatot, mint felesleges erőt és időt befektetni.

Ilyen bányák működtek szerte a világon, mint például az ezüsttermelésre épült dél-amerikai Potosi ércbányái, melyeket a 15. századtól műveltek. A külföldiek mellett nagy számban említhető hazai és Kárpátokbeli aranybányák, melyek Magyarország és egész Európa történelmét jelentősen befolyásolták. Csak a legfontosabbakat említve: Telkibánya, Herzsabánya vagy Selmecebánya. Az utóbbi helyen jelenleg is működő mélyművelésű bánya van.



2.7 ábra: A 18. századi Selmecebánya

A kép a 18. századi Selmecebányát ábrázolja. Olyan jelentős aranytermelés volt itt, hogy királyi bányavárosi rangot és kiváltságokat kapott. Mária Terézia 1735-ben bányászati akadémiát alapított. Utódiskolái (Miskolc, Sopron és Dunaújváros) máig ápolják a hagyományokat.



2.8 ábra: Bolíviai bányász munka közben

A kép egy bolíviai bányászt mutat, amint kalkopiritos galenites szfaelrites ércet fejt egy Patosihoz közel eső bányában. A dinamitot és a hidraulikus fúrót leszámítva a kitermelés mit sem változott az elmúlt 500 év alatt.

Összehasonlítva a nagy mértékű ipari bányászattal minimális meddőanyag kihozatal jut a egységnyi mennyiségű ércre vonatkoztatva.

Manapság az automatizálás korát éljük. Nincsen ez másképpen a bányászatban sem, hiszen a legsérülékenyebb elemet – az embert – kiemelve a gépezetből, gazdaságosabbá és biztonságosabbá válhat a kitermelés.

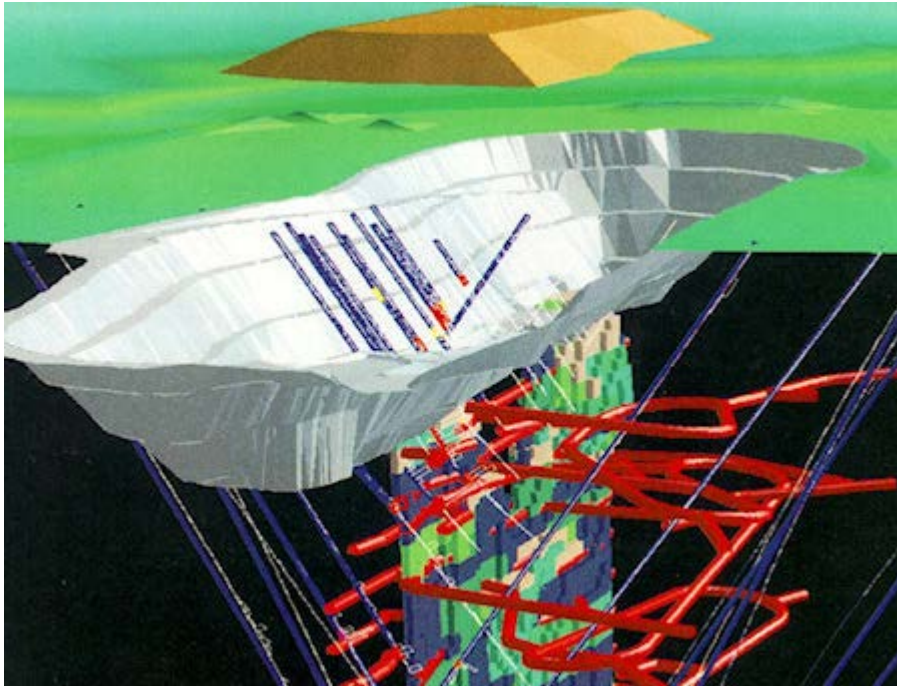
Másrészt lehetnek egészség-ügyi okai is a gépesítésnek, hiszen léteznek olyan kanadai uránbányák, ahol olyan mennyiségű az urántartalom a kőzetekben, hogy komoly egészségkárosodást okozna a bányászoknak rövid idő alatt is.

Európában – sőt a világon – szinte egyedülálló a svédországi Kiruna vasércbánya, mely automatizálása oly magas fokú, hogy az 1000 méteres mélységben dolgozó munkagépet a vezetője a felszínen egy klimatizált szobából irányítja joystick és lézervezérlés segítségével, teljes biztonságban.



2.9 ábra: A svédországi Kiruna automatizált vasércbánya irányítóterme

A felszíni bányászat és a mélyművelés olykor nem válik el egymástól, és egymás után követhetik egymást. Gondoljunk csak arra, hogy a felszínre bukkanó haszonanyagot elkezdik külfejtéssel leművelni. Egy bizonyos bányaméret után eljön az a pont, ahol érdekesebb mélyművelésre váltani. Ennek oka, hogy a felszíni bányászat során, ahogy mélyül a bánya, a rézsú miatt egyre nagyobb mennyiségű meddőt kell megmozgatni. Az alábbi ábra egy ilyen bányászati tevékenységet mutat, ahol egy számítógépes grafika mutatja a bánya tervrajzát.



2.10 ábra: Külszíni és mélyművelésű bánya számítógépes tervrajza

Építőanyag bánya

Építőanyag bánya (kőfejtő, kavicsbánya) főként felszíni bányászathoz tartozik. Ide soroljuk például a homok és kavicsbányákat, a különböző kőfejtőket. Csak elvétve fordul elő, hogy ez a bányászati ágazat a földalatti bányászatot használ. Ilyenekre példa lehet néhány olaszországi márványbánya.

Kioldásos bányászat

Kioldásos bányászat olyan haszonanyag esetében jöhet szóba, amely valamely folyadékkal oldható. Maga az eljárás nem újkeletű, hiszen például az ausztriai Halstadt városában körülbelül 500 éve művelik le így a sótelepeket. Vízet pumpálnak a hegybe mélyített vajatokba, és a kőzeteken átszivárgó vizet lentebb összegyűjtik és elvezetik. A városban nagy lepárlóüzemek vannak, ahol vagy természetes párologtatással, vagy forralással kicsapatják a tiszta sót. Lengyelországban ennek egy speciális ága fejlődött ki, a vastag sótelepekbe fúrásokat mélyítenek, és onnan vízbepumpálással kioldják a sót. Egyrészt az újra kiülepített sót használják fel, másrészt viszont az így kialakított 50 méter átmérőjű és 300-450 méter mély kavernákat kőolajszármazékok tárolására használják. A kősó a szénhidrogének szempontjából oldhatatlan.

De kioldásos bányászat nem csak sók kapcsán jöhet szóba, hiszen manapság egyre elterjedtebb a savas vagy bázisos illetve a **biológiai úton való oldás**, a *bio-leaching*. A savas bányászati technika arra épül, hogy a sav hatására a fémionok mobilissá válnak. Az őrlött ércet tartályokban savval keverik, majd a kioldott fémet az oldatból egy másik kádban elektrolízissel kiválasztják.

Ez a művelési mód lassú, de kevésbé költséges. Olyan telepeknél használják, ahol alacsony a fémtartalom és így hagyományos bányászat vagy feldolgozás szempontjából gazdaságtalan lenne. Sokszor a meddőhányókból (meddő kőzet vagy eljárás-technikai meddő) oldják így ki a még jelenlévő haszonanyagot. Az egyik legjobb példa rá az Andok porfíros rézérctelepeinek cementációs öve, ahol kénsavas vízzel (kb. pH 1-1.5) végzik a kioldást (SX-EW technológia: solvent extraction and electro-winning). Ha a meddő tartalmaz piritet, akkor elhagyható a kénsav is, hiszen ez az ásvány a bomlása során savat fog termelni. Az így elérhető legjobb hatásfok a literenkénti 500 mg oldott réztartalom.

Minden egyes fém más-más körülmények között mobilizálódik. Míg az előbbi példához (réz) savas környezet kellett, addig az uránnak például bázikus környezet kell, hogy mobilis legyen. Ezt az elemet bázikus kioldással távolítják el az anyakőzetéből. Karbonátos kioldással uránkarbonátokat képeznek, melyből már kinyerhető a fém.

A *bio-leaching* során mikroorganizmusokat és baktériumokat használnak fel az oldásra. Ha megfelelő életkörülményeket biztosítunk nekik, akkor a haszonanyagot beépítik a saját szervezetükbe, ahonnan már könnyen kinyerhetők. A bakteriális kioldás jól használható a pirit-szerkezetbe beépült arany kinyeréséhez, ahol a baktériumok felhypsrítják a pirit oxidációját, ezáltal feltárhatóvá teszik az aranyat.

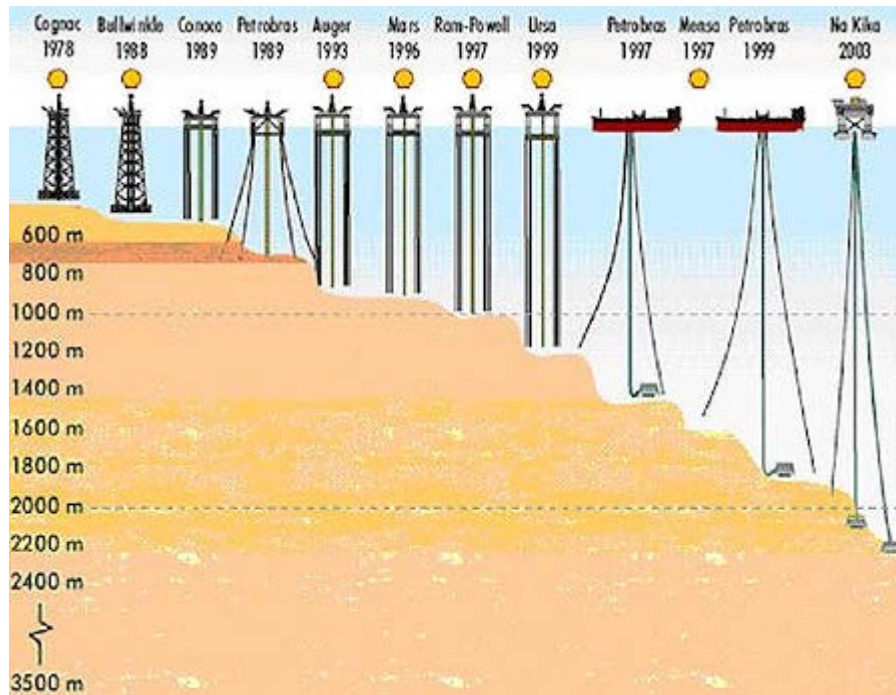
Talán a bányászat egyik legjobban fejlődő ágazata ez, hiszen egyrészt óriási lehetőségek rejlenek benne, másrészt

pedig kevesebb környezetvédelmi ellenállásba ütközik, mint a hagyományos módon vett bányászat.

Szénhidrogén bányászat

Szénhidrogén bányászat során a földkéreg sekélyebb vagy mélyebb rétegeiből olajat és/vagy földgázt termelnek ki. A telepek mélysége nagyon változó, 100 métertől egészen az 5-6 km mélységig. A tárolóközetet fúrással érik el és nyitják meg. A szénhidrogén bányászat a világgazdaság vázát képezi, óriási hatalommal bír. Egy-egy nagy méretű telep felfedezése vagy kimerülése országok gazdaságát emelhetik az égig – lásd az Arab Emírségek – vagy sújthatják porrá.

Ezen bányászati mód az elmúlt 100-150 év alatt óriásit fejlődött, korszerűsödött. A szárazföldi telepek után körülbelül 40 éve elérhetőek lettek a sekély, majd 20 éve a mélytengeri lelőhelyek. Ezt a fejlődést mutatja az alábbi ábra. Az olajipari ágazat dinamikus fejlődését az olajipari geológiát, a különböző geofizikai (szeizmikai) méréseket.



2.11 ábra: Szénhidrogén bányászat fejlődése

5. Bányászati technológia kiválasztása

Nagyon fontos jól megválasztani a helyes bányászati technológiát, hiszen ezen jelentősen múlik a bányászati gazdasági háttere, profit termelése. Rosszul megválasztott stratégia veszteséghez, végső esetben bányabezáráshoz vezethet. Számos paramétert meg kell vizsgálni ahhoz, hogy a működés optimális legyen és a profit maximalizálható lehessen.

Hogy mi dönti el a bányászati technológia kiválasztását? Milyen faktorok játszanak szerepet?

A nyersanyag(ok) gazdasági értéke: Nem mindegy mi a kitermelt anyag, milyen áron lehet kereskedni vele vagy a világpiacon vinni. Hasonlítsuk össze például az aranyat és a vasat. Az arany viszonylag stabil piaca van, kis koncentrációjú lelőhelynél is érdemes vállalni a bányászattal járó kockázatot, míg a vasérc ára nagyban változó. Csak az olyan telepeket érdemes leművelni, ahol a kitermelés költsége alacsony és az érc minősége jó.

A haszonanyag tartalom: Ebben a témakörben létezik egy fogalom, a "cut off grade" ami azt az ércminőséget – itt értsd dúsítást, haszonanyag-tartalmat –, amely fölötti telepet érdemes bányászni. Visszatérve az előző példára, ha az aranytartalom eléri a 2-3 grammot a kitermelt kőzet tonnájában, már gazdaságilag versenyképes lehet, míg ez a vasércnél a 30-40%-os vastartalmat kell elérni. Néha a rosszabb minőségű ércet is gazdaságos kibányászni, hiszen gondoljunk csak a nagy chilei rézérc kitermelésekre. Az érc minősége gyenge, ellenben nagyon nagy mennyiségben van jelen, olcsón lehet kitermelni és szállítani, mivel kitermelésről van szó. Itt el is érkeztünk a következő kulcskérdéshez, a telep kiterjedéséhez.

Méret, telepgeometria: Meghatározó kérdés a nyersanyagkészlet mennyisége, hiszen csak egy bizonyos méret fölött érdemes bányászati tevékenységet kezdeni, bányászati infrastruktúrát kiépíteni. A telep elhelyezkedése és formája is

szintén kulcsfontosságú, hiszen a nehézkes hozzáférés nagyban növeli a bányászat költségeit, sőt esetekben jelentős mennyiségű haszonanyagot kell hátrahagyni.

Környezetvédelmi kérdések: A 70-es és 80-as években robbanásszerű fejlődés következett be a bányászati technológia területén. Nagy méretű bányák létesültek, mint például az észak-amerikai vagy épp a chilei porfirios rézérc-külfejtések. Kissé háttérbe szorultak a környezetterhelési kérdések, így alakulhattak ki olyan potenciális veszélyforrások, melyek egyrészt a környezet állapotát, másrészt az élővilágot veszélyeztetik, beleértve minket, embereket is. Részletesebb áttekintése a következő fejezetben lesz.

Földrajzi elhelyezkedés, infrastruktúra: Fontos kérdés lehet egy bánya létesítésénél, mivel a bányából való nehézkes anyagtranszport is jelentős költségnövekedést okozhat. Az anyagszállítás mellett a személyit is meg kell oldani, hiszen jelentős idő és költségvesztés lehet, ha a munkásokat, a bányászati tevékenységhez szükséges eszközöket nagyobb távolságról kell hozni. Így a bányászati tevékenység természetesen magával hordozza a terület és a régió fejlődését, infrastruktúrájának növekedését, új utak vagy vasútszakaszok kiépülését.

Rendelkezésre álló földterület: Kritikus kérdés lehet, hiszen egy adott bányához csak egy adott méretű terület – úgynevezett bányatelek – tartozik. A bánya tervezésénél figyelembe kell venni, hogy nemcsak a bányát ellátó épületeknek, infrastruktúrának kell terület, hanem a keletkező meddőnek is. Ez mélyművelés esetében kisebb mennyiségű – ám potenciálisan veszélyesebb lehet – mint a külfejtéseken keletkező nagyobb mennyiségű meddő.

6. KÖRNYEZETTERHELÉS ÉS KÖRNYEZETVÉDELEM

A múltban lezajlott technikai és technológiai fejlődés eredményeként nagy méretű meddőhányók létesültek. Ezek potenciálisan veszélyesek lehetnek, hiszen egyrészt a bennük lévő reakciók eredményeképpen elemeket, molekulákat engedhetnek szabadon, mely a csurgalékvizekkel távozik. Ezek a veszélyes vizek patakokba, folyókba ömlenek bele, így szennyezve azok állapotát, rontva a vízminőséget és a vízben élő bióták életlehetőségeit.

Gondoljunk csak bele, hogy olyan kőzeteket, ásványokat hozunk a felszínre – kitéve őket a környezet oxidáló hatásának – amelyek évmilliókig a föld mélyebb rétegeiben voltak, stabil állapotban és legfőképpen elzárva az oxidáció káros hatásától. Felszíni körülmények között ezek az anyagok oxidálódhatnak, és kisebb vagy nagyobb mértékben terhelve a környezetet.



2.12 ábra: Bányából szivárgó csurgalékvíz

Az egyik legrosszabb ásvány ilyen szempontból a pirit, mert annak oxidációja erősen savas környezetet produkál, mely a környező kőzetekből és ásványokból veszélyes, sok esetben toxikus elemeket old ki. Sajnos a pirit a legtöbb bányászati tevékenységgel érintett területen előfordul, mint természetes ásvány. Természetes a maga, oxigéntől elzárt

környezetében, a föld mélyén, de nem a felszínen, mert itt instabil. A két megjelenített kép felhagyott bányából származó csurgalékvízből kivált vashidroxidokat és vasoxidokat mutatja. A vas maga kevésbé veszélyes, azokkal az elemekkel összehasonlítva, mely általánosan megjelenik a pirit környezetében vagy magában a pirit szerkezetébe beépülve. A teljesség igénye nélkül, csak párat említve: arzén az arzenopiritből, ólom a galenitből, cink a szfaleritből, réz a kalkopiritből, de még sokáig lehetne sorolni. Az előbb említett ásványok mind szulfidok, és így a felszíni környezetnek kitéve – oxigén és víz hatására – gyorsan oxidálódnak, mállani kezdenek. Egyrészt elemeket engednek ki magukból, másrészt olyan másodlagos ásványokká alakulnak, amelyek nem stabilak és tovább bomlanak vagy oldódnak.



2.13 ábra: Bolíviai bányából szivárgó csurgalékvíz

De nem csak a felhagyott bányák okozzák a problémát, hiszen azokon keresztül csak kevés mennyiségű víz jut át. Továbbá a felhagyott bányákban a reakció csak a bányafalakon megy végbe, hiszen csak ott van kontakt felület az ásványok és a levegő között. A probléma nagyobb forrása a bányák közelében lévő meddőhányók. Ezek mivel vagy a kitermelt meddőközet, vagy a dúsítás után maradt meddő, így a szemcseméret néhány mm-től néhány cm-ig terjed, mely miatt nagy összfelülettel rendelkeznek, ami gyorsabb reakciót tesz lehetővé. A meddők említésével elértünk következő témánkhoz, mely a meddőkkel, sajátosságaikkal, kezelésükkel és esetleges elhelyezésükkel foglalkozik.

Meddőfajták tulajdonságai és veszélyei

Az előbb csak általánosságban foglalkoztunk a meddőkkel, ezért most vegyük a típusait górcső alá. A felállított sorrend megegyezik a veszélyességi sorrenddel.



2.14 ábra

Feltalaj: Főként külfejtéseken jut szerephez, aránylag homogén, nem veszélyes, a talajtakaró legfelső rétege. Nagyon fontos megőrizni, hiszen a bányászati tevékenység befejezésével a tájrehabilitáció során nagyon jó legfelső talajréteg lehet belőle. Magas humusztartalma miatt könnyen megtelepednek rajta a növények, a táj látképe a rekultivációt követően gyorsan – pár éven belül – helyreáll.

Takaróréteg: A feltalaj alatt lévő vastagabb réteg, nem veszélyes. Általában az előző kategóriához hasonlóan ez is külfejtéseken szerepel. Alacsony humusz-tartalma miatt nem nő rajta vegetáció, azonban a bányászati tevékenység befejezésekor nagy szerephez jut, hiszen sok esetben jelentős mennyisége miatt kitűnő réteg lesz a veszélyesebb kategóriába tartozó meddők és a legfelső jó minőségű talajréteg között. Tárolása egyszerű – ha rendelkezésre áll megfelelő méretű bányatelek – kezelést nem igényel, nem mosódnak ki belőle veszélyes anyagok.

Haszonanyag: Szoros értelemben nem tartozik a meddőkhoz, hiszen ezt az anyagot hasznosítják, ezért folyik a bányászat. Néhány esetben azonban, mikor például olyan tulajdonságú az érc, hogy vagy nem lehet belőle kinyerni a kívánt anyagot, vagy az nem lenne gazdaságos, akkor ez a haszonanyag is lehet meddő. Potenciálisan veszélyes lehet, hiszen az előző fejezetben említett módon, a környezet hatására oxidálódhat. Mind külfejtéseken, mind mélyművelésű bányászat során megjelenhet.

Kitermelt meddő kőzet: Az előző kategóriához hasonlóan, mindkét bányászati módon megjelenik. Olyan inhomogén kőzet, mely vagy az ércetest környezetében volt és az érc hozzáféréséhez ki kellett termelni ezt a kőzetet is. Fontos megemlíteni, hogy lehet érc tartalma, azonban nem olyan jelentős, hogy feldolgozása gazdaságos legyen. Érdekes elkülöníteni, hiszen a haszonanyag árának emelkedésével vagy a feldolgozási technika fejlődésével kinyerhetővé válik. Mivel haszonanyagot vagy egyéb más veszélyes vagy instabil ásványt tartalmazhat, azért potenciálisan veszélyesnek kell tekinteni. Elhelyezésére ügyelni kell, biztonságos tárolásához folyamatos ásványtani és geokémiai vizsgálatok és monitoring rendszer kiépítése szükséges.

Dúsítás után maradt meddő: Ez az anyag nem más, mint az érc feldolgozása során visszamaradt, már nem hasznosítható anyag. Mennyisége változó, függ a kitermelt érc mennyiségétől és a benne lévő haszonanyag tartalomtól. Többé-kevésbé homogénnek tekinthető, ám mivel egyrészt magából az ércetestből származik, másrészt a feldolgozás során esetleg kémiai reakciók érték vagy kémiai anyagokkal érintkezett, potenciálisan veszélyesnek kell tekinteni. Ugyanaz vonatkozik erre a kategóriára is, mint az előzőre, hogy folyamatos ellenőrzése és gondos elhelyezése szükséges. Egyre elterjedtebb megoldás, hogy mélyművelés során a már felhagyott vágatokba töltik vissza. Ez hasznos lehet, mert egyrészt nem foglalja a helyet a bányaterületen, másrészt csökken az érintkezése az oxigénnel, így be sem indulnak vagy lelassulnak a benne zajló reakciók, károsanyag kibocsátása csökken, jobban kontrollálhatóvá válik.