

SZAKÁLL SÁNDOR

Veszélyes ásványok

Mielőtt áttekintenénk, hogy mitől lehetnek veszélyesek az ember számára egyes ásványok, néhány szóval definiáljuk pontosabban ezeket az anyagokat. Az ásványok természetes úton képződött, vagy ma is képződő, határozott kémiai összetétellel és néhány kivételtől eltekintve rendezett belső szerkezettel (kristályszerkezet) jellemezhető vegyületek, ritkábban elemek. Bár az alábbiakban bizonyos ásványok veszélyességéről lesz szó, azért már előljáróban leszögezhetjük, hogy ásványok nélkül nem lenne élet, jelenlétük nélkülözhetetlen a bioszféra számára. Az ásványokkal kapcsolatos tevékenységeknél azonban figyelni kell esetleges veszélyeikre. Mindenekelőtt megállapíthatjuk, hogy az ásványok által okozott veszélyek a természetes előfordulási helyeiken a legsekélyebbek. Azonban a bányászat, a nyersanyag előkészítése, feldolgozása és hasznosítása során, mivel ekkor nagy koncentrációban érintkeznek a környezettel, azon belül az emberrel, még a körületekintően végzett munka mellett is számos egészség-károsodást okozhatnak. A természetben az ember általi felhasználás során veszélyessé válhatnak ásványok legtöbbször más, kísérő fázisokkal együtt fordulnak elő, sokszor nagy „hígításban”. Ekkor a környezetükkel relatíve kis határfelülettel érintkeznek. A kísérőanyagoktól való elválasztás, dúsítás jelentősen növeli a koncentrációjukat és ezzel együtt az esetleges egészség-károsító hatásukat. Az ásványok aprításával például megnő a határfelületük, ezzel a környezetükkel való anyagcsere, a káros hatás lehetősége jelentősen fokozódik.

Az ásványok veszélyességének sokféle oka lehet, hogy néhány kuriózummal kezdjük, például az értékük, a szépségük. A legnagyobb értékű drágakövek, például a nagy, csiszolt gyémántok azzal okozhatnak veszélyt a tulajdonosára, hogy akár emberéletet sem kímélve próbálják eltulajdonítani őket. A leghíresebb gyémántok között számos olyan akad, melynek történetéhez vér tapad. A kék színű, „Hope” nevet viselő leghíresebb színes gyémántot nevével (remény) ellentétben története során például elátkozott drágakönek tartották a tulajdonosait ért tragédiák miatt. A sok balszerencse után azt mondták, hogy az elajándékozása az egyetlen mód a balsorstól megszabadulni. És láss csodát, Harry Winston amerikai ékszerész az egyetlen, akivel semmi katasztrófa nem



1. ábra. Színes szulfátos kiválások Roşia Poieni ércbánya külfejtésében (Románia)

történt, ő ugyanis elajándékozta a Hope-ot a washingtoni Smithsonian Intézetnek, ott őrzik most is. A stratégiai szempontból fontos ásványok például attól válhatnak veszélyessé, hogy akár országok közötti konfliktusokat okozhatnak (ún. konfliktusos ásványok). Korunkban ilyenek például a tantál, a volfrám és a ritkaföldfémek ásványai, a technikában játszott fontos szerepük miatt. A test festése, a női szépségápolás is járhatott a korábbi évezredekben, évszázadokban veszélyekkel, ha olyan ásványok porát festették magukra az emberek, melyek komponensei betegségeket okozhattak.

A legtöbb egészségügyi kockázatot egy mai ember számára elsősorban a következő ásványok jelenthetik: a *toxikus* elemeket vagy *radioaktív* elemeket tartalmazók (olyanok is akadnak, melyekben mindkét típus jelen van), illetve a parányi szemcsék révén a levegőből belélegzéssel szervezetünkbe kerülő ásványok. Köztudott, hogy egyes átmeneti fémek, félfémek (összességében nehézfémeknek is nevezik) bizonyos koncentrációban akadályozzák a normális sejtműködést, sokféle betegséget okozhatnak. Ezeket nevezzük *toxikus* (mérgező) elemeknek. Az öt legveszélyesebbnek tartott *toxikus* elem az *arzén*, *ólom*, *higany*, *kadmium* és *króm*. Az élőlényeknek a legtöbb nehézfémre különböző mértékben mégis szükségük van: a kobalt, a molibdén, a cink például az ember

számára szükséges (esszenciális) elemek, a túlzott bevitel viszont ezekből is káros lehet. Más nehézfémek, mint a higany, az arzén vagy az ólom viszont olyan *toxikus* fémek, melyeknek nincs ismert pozitív élettani funkciójuk, sőt felhalmozódásuk a szervezetben súlyos betegségekhez vezethet. Egyes, általában *toxikusnak* tartott elemek bizonyos szervezetek számára viszont *szükségesek* lehetnek, ilyenek például a vanádium, a volfrám és a kadmium. Tehát egy elem

toxikus (mérgező) volta legtöbbször függ a koncentrációjától, illetve az élőlénytől magától. Felvetődhet a kérdés, hogyan függ mindez össze a veszélyes ásványokkal? Nos, a fent említett *toxikus* elemek erendően ásványokból származnak, ásványokból kerülnek a talajba, a vizekbe, onnan pedig az élőlényekbe (növényekbe, állatokba és az emberekbe). A fő gond az, hogy a leginkább *toxikus* fémek döntően szulfidok komponensei a földkéregben. Amíg a szulfidok (főleg fémeknek kénnel alkotott vegyületei) oxigéntől elzárt környezetben vannak, addig kevés gondot okoznak. Viszont a felszín kö-



2. ábra. Bomlásnak indult vas-szulfid (pirit)

zelébe, oxidatív környezetbe kerülve instabillá válnak, szulfátokká alakulnak át, ezáltal a szerkezetükben még kötötten elhelyezkedő nehézfémek mobilissá válnak (1. ábra). Az ily módon elbomló szulfidos ásványok-



3. ábra. Higany-szulfid (cinnabarit)
Selmezbányáról (Jáger V. felvétele)

ból a szabadabbá váló fémionok a talajba és a vizekbe kerülnek, így hozzáférhetővé válnak az élőlények számára. Az élőlényekben felhalmozódva, mint fentebb említettük, sokféle betegséget okozhatnak. De ez az élővilág számára eleve negatív hatás még azzal is fokozódik, hogy a szulfidból szulfáttá átalakulás közben kénsav is képződik. A vizek pH-jának savassá válása alapvetően veszélyezteti az élőlények sejtműködését, ezáltal az élettevékenységet. Ilyen körülmények között ráadásul a fémek oldékonysága is jelentősen megnő. Fontos hangsúlyozni, hogy amíg a szulfidok az eredeti, feltáratlan lelőhelyükön vannak az előbbieken jelzett veszélyek általában minimálisak. A negatív hatásokat az ember a bányászati és feldolgozóipari tevékenysége révén, – minthogy fémek kinyerése céljából nagy mennyiségben bányássza a szulfidokat, – a sokszorosára növeli.

Az alábbiakban ismerkedjünk meg a legfontosabb szulfidokkal: gyakoriságuk miatt elsőként a piritet, illetve a markazitot kell említeni, kémiai szempontból mindkettő vas-szulfid, képletük FeS_2 , köbös, illetve rombos kristályszerkezetűek (2. ábra). Annak ellenére, hogy a vas nem toxikus nehézfém, éppen gyakoriságuk miatt, (minthogy rendkívül sokféle földtani környezetben otthonosak), az oxidatív környezetben történő bomlásuk során képződő kénsav savasodást okozó hatásával mindenütt számolni kell. Különösen nagymértékű a savasodás kockázata a bányászati és ércelőkészítési hulladékok esetén. De közvetlen összefüggés van a pirit bomlása, illetve a savas eső között is, melynek kialakulása számos kutatás témája volt az elmúlt évtizedekben. A lignit vagy barnaköszén hőerőművekben történő elégetése során a mindig jelenlévő pirittartalom leginkább kén-dioxidá alakul át és a levegőbe kerül. A kén-dioxid a vízzel kénsavat alkot, ez pedig savas kémhatású esőt

eredményezhet. A savas eső hatásának súlyosságát több tényező befolyásolja: az ülepedő anyag mennyisége, a fogadó felület fajtája (kőzet, talaj, víz, beépített terület), savközömbösítő képessége, valamint az ott élő élőlények alkalmazkodó képessége. A növényvilágra nézve a pH-változás a lényeges, melynek során kioldódnak a talajból az esszenciális és toxikus fémek, ezáltal felvehetőségük megnő, másrészt a talaj mikroorganizmusainak pusztulása a következmény, amely egyes fajok elpusztulását eredményezi.

A toxikus fémeket tartalmazó szulfidok közül bányászati szempontból a köbös galenit (PbS) az ólom, a trigonális cinnabarit (HgS) a higany, a tetragonális kalkopirit (CuFeS_2) a réz, a köbös hawleyit és hexagonális greenockit (mindkettő CdS) a kadmium, a monoklin arsenopirit (FeAsS) az arzén, a rombos antimonit (Sb_2S_3) az antimon fő forrása (3–4. ábra). Az arzénnek még számos gyakori szulfidja ismeretes és fontos megjegyezni, hogy mállásukból nemcsak szulfátok, hanem arsenátok is keletkezhetnek, tehát az erősen toxikus arzén is mobilissá válik. A szulfidok arzéntartalmának mobilissá válása okozza, hogy az arzén az átlagosnál nagyobb mennyiségben vizekbe belekerülhet, ezt a jelenséget az Alföldön sajnos jól ismerjük. A fentiekben említett ásványok bányászata, feldolgozása során kerülnek napfényre jelentős mennyiségben a leginkább emlegetett toxikus fémek. Emiatt különösen nagy gondot kell fordítani a bányászati és ércelőkészítési hulladékokra (meddőhányók, flotációs hányók stb.), hogy a még bennük lévő toxikus nehézfémeket elszigeteljük a környezetüktől. Ennek legfontosabb lépése, hogy elszigeteljük a bányászati hulladékokat az oxidációtól. Ehhez hasonlóan szükséges kezelni, rekultiválni a felhagyott bányavágatokat, külfejtéseket is, ahol szintén folyik a még ott maradt szulfidok oxidációja, és emiatt a bányavizek savas kémhatásúak. Hazai viszonylatban főként a Mátra területén – hiszen itt működtek az utóbbi évtizedekben szulfidos ércbányáink – találkozhatunk hasonló problémákkal, melyeket komplex módon kezelnek napjainkban is (5. ábra). Éppen itt, Gyöngyösorszi térségében szembesültünk évekkal ezelőtt először magas ólom- és arzéntartalmú vizekkel, talajokkal. Vannak azonban „szerencsésebb” szulfidos értelepek is, melyek karbonátos közetekben helyezkednek el, így a szulfidok bomlásából generálódó savasodást a karbonátok (kalcit, dolomit) semlegesítik.

Ilyen esettel találkozhatunk a rudabányai külfejtésekben. Ha az egészségügyi kockázat szempontjából veszélyességi sorrendet akarunk megállapítani, akkor egyértelműen azok a területek a legproblematikusabbak, ahol szulfidokat bányásznak és dolgoznak fel. Tehát a bányászatban, és az ehhez kapcsolódó iparágakban dolgozók kívánják a legnagyobb védelmet. Ennél kisebb, de nem elhanyagolható az ilyen környezetben élő emberek, települések védelme sem. A fentiek összegzéseként megállapíthatjuk, hogy a toxikus elemek szempontjából a szulfidok hordozzák a legnagyobb egészségügyi kockázatot a bioszféra számára. Más a helyzet a krómmal, az egyik veszélyes toxikus elemmel, mert ez a földkéregben legnagyobb mennyiségben egy kémiailag stabil oxidban, a köbös kromitban (FeCr_2O_4) koncentrálódik, ebből nyeri ki. Valójában a hat vegyértékű krómot tartalmazó ásványok, például a kromátok veszélyessége a kiemelkedő, de ezek elég ritkán fordulnak elő a



4. ábra. Vas-arzén-szulfid (arszenopirit)
Nagybörzsönyből (Tóth L. felvétele)

természetben (a kromitban a króm három vegyértékű). Természetesen bizonyos fémipari technológiák ezek mennyiségét jelentősen megnövelhetik.

A veszélyes ásványok másik jelentős csoportja a radioaktív sugárzásuk miatt okozhat egészségkárosodást, válhat veszélyessé. Köztudott, hogy a radioaktív elemek és radioaktív izotópok a radioaktív sugárzásuk révén roncsolják a sejteket, akadályozzák a normális sejtműködést. A radioaktív ásványok vegyületalkotóként vagy helyettesítőként tartalmaznak radioaktív elemeket. Mindkettőre az urán- és tóriumtartalmú ásványok a legjobb példák. Az urán szempontjából vegyületalko-



5. ábra. Szulfátok kiválása a felhagyott mátraszentimrei ércbányában (Tóth L. felvétele)

tóként az uranit (köbös UO_2) a legfontosabb, mivel döntően ebből nyerik ki az uránt, a tóriumnál pedig ennek szerkezeti rokona a torianit (köbös ThO_2) okozhat gondot. A sokkal gyakoribb uranit általános veszélyességét nagyban csökkenti az a tény, hogy csak uránérctelepekben halmozódik fel nagy tömegekben (6. ábra). Emiatt szintén a bányászat és az ércfeldolgozás, ércdúsítás jelenti a legnagyobb egészségügyi kockázatot az ott dolgozók, illetve a tágabb környezetben élők számára. A környezet szempontjából ebben az esetben is kiemelt feladat a radioaktív bányászati hulladékok kezelése. Ebben az esetben alapvető cél a radioaktivitás elszigetelése a környezettől. Mindezzel együtt nagy fontosságú a bányavizek folyamatos ellenőrzése is. Hazai szempontból szintén ezek a prioritások az 1990-es években bezárt, Pécshez közeli kővágószőlősi uránbányával kapcsolatban. Vannak azonban az előbbieknél sokkal gyakoribb radioaktív ásványok, melyek ráadásul magmás, metamorf és üledékes kőzetben széles elterjedésűek, igaz jobbra kis mennyiségben. Ezek az ún. járulékos vagy mellékes kőzetalkotók közé tartoznak és kristályszerkezetükben a radioaktív elemek (az urán és/vagy a tórium) ritkaföldfémeket (RFF), vagy cirkóniumot helyettesítenek. Ilyen ásványok a cirkon (tetragonális $ZrSiO_4$), a xenotim-sor (tetragonális RFF-foszfátok), a monacit-sor (monoklin RFF-foszfátok) és az allanit-sor (monoklin RFF-tartalmú csoport-szilikátok) tagjai (7. ábra). Olyan területeken, ahol a felszín közelében uránt és/vagy tóriumot tartalmazó kőzetalkotók, tehát leginkább a cirkon, monacit, allanit, xenotim jelen vannak, valamint különösen, ha ilyen kőzetek mállástermékeként keletkezett talaj van a felszínen, és erre építkezünk, az ilyen környezetben lévő zárt terek (pincék, szobák) levegője anomális nagyságrendű radonkoncentrációt mutathat. Éppen ezért hangsú-

lyozzák ilyen helyeken a házak helyiségeinek gyakori szellőztetését. A radon radioaktív izotópjai ugyanis éppen az urán/tórium bomlása során kerülnek a levegőbe. Az ilyen területeken épült házak légterében tehát jelentősen dúsulhatnak a radon izotópok, ezáltal kitéve az ott lakókat a például tüdőrák kockázatának. Ebben az esetben tehát nem az elsődleges urán, vagy tórium okozza a legnagyobb egészségügyi kockázatot, hanem az ezek bomlásából származó radon, sőt még inkább annak további bomlástermékei. A bomlástermékek megtapadnak a levegőben található aeroszol-részecskéken, ezek révén pedig a tüdőben. Ebből következik, hogy a légköri aeroszol-koncentráció nagyságával a szervezetünkbe jutó bomlástermékek mennyisége is nagyobb lesz, emiatt az egészségügyi kockázat jelentősen emelkedik.

A fenti gondolat egyúttal átvezet bennünket a veszélyes ásványok harmadik nagy csoportjába, azokhoz, melyek önkéntelenül,



6. ábra. Uraninit Kővágószőlősről (Tóth L. felvétele)

légzésünk révén kerülnek be a szervezetünkbe és okozhatnak különféle betegségeket. Talán annyira nem közismert, de a levegőben is sokféle ásvány található. Igaz, ezeket apró méretük miatt nem látjuk, de éppen ezáltal válhatnak veszélyessé, mert könnyen a

légzőrendszerünkbe kerülhetnek. A néhány-szor tíz mm-es porok, illetve a néhány mm és nm közötti aeroszolok döntő része kis koncentrációban nem okoz komoly gondot számunkra. Sem a szárazföldek fölött uralkodó, gyakori kőzetalkotókból álló ásványi porok, sem a tengeri atmoszférában domináló ún. tengeri sók. Komoly egészségügyi kockázatot a toxikus elemeket, a radioaktív elemeket vagy izotópokat tartalmazó porok és aeroszolok, illetve bizonyos azbeszt megjelenésű, roppant finomszálú ásványok jelentik. Természetesen ilyen esetekben is perdöntő ezen anyagok koncentrációja az atmoszférában. Nyilvánvaló, hogy – miként fentebb hangsúlyoztuk – az ásványok veszélyességét jelentősen megnöveli a bányászat és az ipari tevékenység. Hiszen emiatt kerülhetnek nagyobb koncentrációba a levegőbe ilyen anyagok, tehát ebben az esetben is legnagyobb mértékben a bányászatban és a feldolgozóiparban dolgozók, illetve az iparilag erősen terhelt területeken élők egészségügyi kockázata a legjelentősebb. A bányászatban már évszázadok óta ismert a szilikózis nevű betegség, melyet főleg a frissen porított és belélegzett szilícium-dioxid (döntően a kvarc) okoz. De ez a jelenség eddigi tudásunk szerint fokozott kockázatot jelent a tuberkulózis, tüdőrák és egyes autoimmun betegségek kialakulásánál is. Ennél a folyamatnál is megfigyelhető, hogy mennyire fontos a szemcsék mérete. A kvarc, hacsak nem apró szemcseméretű, teljesen semleges anyag a bioszféra szempontjából, mondhatnánk még környezetbarát ásványnak is. De parányi szemcsemérettel és ennek nagy koncentrációjával, mint fentebb láttuk számos betegség okozója lehet. A légköri aeroszol részecskék emberi egészségre gyakorolt negatív hatásával kapcsolatban az alábbiakat állapították meg: összefüggés van a megnövekedett aeroszol koncentráció és a tüdőgyulladás, asztma, érrendszeri és daganatos megbetegedések között. A durva > 2,5 μm , valamint a finom < 2,5 μm részecskék koncentrációjának növekedése 1,7, illetve 4 %-kal növeli a napi halálozás kockázatát. A nanorészecskék sejtszintű toxicitásának felismerése pedig új kutatási irányokat nyitott meg, a nanotoxikológiát. Egy klasszikus, de szerencsére ma már nem aktuális példa a toxikus elem ólom atmoszférában való jelenléte. Korábban az üzemanyagokhoz ún. kopogásgátlás céljából ólomtartalmú vegyületet, ólom-tetraetil adalékoltak, ebből az üzemanyag elégetése során az ólom a levegőbe, a környezetbe került. Forgalmas utak mentén a talajban, vagy a növényekben olykor vegyületalkotó mennyiségben is kimutatták, például ólom-foszfátok formájában. Mivel ma már csak ólommentes benzint gyártanak, ez a jobbra városi, illetve nagy forgalmú utak környezetére jellemző probléma megoldódott.



7. ábra. Cirkon mm-es kristályai Budapestről (Tóth L. felvétele)

Ennél ma már sokkal nagyobb problémát okoz az azbeszt, különös tekintettel arra, hogy évtizedeken keresztül, – Magyarországon például az 1970-es és 80-as években – népszerű építőanyag volt, köz- és lakóépületekben, tűz, hő és zaj elleni szigetelésre sokféleképpen alkalmazták. Nagy mennyiségben használták például tetőfedésre (palatető) és gépkocsik fékpofáiban. Több mint ezer alkalmazását ismerjük, melyek döntően a kis kötőanyagú azbeszt (80-95% azbeszt kevés kötőanyaggal) és az azbesztcement (5-10% azbeszt cementbe ágyazva) kategóriákba sorolhatók. Közvetlen környezetünkben tudomásunk nélkül is körbe lehetünk véve azbeszttel. Ahogy az lenni szokott, csak a széleskörű felhasználás után később derült ki, hogy az azbeszt a szervezetünkbe kerülve, főleg a tüdőben különböző betegségeket, akár rákos elváltozásokat okozhat. Az azbeszt elnevezés egyébként olyan ropant finomszálú szilikátásványok megjelenésére használatos, melyekben az egyes szálak vastagsága kisebb, mint $3\mu\text{m}$. Valójában két ásványcsoport, a serpentin és az amfibolok szolgáltatták az ipar számára legnagyobb mennyiségben ezt az egyébként különleges, tűzállósága révén már az ókor óta ismert anyagot. A serpentinásványok közül elsősorban a monoklin krizotil – kémiai képlete: $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ – jelenik meg ilyen módon, ezt bányászták nagy mennyiségben (8. ábra). Az amfibolok között számos azbeszt megjelenésű ásványt hasznosítottak, ilyen a tremolit, aktinolit, riebeckit és antofillit. A kutatók kimutatták, hogy az amfibolazbeszt sokkal veszélyesebb, mint a serpentinazbeszt, ami arra vezethető vissza, hogy a serpentinazbeszt szálai

lassan feloldódnak a tüdőben. Tekintettel arra, hogy 2005-től már krizotilazbeszt sem lehet felhasználni ipari termékekben (az amfibolazbeszt használatát korábban betiltották), az ennél régebben létesített épületeket érdemes átnézetni azbesztmentesítés szempontjából. Mivel az építkezéseknél sokféle alkalmazása volt, egyáltalán nem felesleges ezt az ellenőrzést elvégezni. Az azbeszt-probléma nyilvánvaló, hogy hatványozottan jelentkezett a bányászatban és a feldolgozóiparban. Hazánkban azbesztet sosem bányásztak, legközelebb a szlovákiai Dobsinán termeltek ki évtizedeken keresztül krizotilazbesztet. Nálunk a legnagyobb azbesztfeldolgozó üzemek Nyergesújfalun és Selypen működtek. Akadnak még finomszálú ásványok a zeolitok körében is (ezek szintén szilikátok), melyek egészségügyi kockázatot jelentenek egyes vidékeken. A törökországi Kappadokiában, – mely terület csodálatos sziklaképződményeiről és az abba faragott építményeiről híres – vált ismertté, hogy az egyik finomszálú kőzetalkotó, az erionit hasonló egészségkárosodást okozhat, mint az azbeszt. Főleg azokon a területeken, ahol az erionittartalmú vulkáni kőzet őrlésével zúzalékot állítanak elő és ezzel borítják az utakat. Valójában ennek a közlekedés által felkavart és a levegőbe került pora okozza a legnagyobb egészségügyi kockázatot.

Bár bizonyára még lehetne folytatni a veszélyes ásványok sorát, de úgy gondoljuk a lényeges típusokat bemutattuk. Vajon milyen tanulságokat találunk a fenti gondolatokban? Ilyen sok veszélyes ásvány van? Vagy valami más áll a veszélyek hátterében? Eddigi ismereteink alapján kijelenthetjük, hogy az ásványok döntő része csak az emberi felhasználás (bányászat, előkészítés, feldolgozás, alkalmazás) munkafolyamatainak során válhat veszélyessé. A természetes ásvány-előfordulások általában minimális veszélyt hordoznak. Az ember által megmozgatott, napvilágra hozott óriási kőzettömegek, azok aprítása, őrlése, vegyi folyamatokkal történő átalakítása és különböző célokra történő alkalmazása koncentrálja annyira a bennük lévő hasznos ásványokat és ezáltal a toxikus és radioaktív

elemeket, hogy valódi egészségügyi kockázatot okoznak. Szintén az emberi beavatkozás okozza az azbeszt-problémát és a szilikózist. Másik tanulság, hogy a veszély nem szűnik meg a bányászattal és feldolgozási folyamatokkal, a közvetlen környezetünkben lévő alkalmazások további veszélyeket hordozhatnak, ennek már említett iskolapéldája az azbeszt-probléma.

Mit tehetünk a veszélyek csökkentése céljából? Hagyjunk fel a bányászattal és az ehhez kapcsolódó iparágakkal? Kijelenthető, hogy az ásványi nyersanyagokat, mint nem megújuló erőforrásokat az emberiség pazarló módon használja. Bizonyára csökkenthető lenne az igény gazdaságosabb, takarékosabb felhasználással, az újrafelhasználás lehetőségeinek még jobb kiaknázásával, illetve helyettesítő anyagok használatával. A fejlett országokban az azbeszt betiltásával egyidőben például már megjelentek az azt helyettesítő anyagok. Ahol egyébként a bányásztól a feldolgozáson



8. ábra. Azbeszt megjelenésű krizotil Ipolyberzencéről (Szlovákia) (Jäger V. felvétele)

át, a bányászati és ipari hulladékok kezelésén túl a tájrehabilitációig nagyon szigorú követelményeknek kell megfelelni. Hiszen csak ebben az esetben nem veszélyeztetjük a jövőnket, a földi életet, a civilizációt. Egyúttal viszont azt is tudomásul kellene vennünk, hogy a civilizáció és az élet fenntartásához szükségünk van ásványokra. Ezt két példával szeretném jelezni: egyrészt a számítástechnikában a 92 természetes kémiai elem közül mintegy 60-at használunk fel, melyek csaknem mind ásványokból származnak. Másrészt nem létezik egészséges emberi életműködés az esszenciális elemek nélkül (jelenleg mintegy 23-at sorolnak ebbe a kategóriába), ezek néhány kivételtől eltekintve erendően szintén ásványokból származnak.

Legyünk tehát ásványbarátok!