

A bükki triász korú mészkövekben megfigyelt vas-szulfidok és azok átalakulási termékei

TDK-dolgozat



Készítette:

GÁL PÉTER

az egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium és Kollégium végzős tanulója

Témavezető:

dr. SZAKÁLL SÁNDOR

tanszékvezető egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Ásvány- és Kőzettani Tanszék

Konzulens:

FEHÉR BÉLA

osztályvezető, Herman Ottó Múzeum Ásványtár, Miskolc

Eger, 2012

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés, a kutatás célja	2
2. Kutatástörténet	2
3. Vizsgálati módszerek	3
<u>3.1. Szakirodalom gyűjtése</u>	3
<u>3.2. Terepi vizsgálatok</u>	3
<u>3.3. A gyűjtött ásványminták vizsgálata</u>	3
4. A vizsgált feltárások földtani áttekintése röviden	5
5. A vizsgált feltárásokban előforduló ásványfajok általános jellemzése	5
6. A vas-szulfidok átalakulási folyamata	8
7. Az átalakulási termékek leggyakoribb megjelenési formái	10
8. A vizsgált feltárások terepi dokumentációjának részletezése	14
<u>8.1. Eger, Kis-Eged-hegy, felhagyott mészkőbánya</u>	13
<u>8.2. Felsőtárkány, Mész-völgy, felhagyott mészkőbánya</u>	14
<u>8.3. Eger-Felnémet, Berva-völgy, működő mészkőbánya</u>	15
<u>8.4. Felsőtárkány, Kő-köz, sziklaszoros, régen felhagyott mészkőbánya</u>	16
<u>8.5. Cserépfalu, Hór-völgy, Perpác-hegy, felhagyott mészkőbánya</u>	16
<u>8.6. Miskolc-Tapolca, Vár-hegy, felhagyott mészkőbánya</u>	17
<u>8.7. Miskolc-Tapolca, Nagy-Kőmázsa, jelenleg nem művelt mészkőbánya</u>	17
<u>8.8. Miskolc, Tatár-árok, Mexikó-völgy, működő mészkőbánya</u>	18
<u>8.9. Miskolc-Diósgyőr, Fényeskő-völgyi felhagyott mészkőbánya és egyéb feltárások</u>	20
<u>8.10. Szilvásvár, Istállós-kő oldal, rekultivált mészkőbánya</u>	20
<u>8.11. Bélapátfalva, Bél-kő, felhagyott mészkőbánya</u>	21
9. Vas-oxidok karcosporának vizsgálata	22
10. Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok értékelése	23
11. A vizsgálataim során tapasztalt kristályformák vas-szulfidokon és átalakokon, kristályrajzokon megjelenítve	24
12. Kitekintés az egyéb Magyarországon előforduló triász korú mészkövek vas-szulfid előfordulásaira	27
13. Kutatási eredményeim összegzése	28
14. Köszönetnyilvánítás	29
Irodalomjegyzék	30

1. Bevezetés, a kutatás célja

A Bükk hegység fő tömegét alkotó triász korú mészkövet számos kőfejtő tárja fel a hegység külső részein, de ezekből már csak kettőben zajlik termelés, a többit lassan visszahódítja a természet. A feltárásokról nagyon kevés szakirodalom íródott, a leírások többnyire csak felületesen említik az itt előforduló ásványfajokat. A kutatásom célja az volt, hogy készüljön egy részletes, lehetőleg minél több bükki mészkőfeltárás ásványtársulásairól szóló leírás, mielőtt a régebbi feltárások teljesen eltűnnének. Az előforduló ásványfajok közül kiemelten foglalkoztam a változatos megjelenésű vas-szulfidokkal (pirit, markazit) és átalakulási termékeikkel (vas-szulfátok, goethit, hematit, lepidokrokit).

2. Kutatástörténet

A legkorábbi ásványtani célú leírások a Miskolc környéki mészkőbányákról készültek. Az első jelentősebb leírás 1915-ben készült Franzeau Ágoston által, aki „A diósgyőri kalcitról” művében részletesen tárgyalja az egyik akkoriban működő (Fényeskő-völgyi bánya???) diósgyőri mészkőbányában előforduló kalcit-kristályformákat. A 20. század nagy ásványtani műve, Koch Sándor „Magyarország ásványai” (1966) [7] röviden foglalkozik két miskolci feltárással, már markazit-előfordulást is említve. Az 1993-ban megjelent, 360 ásványfaj leírását tartalmazó „Magyarországi ásványfajok” könyvben [1] a barit, dolomit, goethit, hematit, kalcit, markazit, pirit ásványoknál említve vannak egyes bükki lelőhelyeik is. A bányákról és a barlangi ásványkiválásokról szolgáltat némi információt a „Bükki Nemzeti Park - Hegyek, erdők, emberek” kiadvány (2002) a Bükki Nemzeti Park Igazgatóságtól (BNPI). A 2005-ben megjelent „A Bükk hegység földtana” [2] monográfia a bükki triász mészkövek ásványtársulásaiival minimálisan foglalkozik, de a bányák földtani környezetéről jó információs forrás.

Az 1980-as évektől kezdve előtérbe került az amatőr ásványgyűjtők szerepe a bükki mészkőfeltárások kutatásában. Az ásványgyűjtők eredményeiket, megfigyeléseiket először az „Ásványgyűjtő Figyelő” folyóiratban publikálták, majd 1991-től a „GEODA” vette át a helyét. Az évente háromszor megjelenő folyóiratnak mindössze hat számában jelent meg eddig leírás bükki mészkőbányákkal kapcsolatban (1992/3., 1995/1., 2003/1.[9], 2004/1., 2011/1., 2011/2.[6]). A leírások javarészt a Miskolci Ásványgyűjtő Kör (MÁK) tagjainak és a Herman Ottó Múzeum (HOM) Ásványtárának munkatársainak köszönhetőek. 2009-től működik az interneten a folyamatosan bővülő adatbázisú <http://geomania.hu/>, [8,10,12] amely Magyarország ásványlelőhelyeiről ad aktuális tájékoztatást és az ott előforduló ásványfajokról. A bükki mészkőfeltárások többsége szerepel az adatbázisában fényképekkel, ásványfajokkal, leírásukkal együtt.

3. Vizsgálati módszerek

3.1. Szakirodalom gyűjtése

Részletes, aktuális leírások szinte teljes hiányában leginkább a saját kutatásaimra támaszkodhattam. A korábbi leírásokban említett feltárásokat is részben visszahódította a természet, részben a leírások készítése óta a vizsgált részt lebányászták, bár a régi ásványelőfordulások begyűjtési lehetőségének megszűnésével együtt új, korábban nem leírt előfordulások is feltárultak. Ez csak kevés feltárássra volt jellemző. A szakirodalom hiányát részben ellensúlyozták a bányákat viszonylag gyakran látogató ásványgyűjtőktől kapott információk. Ezek alapján kerestem fel néhány, szakirodalomban nem megjelenő mészkőfeltárást (Istállós-kői bánya). Az általuk gyűjtött ásványfajokról is tájékoztattak a feltárások egy részénél, amit összehasonlíthattam a saját terepi megfigyelési eredményeimmel. Néhány hasznos információhoz egyes ásványgyűjtői weboldalak révén jutottam.

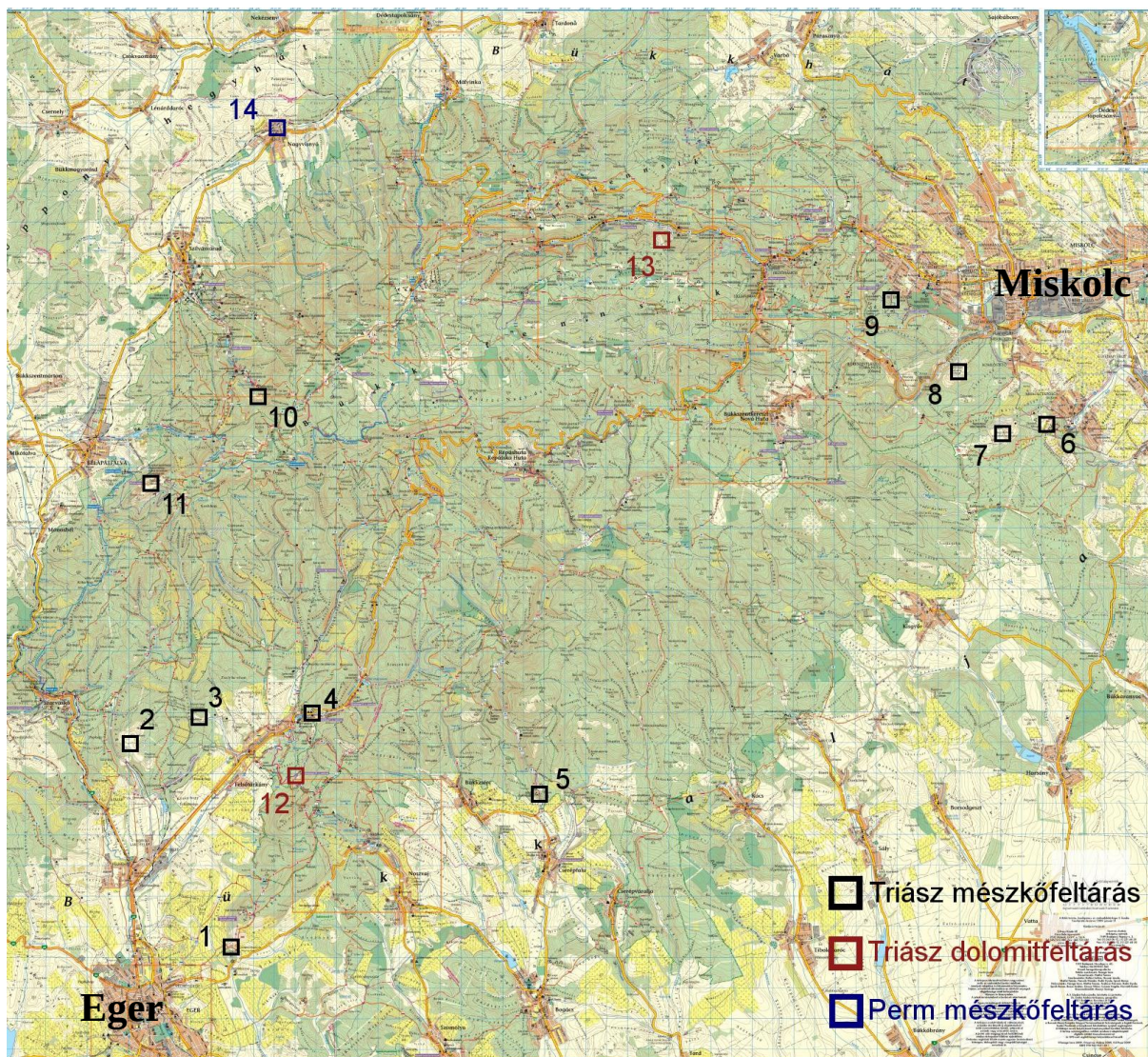
3.2. Terepi vizsgálatok

A kutatásom legfontosabb módszerei a terepbejárások voltak, amelyeket 2011 áprilisában kezdtem el. Szeptember közepéig 14 feltárást kerestem fel, némelyiket többször is. Ezek során felmértem a feltárások állapotát, geológiai viszonyait, fényképeket készítettem, valamint ásványmintákat gyűjtöttem. A legtöbb általam vizsgált feltárást Eger és Miskolc környékén található (5-5 db), ezenkívül Bélapátfalva, Szilvásvárad, Nagyvisnyó és Cserépfalu környékén van 1-1 bánya. A hegység belső területét illetően nincs tudomásom jelentősebb feltárásokról. A vizsgált feltárások környezeti állapota alapján 6 feltárást növényzettel erősen benőttnek tekinthető, a többi nyolc közül hatot még éppen csak elkezdett visszafoglalni a természet, míg a két működő bánya friss kőzetanyaggal szolgálhat. A 14 feltárást túlnyomó része triász korú mészkövet tár fel (11 db), de akad egy permiai mészkövet és két triász dolomitot feltáró bánya is. **(1. ábra)** Utóbbiakkal nem fogok foglalkozni, mivel a vas-szulfidokkal kapcsolatban nem sikerült kielégítő eredményre jutnom ezeknél a terepbejárások során, amúgy se célszerű összehasonlítani őket a triász mészkövekkel való kőzet-és korszakok különbségei miatt.

3.3. A gyűjtött ásványminták vizsgálata

A hazavitt ásványokat megtisztítottam a szennyeződésektől (amelyik ásványnál lehetséges volt) és dokumentáltam. A makroszkópos vizsgálatok mellett 10x-es nagyítású kézinagyítóval és Celestron digitális mikroszkóppal (10-150x-es nagyítású) történt a minták meghatározása. Vas-oxidos mintáknál karcolásos porszínvizsgálatot is el tudtam végezni otthon, de ezek többnyire műszeres vizsgálatokat is igényeltek. Azokat a mintákat, amelyeket nem tudtam

meghatározni, fénymikroszkópos vizsgálatra vittem a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékére, továbbá a HOM Ásványtárába. Ez utóbbi helyen megtekintettem az általam kutató bányákból származó gyűjteményi darabokat, és azokat is dokumentáltam, illetve összehasonlítottam az általam gyűjtött darabokkal. Az Ásvány- és Kőzettani Tanszéken egyes mintákról röntgen-pordiffrakciós felvételek készültek Kristály Ferenc és Szakáll Sándor által. A vas-szulfidos mintáknál a kristályok, kristálycsoportok és agglomerátumok mérete általában nem haladta meg az 1-2 cm-t, kézinagyító segítségével jól el lehetett különíteni a hexaédres kristályformájú piritet és a rombos dipiramisos kristályformájú, gyakran ikresedett markazitot, de a markazit három jellemző megjelenési formájánál többször is fénymikroszkóp segítségével volt szükségem. A porszerű megjelenésű vas-szulfátos minták műszeres vizsgálatokat igényeltek a rendkívül változatos megjelenésű vas-oxidokkal együtt.



1. ábra: A terepbejárások helyszínei, készült az 1:40 000 felbontású Bükk turistatérkép alapján (a számozott feltárások a következő oldalon lesznek felsorolva)

1 Eger, Kis-Eged-hegy	8 Miskolc, Tatár-árok, Mexikó-völgy
2 Eger-Felnémet, Berva-völgy	9 Miskolc-Diósgyőr, Fényes-kő-völgy
3 Felsőtárkány, Mész-völgy	10 Szilvásvárad, Istállós-kő-oldal
4 Felsőtárkány, Kő-köz	11 Bélapátfalva, Bél-kő
5 Cserépfalu, Hór-völgy, Perpác-hegy	12 Felsőtárkány, Vár-hegy
6 Miskolc-Tapolca, Vár-hegy	13 Miskolc-Garadna, Nyavajás
7 Miskolc-Tapolca, Nagy-Kőmázsa	14 Nagyvisnyó, Határ-tető(és a Mihalovits-féle kőfejtő)

4. A vizsgált feltárások földtani áttekintése röviden

Az alábbiakban csak a triász mészkövekkel fogok foglalkozni korábban említett okokból. Az általam vizsgált feltárások mészköve négy különféle földtörténeti korú formációba van sorolva, a kőzetek a középső-triásztól a felső-triászig keletkeztek. **(2. ábra)**

A legidősebb középső-triász mészkő, amelyet a miskolc-diósgyőri Fényes-kő-völgyi mészkőbánya tár fel, a Fehérkői Mészkő Formációhoz tartozik, amely a Bükk északi részén húzódik egy viszonylag keskeny sávban Miskolctól Bánkútig.

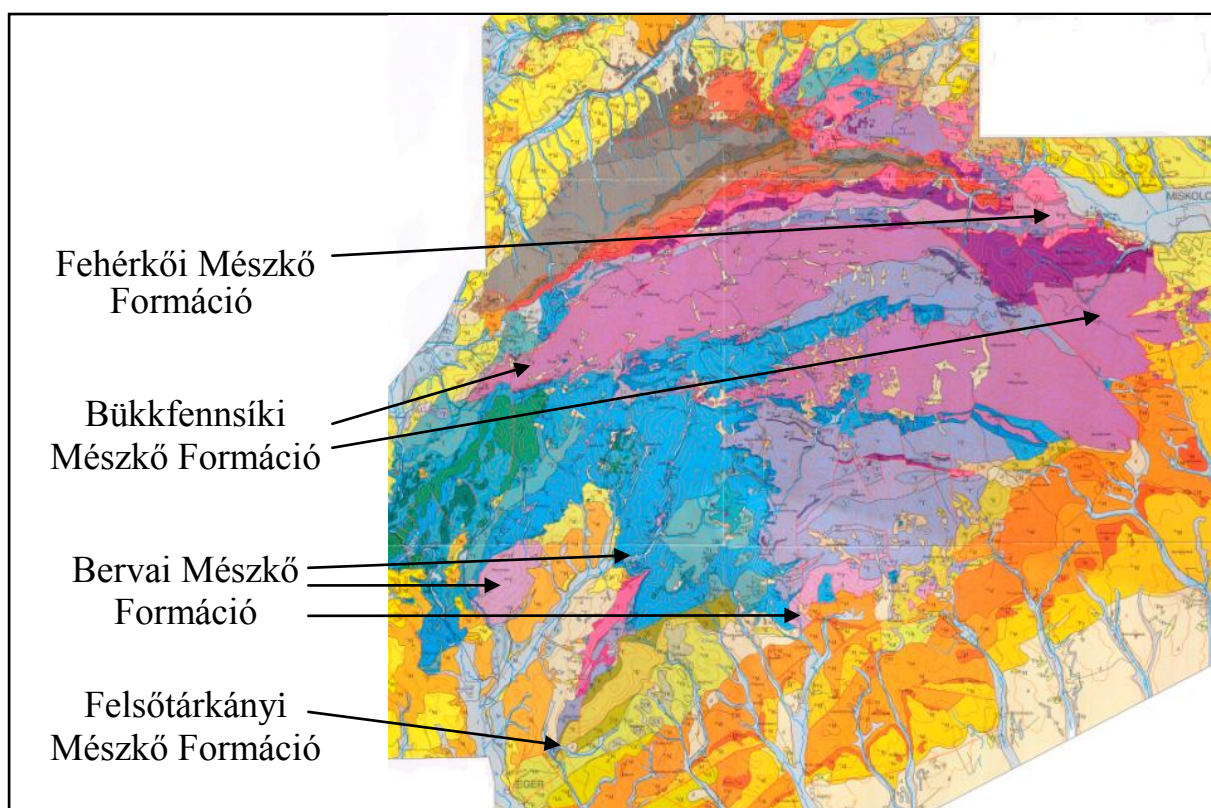
A Bükk fő központi tömegét alkotó Bükkfennsíki Mészkő két nagy összefüggő területen jelentkezik, nyugaton a Bél-kő és az Istállós-kő mészkőbányája tárja fel, míg keleten a diósgyőri Tatár-árok kőfejtői és a Miskolc-tapolcai Nagy-Kőmázsa, Vár-hegy bányái.

A D, DNy- Bükkben előforduló Bervai Mészkő elszórt, kisebb-nagyobb foltokban jelentkezik, az Eger-felnémeti Berva-bércen lévő nagyobb kiterjedését két kőfejtő is feltárja (a Berva-völgyi és a Mész-völgyi), Cserépfalunál a Hór-völgy bejáratánál, a Perpác-hegyen van még feltárása, valamint a felsőtárkányi Kő-köz sziklaszorosánál, amely egykor bánya volt.

A legfiatalabb vizsgált mészkövet az egri Kis-Eged-hegy mészkőbányája tárja fel, amely a Felsőtárkányi Mészkő Formációba tartozik. Ennek elszórtan a D-Bükkben vannak feltárásai, nagyobb területeken Kács-Répáshuta között található D-É kiterjedésben.

5. A vizsgált feltárásokban előforduló ásványfajok általános jellemzése

A leggyakrabban előforduló ásvány a kalcit, amely minden feltárásnál jelentkezik változatos megjelenésben. Nagyméretű, kristályos tömegek, kőzetet átszövő fehér erek, cseppkövek, borsókövek formájában jelenik meg, valamint romboédes, szkalenoédes kristályokat, illetve ezekből felépülő kristálykombinációkat alkot repedéskitöltéseként változékony méretben. A kalcit sokszor nem tiszta kalcium-karbonátként jelentkezik, finom eloszlású vasásványok színezik vörösre, narancssárgára, barnára. Vastartalmú ionvegyület-szennyeződéseknel a Fe^{3+}



2. ábra: A triász korú mészkövek elhelyezkedése a Bükkben, készült a Bükk hegység 1:100 000 felbontású földtani térképe alapján [2.]

ionok sárgára, a Fe^{2+} ionok zöldre színezik a kalcitot, egyes szerves szennyezőanyagok pedig feketére. A sárga, zöld, fekete színű kalcit az Eger-felnémeti Berva-völgy mészkőbányájára jellemző. A színező ionok részben a feltörő vastartalmú oldatokból kerülnek át a mészkőbe.

Gyakoriságban megközelítik a kalcitot a különféle vas- és mangán-oxidok. Közös jellemzőjük, hogy fennőtt kristályokként nem fordulnak elő, a vas-oxidok esetleg átalakokként.

A mangán-oxidok barnásszürke bevizsgálatlan bekérgezéseként, fekete dendritekként jelennek meg a kőzetben, egyes feltárásoknál alig-alig jelentkeznek, míg a Kis-eged-hegyi és a mexikó-völgyi mészkőbányáknál különösen gyakoriak.

A vas-oxidok megnevezés nem teljesen helytálló, ugyanis a goethit [$\alpha\text{-FeO(OH)}$] és a lepidokrokkit [$\gamma\text{-FeO(OH)}$], vas-oxid-hidroxidok, bár a Fe_2O_3 képletű hematit valóban oxid. A vas-oxid kifejezést általánosításokkor továbbra is fogom használni. A vas-oxidok általában makroszkopikusan nem különíthetők el egymástól, a karcolási porszínének vizsgálatával is csak a hematitot lehet egyértelműen azonosítani. Gyakran egy tisztán vas-oxidos mintarészleten belül egyszerre fordul elő mindhárom vas-oxid. Röntgen-pordiffrakciós felvételekkel igazolva van, hogy a leggyakoribb alkotóásvány mindig a goethit, a többinek alárendeltebb szerep jut. [1.] A vas-oxidok nagyrészt vas-szulfidok mállásából keletkeztek, a mállás során néhol megőrizték az eredeti kristályformákat (pszeudomorfóza). Leggyakrabban barna, vöröses-

barna, sárgásbarna, rozsdabarna és sárgás foltokként, bekérgezéseként, vaskos kérgekként, gömbös-vesés halmazokként, átalakoként jelennek meg. Agyagos betelepülésekben érdekes vas-oxidos konkréciók fordulnak elő, keletkezésük nem feltétlenül köthető össze a vas-szulfidok bomlásából származó típusokéval. Cementálóanyagokként is megjelennek az agyagos részeken. A vas-oxidok minden feltárásban előfordulnak, de más-más megjelenési formában tűnnek fel. A mennyiségük is változó, az istállós-kői bányánál és a berva-völgyi kőfejtőnél kevésbé elterjedt, míg a Miskolc környéki bányáknál nagyon gyakori. Az átalakok is leginkább az utóbbiaknál fordulnak elő.

A vas-szulfidok (FeS_2) nem túlságosan elterjedtek a bükki mészkövekben, de egyes helyeken feldúsulhatnak. A feltörő hévizes oldatokból válnak ki elsődleges képződményekként a repedések mentén, de felszínről beszivárgó savas csapadék is létrehozhatja őket.

A bükki mészkövek domináns vas-szulfidja az alacsonyabb hőmérsékleten kiváló markazit, amely aranyszínű, néhol szürkés-zöldes árnyalatú vagy vörösre futtatódott felszínű, fémes fényű, kagylós törési felületű kristályokként, hintésekként és kristályaggregátumként jelentkezik. Jellemző kristályformája a rombos dipiramis, amely a legtöbb esetben ciklikusan ikresedett (dárdakovand forma). Előfordul még álhatszöges táblás kristályok formájában is. A kristályok mérete nem haladja meg a 1,5-2 cm-t. Öt feltárásnál vehető biztosra az előfordulása.

A markazitnál jóval ritkábban jelenik meg a pirit. Max. fél cm-es, torzult hexaéderekként, hintésekként jelentkezik, tulajdonságai a markazitéhoz hasonlóak (szín, törés).

A vas-szulfidok legnagyobb része időközben vas-oxidokká mállott, de az átalakjaik érdekes kristályhalmazokat, -formákat, nagyobb kristályokat is megőriztek, amelyek segítségével elképzelhetjük az oxidáció előtti állapotokat.

A vas-szulfidok mállásának kezdetekor különféle vas-szulfátok képződtek, amelyeket kristályvíztartalmuk mennyiségi eltérése különböztet meg egymástól. Bomló szulfidok felületén fordulnak elő időszakosan, rendkívül



3. ábra: markazit dárdakovand mészkövön, képsz.: 3 cm. Saját felvétel.

érzékenyek a környezeti változásokra. A bükki triász mészkövekben két szulfátot figyeltek meg eddig, a zöld üvegfényű melanteritet ($\text{Fe}^{2+}\text{SO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$) és a gyakoribb fehér porszerű rozenitet. ($\text{Fe}^{2+}\text{SO}_4 \times 4 \text{H}_2\text{O}$). A minták a miskolci Mexikó-völgyi kőfejtőből származnak. Más vas-szulfát-ásványok előfordulása sincs kizárva.

A hidrotermális oldatokból a kalcit mellett néhol barit is kiválik max. 1 cm-es táblás kristályokként. A Bél-kőről, a felsőtárkányi Mész-völgyi kőfejtőből és Kő-közből került elő eddig. A Bél-kőn repedéskitöltő ásványként jelentkezik. A Kő-közben teléresen fordul elő, a kristálylapokon vas-oxidos bevonat van, ami vöröses színűve teszi a baritot. A Mész-völgyi kőfejtőben tömeges, kristályos halmazokként, gumós megjelenésben fordul elő.

Kor	Formáció	Feltárás	Előforduló ásványok*					Álakok	
			kalcit	barit	markazit	pirit	vas-szulfátok	Markazit után	Pirit
Felső triász	Felsőtárkányi Mész-kő	Eger, Kis-Eged-hegy	x					x	x
Középső-felső triász	Bervai Mész-kő	Felsőtárkány, Mész-völgy	x	x	x			x	x
		Felsőtárkány, Kő-köz	x	x					x
		Eger-Felnémet, Bervai-völgy	x	?	x			x	
		Cserépfalu, Hór-völgy, Perpác-hegy	x					x	
	Bükkfennsiki Mész-kő	Miskolc-Tapolca, Vár-hegy	x		x			x	
		Miskolc-Tapolca, Nagy-Kömázsa	x		x	x		x	
		Miskolc, Tatár-árok, Mexikó-völgy	x		x	x	x	x	x
		Szilvásvár, Istálló-kő-lápa	x						
		Bélapátfalva, Bél-kő	x	x	?	?		x	x
Középső triász	Fehérkői Mész-kő	Miskolc-Diósgyőr, Fényes-kő-völgy	x					x	

1. táblázat: A bükki triász mészkőfeltárásokban előforduló ásványfajok és vas-szulfidok utáni álakok.

* a mindenhol előforduló vas- és mangán-oxidok nélkül

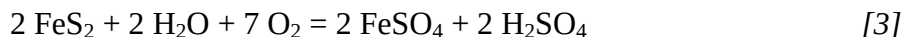
? az adott ásványfajt leírták/említik a feltárásból, de nincs rá bizonyíték

6. A vas-szulfidok átalakulási folyamata

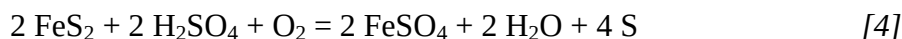
A vas-szulfidok a kőzetrepedések felszínén nőttek fenn, a vékonyabb repedésekben elszórtan kristályosodva, a szélesebb repedésekben pedig természetesebb kristályokat és vastag, jól kristályosodott kérget alkotva. A repedésekbe általában agyag is került. A felszín közelében képződött vas-szulfidok lassanként oxidálódtak, és belőlük vas-oxidok (goethit, hematit, lepidokrokit és amorf vas-oxid) keletkeztek. A vas szulfidok bomlásának két jellemző típusa van:

(1) A levegő oxigéntartalma víz jelenlétében az oxidálható vas-szulfidokat elbontja, az oxidáció során sokat számít a víz mennyisége, mert más anyagmennyiségi arányokkal más bomlástermékeket kapunk.

a; Az első jellemző oxidációs típusnál kevesebb víz van jelen (víz- FeS₂ arány: 1:1), bomlástermékként vas-szulfát és kénsav keletkezik az alábbi reakcióegyenlet szerint:



A vas-szulfátból, aszerint hogy hány mol vizet vesz fel, többféleképpen kristályosodik ki, a Bükkkben a melanteritet és a rozenitet figyelték meg eddig. A keletkező kénsav tovább roncsolja a vas-szulfidot. A terméskén megjelenését azért nem tapasztalhatjuk a bomló vas-szulfidon, mert a kén nagyon hamar reakcióba lép a levegő alkotóelemeivel.



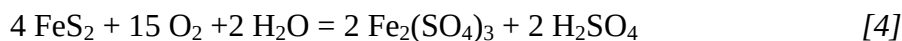
A Fe²⁺ (ferro)ionok Fe³⁺ (ferri)ionokká oxidálódnak a kénsav hatására oxigénes közegben, és végül a vörös színű hematit nevű vas-oxid képződik:



b; Ennél a típusnál jóval több víz van jelen (FeS₂-nek a 2,5-szerese), bomlástermékként goethit és kénsav keletkezik. A keletkező kénsav a már bemutatott módon tovább roncsol.

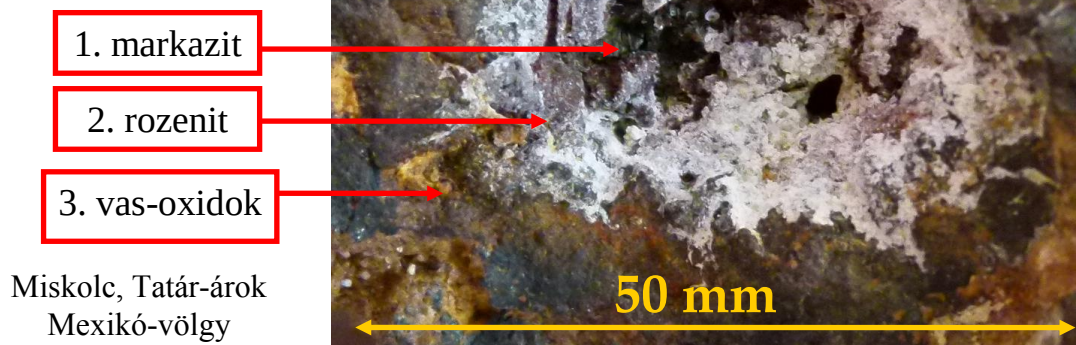


(2) Ként oxidáló baktériumok jelenlétében két lépésben felírható az (a;) jellegű bomlás:



Az oxidáció a bányászattal felszínre került markazitnál és piritnél csapadékosabb időszakokban erősebb (levegő magas vízgőztartalma és a bomlandó vas-szulfid felszínére

4. ábra: belül még bomló markazit, a külső részein már goethitté vagy lepidokrokittá alakulva, a jelenleg bomló részt a fehér rozenit mutatja



hullott esővíz elegendő vizet biztosít a reakcióhoz). A hidegebb időszakokban jelentősebb a szulfátképződés, mivel a hullott csapadék lassabban párolog el (tavasszal és ősszel, de télen a fagyott víz nem reakcióképes). Az oxidáció kezdeti jeleként a vas-szulfid színe vöröses árnyalatú lesz. A bomlás mindig a felszínről befelé terjed, mint a 4. ábrán bemutatott mintán.

A bükki mészkövekben előforduló, bányászattal előkerült vas-oxidok azonban javarészt nem légtérben zajló oxidáció során keletkeztek. A felszín alatt elhelyezkedő mészkövek repedéseiben kivált vas-szulfidokat a felülről beszivárgó csapadékvíz és a karsztvíz is megtámadhatta. A reakcióhoz szükséges oxigént a víz oldott formában szállította. Az efféle bomlás jóval hatékonyabb, mint a felszínen történő bomlás, ezért azok a vas-szulfidok, amelyek kellő ideig vizes közegben voltak, mind elmállottak. A keletkezett vas-oxidok különféle állagúak, vannak köztük jó megtartásúak (kérgék, álalakok) és mállékony töredékhalmazok is.

7. Az átalakulási termékek leggyakoribb megjelenési formái

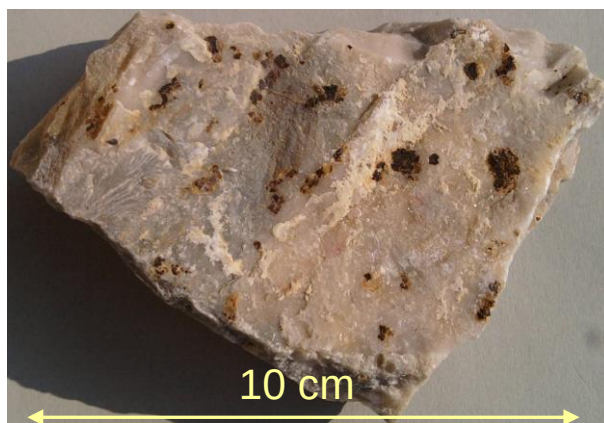
Az átalakulási termékek gyakran, megőrizve a vas-szulfidok eredeti kristályformáját, pszeudomorfózákat (álalakokat) hoztak létre. Ezek már többnyire felismerhetetlenné roncsolódtak, de előfordulnak többé-kevésbé jól megőrződött kristályformák is. Az alábbiakban a feltárásokban előforduló jellegzetes típusok lesznek bemutatva két csoportra bontva.

(1.) a repedések falán nagyrészt elkülönülten, közvetlenül a mészkőre nőtt kristályok és kristályhalmazok, amelyek különféle átalakultsági állapotban vannak.

a; Foltok, szétroncsolódott kristályok nyomai mészkövön

Az előforduló leggyakoribb megjelenési forma, minden feltárásban lehet találni ilyen típusú vas-oxidokat. Színük világos-sárgás-vöröses-rozsdabarna, a foltok mérete általában nem haladja meg az 1 cm-t. A nem túl ritkán jelentkező, négyzet alakú foltok valószínűleg pirit hexaéderek voltak eredetileg.

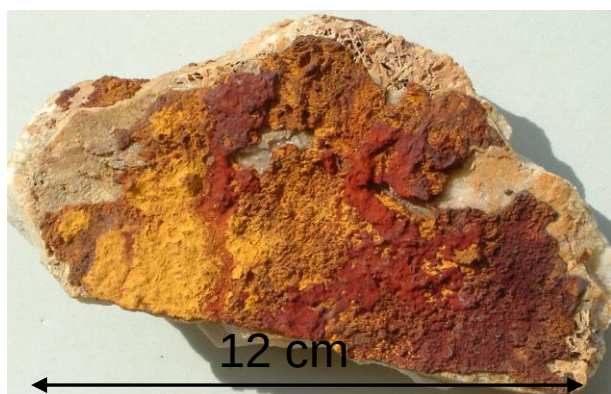
Ezeknél a mintáknál az álalakok már



túlnyomó részt teljesen szétroncsolódtak, de néha még felismerhetünk 1-1 kristálylapot, amiből a kristályformára következtethetünk. Az ilyen típusú minták a vas-oxidos felületek utolsó, megsemmisülés előtti állapota a mészkő repedéseiben.

A bemutatott példány a miskolci tatár-árokai Mexikó-völgyi kőfejtőből származik.

b; Felismerhetetlenné roncsolódott kristályokból álló bekérgezések mészkövön



Az a;) típust követi gyakoriságban, annak egy korábbi változata egyes esetekben. Színben talán ezek a leglátványosabbak. Kristálylapok nem ismerhetők fel rajtuk, nagyon szét vannak roncsolódva. Pár mm vastag, összefüggő kérget alkotnak akár deciméteres nagyságú felületeken is.

A bemutatott példány a bélápátfalvi Bél-kőről származik.

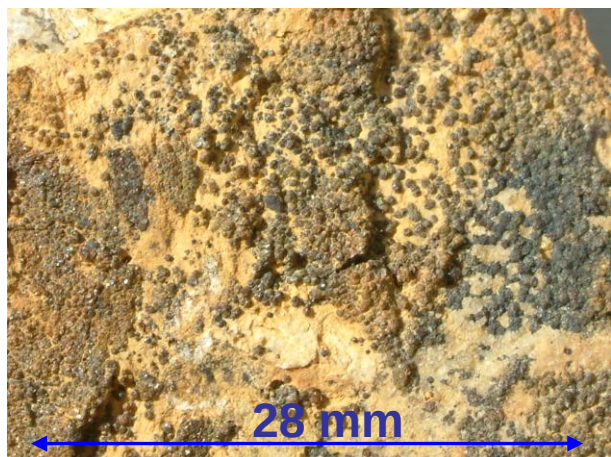
c; Rosszul megőrződött kristályformájú pszeudomorfózák mészkövön

Az előző típusoktól eltérően ez a megjelenési forma már nem sima felületű, hanem dudoros, gömbös-vesés aggregátumokból áll. Általában sárgásbarna színűek, koptatott élű kristályformákkal rendelkeznek. A kristálylapok többnyire nehezen felismerhetők. A feltárások nagy részében megjelennek. Az általam talált példányokon túlnyomó részt dárda-kovand megjelenési formájú markazit utáni átalakokat sejtetnek a még felismerhető kristályformák.



A bemutatott példány a Hór-völgy cserépfalui bejáratánál lévő Perpác-hegyi mészkőbányából származik.

d; Viszonylag jó állapotban megmaradt kristályformájú pszeudomorfózák mészkövön, néha még fémes fényűek



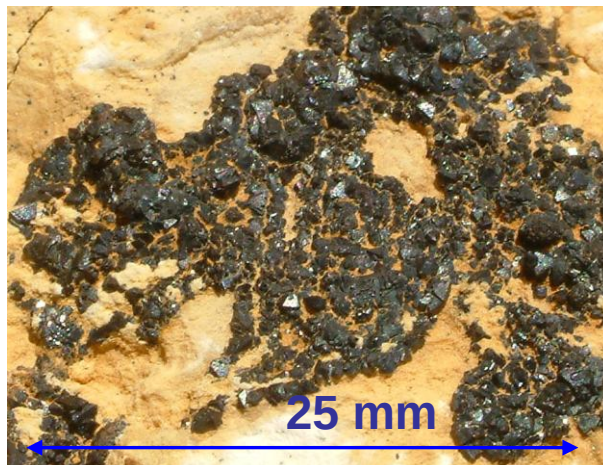
Ennél a típusnál az eredeti vas-szulfidok kristályformája viszonylag jól felismerhető. Az élek gyakran le vannak kerekítve, és a kristályok színe szürke-szürkésbarna. Néha fémes fényük is megmaradt. Szinte minden egyes feltárásban más és más kristályformákban jelentkeznek. Méretük változatos, mm-es kristálykákból álló halmazok 2-3 cm-

es felületeket is boríthatnak be, de akadnak cm-es egykristályok is ilyen megjelenési formával.

A bemutatott példány az egri Kis-Eged-hegy mészkőbányájából származik.

e; Tökéletesen megőrződött kristályformájú pszeudomorfózák mészkövön, fémes fényűek

Ez a típus csak 2-3 feltárássra jellemző (a Miskolc környékiekre). A mállás csak színükben mutatkozik, teljesen ép kristályformájuk van és az eredeti fényüket is megőrizték. A többi típusra jellemző sárgásbarna-barnás lepedék is hiányzik róluk. A lelőhelyeiken is jóval ritkábbaknak mondhatóak a többi típusokhoz képest. A kristályok élei néha meglepően élesek.



A bemutatott példány a miskolci tatár-árokai Mexikó-völgyi kőfejtőből származik.

(2.) a repedésekben vaskos kéreg formájában kivált vas-szulfidokból kialakult vas-oxidos kéreg, a kéreg felületét esetenként pszeudomorfózák borítják. Ezek a kéreg változó vastagságúak, agyagos részekről kerülnek elő. Feltehetőleg a szélesebb repedések mentén alakultak ki, ahonnan fizikai hatásokra felaprózódva letöredeztek, és a repedésekben felhalmozódott agyagba, vörösayagba ágyazódtak. Ilyeneket lehet találni a bányák agyagos meddőhányóin, a bányászattal felnyitott agyagkitöltéses töbrökben.

a; Tömeges vas-oxidos kéreg, felismerhető kristályformák nélkül, agyagból



Gyakran lehet találkozni ilyen kéreggel a bükki feltárásokban. Lehetnek tömörek és belül üregesek is. Kívülről gyakran sárgásbarna lepedékréteg borítja, belül sötétbarna-fémesszürke színűek. Biztonsággal felismerhető pszeudomorfózákat nem tartalmaznak, az esetlegesen felnyíló üregekben is alaktalan vagy gömbös-vesés

halmazok fordulnak elő. Akár 4-5 cm-es vastagságúak is lehetnek, néha össze lehet őket keverni egyes konkréciókkal, amelyek nem bizonyítottan a vas-szulfidok oxidációs

elmállásával keletkeztek. Bár az is előfordulhat, hogy a konkréciók egy része ezeknek a kéregeknek a legömbölyített formájú, lecsiszolódott változata.

A bemutatott példány az egri Kis-Eged-hegy mészkőbányájából származik.

b; Vastag vas-oxidos kéreg jól fejlett kristályokkal agyagból

Ez a típus ritkának számít, mennyiségben alárendelt az a;) típushoz képest. A kéregek kívülről szinte mindig sárgásbarna lepedékréteggel vannak borítva, az átalakok néha nagyméretű, magányos kristályokként, kristályhalmazokként jelennek meg, néha pedig az egész kérget mindkét felületén beborítják mm alatti kristályokkal. A kéreg vastagsága változó, fél centiméterestől 4-5



cm vastagságú mintákat gyűjtöttem. Ezeken fejlődtek ki a legszínesebb, legnagyobb kristálméretű pszeuromorfózák. Klasszikus lelőhelyük a Mexikó-völgyi kőfejtő.

A bemutatott példány a miskolci tatár-árokai Mexikó-völgyi kőfejtőből származik.

8. A vizsgált feltárások terepi dokumentációjának részletezése

A következő tágasabb fejezetben az általam vizsgált feltárásokat veszem sorra az előforduló vasásványok elemzésével.

8.1. Eger, Kis-Eged-hegy, felhagyott mészkőbánya

Két kisebb, erősen benőtt feltárás található a Kis-Eged-hegy északnyugati oldalán, amelyek világosszürke tűzkölencsés mészkövet tárnak fel, a mészkő gyakran márgabetelepüléssel, egyes részekben eocén agyag fordul elő.



5. ábra: (2b) megjelenésű pirit és markazit utáni átalakok, képszélesség: 5cm

A kőfejtőkben nem találtam elmállatlan vas-szulfidokat, viszont ezek utáni pszeuromorfózákat igen. A leggyakoribb előforduló átalakforma pirit után van, mm alatti méretű, (1d) jellegű kristályokat alkot, amelyeknek a kristályformáját kis méretük miatt mikroszkó-

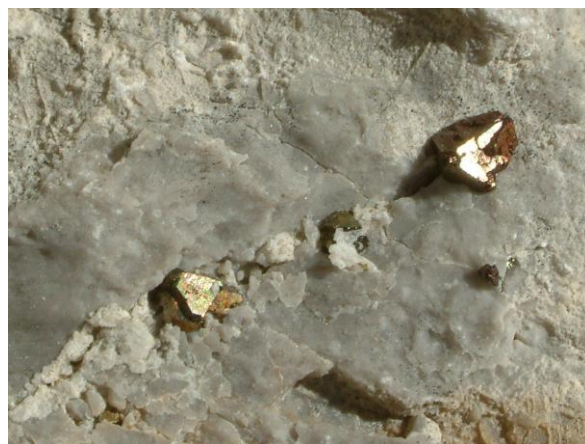
posan kellett meghatározni. Kiderült, hogy hexa-

éderekről van szó, amelyek néha gömbös, lekerekített formában összenőttek. Ritkán mm közeli, jó állapotú kristályokat kézinagyítóval is be lehet azonosítani. A kristálykák akár 2-3 cm-es felületeket is beboríthatnak, de gyakran már csak a kristályok lenyomatait láthatjuk a mészkövön. A vas-szulfid a kalcit után vált ki kialakulásuk során, ugyanis az átalakokat gyakran kalcitkristályokra növe találhatjuk. Az agyagos részokről (2a) megjelenésű, 5-10 centiméteres nagyságú, 1-1,5 cm vastag fémes kéregtörédek kerültek elő, amelyek felismerhető kristályformákkal nem rendelkeznek. Ezeken kívül a (2b) típus is megjelenik ritkán, 2-2,5 cm vastag kéregként, felszínüket 1-2 mm-es piritkockák és dárakovandos markazit utáni átalakok borítják, illetve belőlük felépülő nagyobb gömbös-vesés halmazok. A rozsdabarna átalakok általában sárga lepedékréteggel borítottak **(5. ábra)**. Kissé gömbölyű formájuk miatt összekeverhetőek az agyagos részeken gyakori vas-oxidos konkréciókkal, szulfidokból átalakulásos eredetüket azzal lehet valószínűsíteni, hogy mészkődarabokra települtek. A feltárásokban az (1a), (1b), (1c) típusok is képviselve vannak, az (1b) csak elvétve jelentkezik, a többi gyakori.

8.2. Felsőtárkány, Mész-völgy, felhagyott mészkőbánya

A két szintből álló, enyhén benőtt kőfejtő a Berva-bérc keleti oldalán található. Falán kisebb barlangok nyílnak fel. Szürke mészkövet tár fel, a fedőréteg miocén riolittufa és finomrétegzett tavi kvarcit. A kőfejtő egyike a kristályforma szerint legváltozatosabb vas-szulfid-előfordulásoknak a Bükkben, a legjobb mintapéldányok a HOM gyűjteményében vizsgálhatóak.

A vas-szulfidok elsősorban hintésekként, pecsétékként jelentkeznek, de kristályaggregátumokként, önálló kristályokként is gyakoriak. Elsősorban a markazit vált ki a lelőhelyen, 1-2 mm-es álhatszöges táblás, dárakovandos kristályok formájában, ezekből összeállt aggregátumokban, valamint 3-4 mm-t elérő rombos dipiramisos formában **(6. ábra)**. A markazitkristályok tipikusan vörö-



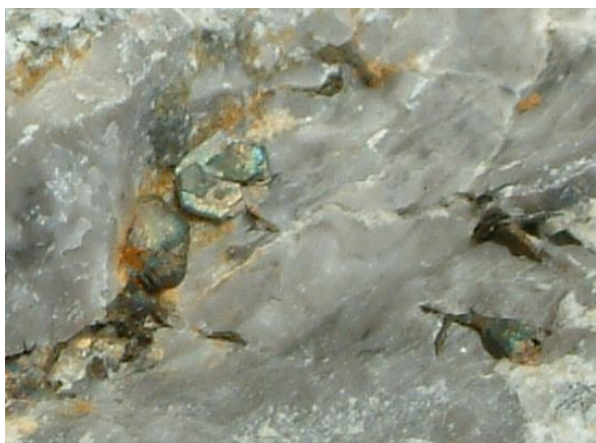
6. ábra: rombos dipiramisos markazitkristályok, képszélesség: 25 mm

seses színűek, ami az oxidáció előrehaladott állapotára utal. A pirit mm körüli, arany színű, gyakran egymásba nőtten megjelenő hexaéderekként fordul elő, a markazithoz képest ritkább megjelenésű. A vas-oxidok változatos megjelenésűek. Átalakok formájában rombos

dipiramisos és dárda-kovand formájú markazit utáni megjelenésben (amelyek néha gömbszerű aggregátumokat alkottak) találkoztam velük a feltárásban. Az (1a), (1b), (1c) megjelenési formák gyakoriak, 3-4 cm-es felületeken jelenhetnek meg. A beazonosított kristályformájú minták (1d) állapotú kristályos felületekről származnak, ez is eléggé gyakori típus. Ritkán pirit hexaéderek utáni átalakok is megjelennek. A felső bányaszint egy részén különösen elterjedtek a (2b) típusú vas-oxidos kéreg, amelyek régebben több dm-es méretben fordultak elő. A 2-3 cm vastag kéreg homorú felszínét gömbös-vesés, legömbölyített élű kristályhalmazok borítják, egy-egy ilyen gömbszerű halmaz akár 2 cm-es nagyságban is előfordult. Tömeges, földes megjelenésű vas-oxidos kéreggel keveredve fordulnak elő, amelyek a fedőrétegek valamelyikéből származhatnak, máshogyan keletkeztek. A (2a) típus is megjelenik ezen a részen. Érdekességként kalcit utáni vas-oxid átalakok is előfordulnak, egy általam gyűjtött darabon kalcit szkalenoéderre települt (1b) típusú vas-oxidos kéreg látszik, ami alól kioldódott a kalcit, de a vas-oxid megőrizte eredeti formáját. A vas-szulfidok valaha mészkődarabokat is összecementálhattak, ugyanis 0,5-1 cm vastag vas-oxid erek futnak a kőzetben gyakran, erősen roncsolt, (1c) típusú kristályokkal a felnyílt felületükön.

8.3. Eger-Felnémet, Berva-völgy, működő mészkőbánya

A nyolc szinten művelt kőfejtő a Berva-bérc nyugati oldalán található. Fő kőzete a szürke mészkő, a fedőréteg miocén agyag és márga. A cseppkőbarlangokkal átjárt mészkőben jelentős vörösgyagos betelepülések vannak, ezt kiterjedt agyagos meddőhányói bizonyítják.



7. ábra: álhatszöges táblás markazit kristályok, képszélesség: 32 mm

Bár a Berva-völgyi és a Mész-völgyi bánya ugyanarra a triász mészkőtömegre települt, a Bervában jóval kevesebb vas-szulfid fordul elő a másik kőfejtőhöz mérve. Az általam gyűjtött mintákon csak markazitot figyeltem meg. A legjellemzőbb kristályforma az álhatszöges tábla volt, ebből 1-3 mm-es kristályok kerültek elő (**7. ábra**). Ennél üdebb, kisebb méretű dárda-kovandos megjelenést is tapasztaltam a feltárásból. Az

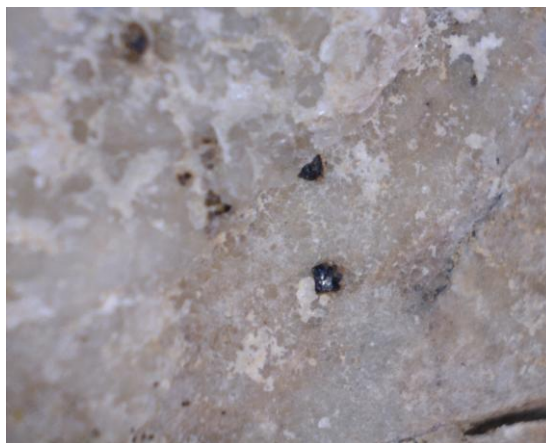
álhatszöges tábláknál a kristályok gyenge fényűek, gyakran vörösbarna vas-oxidos mállástermékkel együtt jelentkeznek. A vas-szulfidokhoz hasonlóan a vas-oxidok is ritkán jelennek meg, elősorban (1a) és (1c) megjelenésben. A fedőrétegekben gyakoriak a vas-

oxidos konkréciók, de ezek más keletkezésűek. Az agyagos meddőből (2a) és (2b) típusok is előkerültek. A kérgek kis vastagságúak (1 cm alatt), rajtuk gömbös-vesés formák és (1d) típusú bonyolult kristálykombinációk is megjelenhetnek.

8.4. Felsőtárkány, Kő-köz, sziklaszoros, régen felhagyott mészkőbánya

A kő-közi sziklaszorost Felsőtárkány határában az Eger-lillafüredi műút vágja két részre. A szürke triász mészkőben jura radiolarit, miocén agyagmárga és homokbetelepülések vannak.

A feltárásban kevés vas-oxid fordul elő a mészkőhöz köthetően, elsősorban (1a), (1b) megjelenésben. Valószínűleg változatosabban fordulnak elő a vas-oxidok, de tanulmányozható közettörmeléből nagyon kevés van a falak aljában. A négyzetes rozsdabarna foltok néha kocka alakra következtetnek, amelyek pirit hexaéderekből alakulhattak át (**8. ábra**).



8. ábra: pirit kocka utáni (1a) típusú átalak, képszerűség: 15 mm

8.5. Cserépfalu, Hór-völgy, Perpác-hegy, felhagyott mészkőbánya

A Hór-völgy legalsó szakaszán, a Suba-lyuk barlanggal szemközti hegyoldalon található, a mészkő gyakran tartalmaz vörösayag-betelepüléseket.



9. ábra: markazit utáni átalak kristályhalmaz (2b) típusú, képszerűség: 77 mm

A feltárásban elmállatlan vas-szulfidokat nem találtam, de átalakjaik nem olyan ritkák. A leggyakoribb megjelenési forma az (1c), az átalakokat szinte minden esetben bevonja a sárgásbarna lepedék. Feltehetőleg markazit rombos dipiramisok és dárdaokovand utáni kristályformákat vettek fel, egyes átalakok a 4-5 mm-t is elérhetik. Ritkábban (1a) típussal és nagyon ritkán (1d) típussal is lehet találkozni. A feltárás egyes részein (2a) és (2b) típusú vas-oxidos kérgek fordulnak elő. Utóbbiak nagyon ritkák, az 1,5-2,5 cm vastag kérgek felszínén néhol gömbös-vesés aggregátumokban mm-es összenőtt markazit utáni átalakokat ismerhetünk fel, a kristályok mm körüliek és tompa élűek (**9. ábra**).

8.6. Miskolc-Tapolca, Vár-hegy, felhagyott mészkőbánya

A tapolcai Vár-hegy középső részét lebányászták, a hatalmas, erősen benőtt bánya-udvart magas bányafalak szegélyezik K-i, Ny-i irányban. Erősen repedezett, breccsás mészkövet tár fel szürke- és vörösgyag betelepülésekkel; hévizes eredetű barlangroncsokkal és lezárt barlangrendszerekkel.

A kőbányában jellegzetes hidrotermális eredetű szulfidelőfordulás tárul fel, egy szürkeagyagos-breccsás részen fordul elő a legtöbb markazit. Szinte mindig dárda-kovandos megjelenésű (**3. ábra**), néha rombos dipiramisos kristályokként található. Hintéseként, fészkekként is előfordul. Önálló kristályai akár az 1 cm-t (**10. ábra**), kristályaggregátumai a 2-3 cm-t is elérhetik. A



10. ábra: markazit dárda-kovandosok mészkő-breccsán, képszelesség: 27 mm.

mészkő felszínén néha szürkés, feketés hintéseként, dendritekként jelenik meg. [6] A pirit nem jelenik meg a feltárásban. A markazit legtöbbször üde, arany színű, néha vörösesre oxidálódott állapotban fordul elő. A markazit néhol kisebb foltokban bomlásnak indult, vörösesbarna, porló halmazokká szétesett kristályok fordulnak elő rozsdás foltokon. A kristályok a bánya legnagyobb részén már elmállottak, az átalakok dominálnak (érdekességként hematitből állnak egyes átalakok). Ezek az (1c) és (1d) megjelenési formákban gyakoriak, felismerhető kristályformáik alapján mind dárda-kovandosak. Az (1a) és (1b) típus mindenhol megjelenik a feltárásban.

8.7. Miskolc-Tapolca, Nagy-Kőmázsa, jelenleg nem művelt mészkőbánya

A hatalmas kiterjedésű, 3 szintes kőbánya a Nagy-Kőmázsa nagy részét elfoglalja, a feltárt mészkő tömör és breccsás megjelenésű, gyakran repedésekkel, kalcittelérekkel átjárt szürke mészkő vörösgyag betelepülésekkel, egy 90 m hosszú zsombolyt is találtak itt.

A Nagy-Kőmázsa a Bükk leghíresebb markazit-lelőhelye, már Koch Sándor művében is említve van. A kristályokat a „c {001}, m {110}, l {011}, e {101} és y {025} formák lapjai határolják, a kristályok táblásak, néha oszloposak. Gyakoriak a 110 szerinti-, ritkábbak a ciklikus ikrek.” [7] A markazit dárda-kovandos megjelenésben és kristályaggregátumokban fordul elő a leggyakrabban 2-3 cm-es felületeken is üde állapotban (**11. ábra**). Hintéseként, fészkekként, erekként, valamint dendrites megjelenésben is előfordul a kőzet felszínén. A



11. ábra: markazit dárdakovandok mészkövön,
képszélesség: 26 mm

markaziton kívül kisebb mennyiségben pirit is előfordul, 1-5 mm-es nagyságú, egymásba nőtt, enyhén torzult hexaéderekként. [8] A vas-szulfidok elsősorban a breccsás kőzetű bányarészekben fordulnak elő, a kristálméretük az 1 cm-t is eléri a HOM gyűjteményi darabjain, de Manapság inkább az 1-3 mm nagyságú kristályok a jellemzőek. A szulfidoknál sokkal gyakrabban jelennek meg átalakjaik

az (1c), (1d) és (1e) megjelenési típusokban. A kristályformák is változatosabbak, bár a pirit utáni átalakok megjelenését nem tapasztaltam, a markazit utániak álhatszöges táblás és érdekes formákat (**20. ábra**) is felvehettek a legalapvetőbb dárdakovand forma mellett. Az (1a) és (1b) típusú megjelenésekkel is találkozhatunk, utóbbival csak ritkán.

8.8. Miskolc, Tatár-árok, Mexikó-völgy, működő mészkőbánya

Három külfejtés található a Tatár-árokban, egy az ÉNy-i oldalon, egy a DK-i oldalon, K-en egy hatalmas kiterjedésű, ötszintes bánya található az árkot övező hegy túloldalán, kb. 300 m magasságban. Kőzete erősen töredezett, kalcittelérekkel átjárt szürke triász mészkő jelentős agyag-, vörösayag betelepülésekkel, lerobbantott barlangokkal, kavicsos fedővel.

Vasásványok tekintetében egyértelműen ez a leggazdagabb és legváltozatosabb bükki lelőhely. A feltárásban a vas-szulfidok agyaggal kitöltött mészkőrepedésekben fordulnak elő. A markazit leggyakrabban hintésekként, erekként, vagy rombos dipiramisos és dárdakovandos kristályformákban jelentkeznek, a kristályok mérete nem haladja meg az 5 mm-t, az aggregátumok mérete az 1-2 cm-t is eléri. Gyakran vöröses színűek, ami a kezdődő oxidációs bomlásra utal. A pirit is megjelenik ritkábban, üde, 0,5-1 mm-es kristályokként (**21. ábra**). A vas-szulfidok mállásának második lépését, a vas-szulfátok keletkezését csak ebben a feltárásban lehet nyomon követni, a melanterit zöld, üvegfényű, morzsalékony bekérgezősekként, a rozenit fehér porszerű halmazokként (**4. ábra**) jelenik meg bomló markaziton időszakosan. A kőfejtő legérdekesebb ásványai a vas-oxidok. Tiszta hematit vörös porszerű halmazokként jelenik meg mészkő felszínén, a többi vas-oxid-előfordulás műszeres vizsgálatokat igényel. Nagyon gyakoriak az (1a), (1b), (1c) típusok, de a jól megőrződött állapotú típusok (1d) és (1e) sem ritkák. Az (1e) típus elsősorban markazit utáni formákban,

legtöbbször dárdakovandokként jelentkeznek. Az agyagos részeken jóval változatosabb képződmények fordulnak elő. A (2a) és (2b) megjelenési forma egyaránt gyakori, vastagságuk pár mm-től 2-4 centiméterig terjed. A (2b)-nál leggyakrabban hexaédres termetű, pirit utáni átalakok nőnek fenn világosbarna, jól kristályosodott kérgen. Az 1-2 mm-es hexaéderek kristályhalmazán nagyméretű, akár 1,5 cm-es kockák is kialakulhattak. Az átalakos kéregdarabok dm-es méretűek is lehetnek. Egyes mintákon az élek meglepően élesek **(12. ábra)**, míg másokon inkább gömbszerűen le vannak kerekítve. Gyakori az is, hogy 1,5-2 cm-es kockákból kristályaggregátumok képződtek. Az aggregátumok mérete 4-5 cm is lehet. Erősen lekoptatott gömbös-vesés aggregátumok is gyakoriak. A kristályok általában világosbarna, vékony lepedékréteggel vannak bevonva (ami nehezen távolítható el), de fémes fényűek is lehetnek. Az átalakos kérgék valaha mészkövön alakultak ki, ugyanis mészkőre nőtt kérgékkel is lehet találkozni ritkán. A pirit hexaéderek néha oszloposan továbbnőttek. [9] A pirit megjelenik még 1-2 mm-es kristályokból álló aggregátumokként, az üde átalakokon hatszöges és négyzetes formájú lapok ismerhetőek fel. A pirites kristályos kérgékben a pirit gyakran markazit dárdakovandok utáni pseudomorfózákkal van összenőve. A markazit önállóan is megjelenhet aggregátumokként, a dárdakovandok max. 1 centiméteresek és az aggregátumaik is kisebbek a piriténél. A dárdák néha erőteljesen megnyúltak, 0,5-1 cm-es hosszúságúra 1-2 mm oldalirányú kiterjedés mellett **(13. ábra)**, ez egy ritkán előforduló, 0,5 cm körüli vastagságú kéregtípusra jellemző. A (2a) típusú kéreg jellemzően cseppköves, szálás megjelenésű, a (2b) típus lehet rozsdabarna színű, fémes fényű, de legtöbbször sárgásbarna, világosbarna lepedékréteg vonja be. A **4. ábrán** bemutatott kéregdarabnál belül még zajlik a bomlás, a frissen sötétbarna törési felületű kérgen belül még markazitroncsok fordulnak elő.



12. ábra: éles élű, üde pirit hexaéder utáni átalakok, képszelesség: 45 mm



13. ábra: érdekes, megnyúlt dárdakovandos markazit utáni átalakok, képszelesség: 21 mm

8.9. Miskolc-Diósgyőr, Fényeskő-völgyi felhagyott mészkőbánya és egyéb feltárások

Az erősen benőtt kis kőfejtő a berekaljai Tölgy-utcából induló patak völgyben található. Legalább 50 éve nem bányásszák, világosszürke repedezett mészkövet tár fel nagyméretű kalcitos üregekkel, erekkel. Diósgyőrben hasonló kőzetet feltáró kisebb, erősen benőtt állapotú mészkőbányák vannak [10], más és más megjelenésű vas-oxidok jellemzőek rájuk.



14. ábra: markazit utáni pszeudomorfózák, képszelesség: 24 mm. Lévai Zsolt gyűjtése.

A feltárásokban vas-szulfidok/szulfátok nem fordulnak elő. A *Fényeskő-völgyi bányában* a vas-oxidoknál az (1a) megjelenési forma a leggyakoribb, de markazit dárda-kovandok utáni alakokként (1c) és (1d) formában is megjelenik (**14. ábra**).



A *Cserje utcában* található kis kőfejtőben pár mm vastag, tenyérnyi felületeket borító (2a) típusú kéreg fordulnak elő, ritkábban a (2b) típus is megjelenik, markazit utáni alakokkal bevonva [10] (**15. ábra**).

15. ábra: (2b) típusú kéreg a Cserje utcai bányából, képszelesség: 35 mm. Lévai Zsolt gyűjtése.

A *Polyánka-völgyi bányában* vaskos, (2a) típusú, kissé földes megjelenésű vas-oxidos kéreg fordulnak elő dm-es méretben.

A *Diósgyőri vár mögött található bányában* nincs lehetőség a vizsgálódásra (vízmű területén van), feltehetőleg itt is az előbbiekhöz hasonló megjelenési formák jelennek meg.

8.10. Szilvásvár, Istállóskő oldal, rekultivált mészkőbánya

Az egyszintes, közepes méretű, megtisztított bányaudvarú mészkőbánya pontos földrajzi megnevezése bizonytalan, a BNPI kiadványában ezt a nevet adták neki. A Szalajka-völgy főjétől DK-i irányban felfelé tartva érhető el a legkönnyebben, az Ugró-kő alatt van a feltárás (Bükk-térképeken fel szokták tüntetni) Szürke, tömör triász mészkövet bányásztak itt, a

mészköben kevés agyagbetelepülés található, a lezárt 120 m hosszú László bányamester barlangjából agyagos hordalékanyagot halmoztak fel meddőhányószerűen.

A feltárás vasásványokban nagyon szegény, kétszeri terepbejárás során is csak pár darabon észleltem (1a) megjelenési formájú vas-oxidokat.

8.11. Bélapátfalva, Bél-kő, felhagyott mészköbánya

A Bél-kő hatalmas, sokszintes bányájában 2002-ben szűnt meg a termelés, a bányaudvart részben megtisztították a közettörmelékektől. A mészkönek a feküjében jura agyagpala és szubvulkáni diabáz található, a feltárás zömét alkotó mészkö repedezett, néhol breccsás jellegű, kalciteres, agyag- és vörösayag betelepüléssel.

A Bél-kőről leírják a vas-szulfidokat, én a kutatásaim során (3 terepbejárás) nem találkoztam velük, de nincsen kizárva elbomolatlan állapotú előfordulások. Az előforduló vas-oxidok nagyon érdekesek, műszeres vizsgálatok is készültek innen gyűjtött mintákról (9-10. fejezetben tárgyalva). Az egyik mintán röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal lett kimutatva lepidokrokrit. Az átalakok lehetnek markazit



16. ábra: Markazit dárda kovand utáni átalak vas-oxidos kérgen, képszelvény: 32 mm

és pirit utániak is, maximum fél cm-es kristályokként, a markazitra a dárda kovandos megjelenés a jellemző, míg a pirit hexaéderekként fordul elő. A hexaéderekes átalakoknál érdemes megemlíteni, hogy az általam vizsgált mintákon porszínvizsgálattal igazoltam, hogy hematitből épülnek fel, bükki átalakoknál szokatlan módon. Állapotuk szerint nagyobbik részük az (1c) típusúhoz kerül, míg kisebbik részük (1d) típusú (**16. ábra**). Vannak olyan átalakos kristályhalmazok, amelyek mikroszkopikus méretű kristályai 1,5 cm átmérőjű gömbös, félig fémes fényű aggregátumokat alkotnak. A feltárásban gyűjthetőek a Bükk legszebb (1b) megjelenési formájú bekérgezései, mindenféle színekben pompáznak (*kép a 11. oldalon*), akár dm-es felületeket is boríthatnak, akár több cm-es vastagságban is. Sok esetben gömbös-vesés megjelenésűek. A bekérgezések kalciton nőve is előfordulnak és kioldódott kalcitkristályok helyén nagyon vékony, irrizáló felületeket alkotnak. Az (1a) megjelenési forma is nagyon gyakori.

9. Vas-oxidok karcolási porának vizsgálata

A vizsgálatokat nagyrészt otthon végeztem el, egy karcolásra alkalmas fémtárgy segítségével. Ez a vizsgálati módszer alkalmas a vas-oxid-hidroxidok (goethit, lepidokrokit) hematittól való elkülönítésére. A hematit vörös, vörösesbarna színű port ad, míg a goethit és a lepidokrokit sárga vagy sárgásbarna színűt. Így ezek az ásványok komolyabb műszeres vizsgálatokat igényelnek a biztos meghatározáshoz. Fotózáshoz elegendő mennyiségű hematitos porért kénytelen voltam nem az általam vizsgált keletkezésű vas-oxidos konkréciókat felhasználni.



17. ábra: vas-oxid-hidroxidok porszíne (balra): a minta a Bél-kőről származik, hematit porszíne (jobbra): a minta a Berva-völgyi mészkőbányából származik

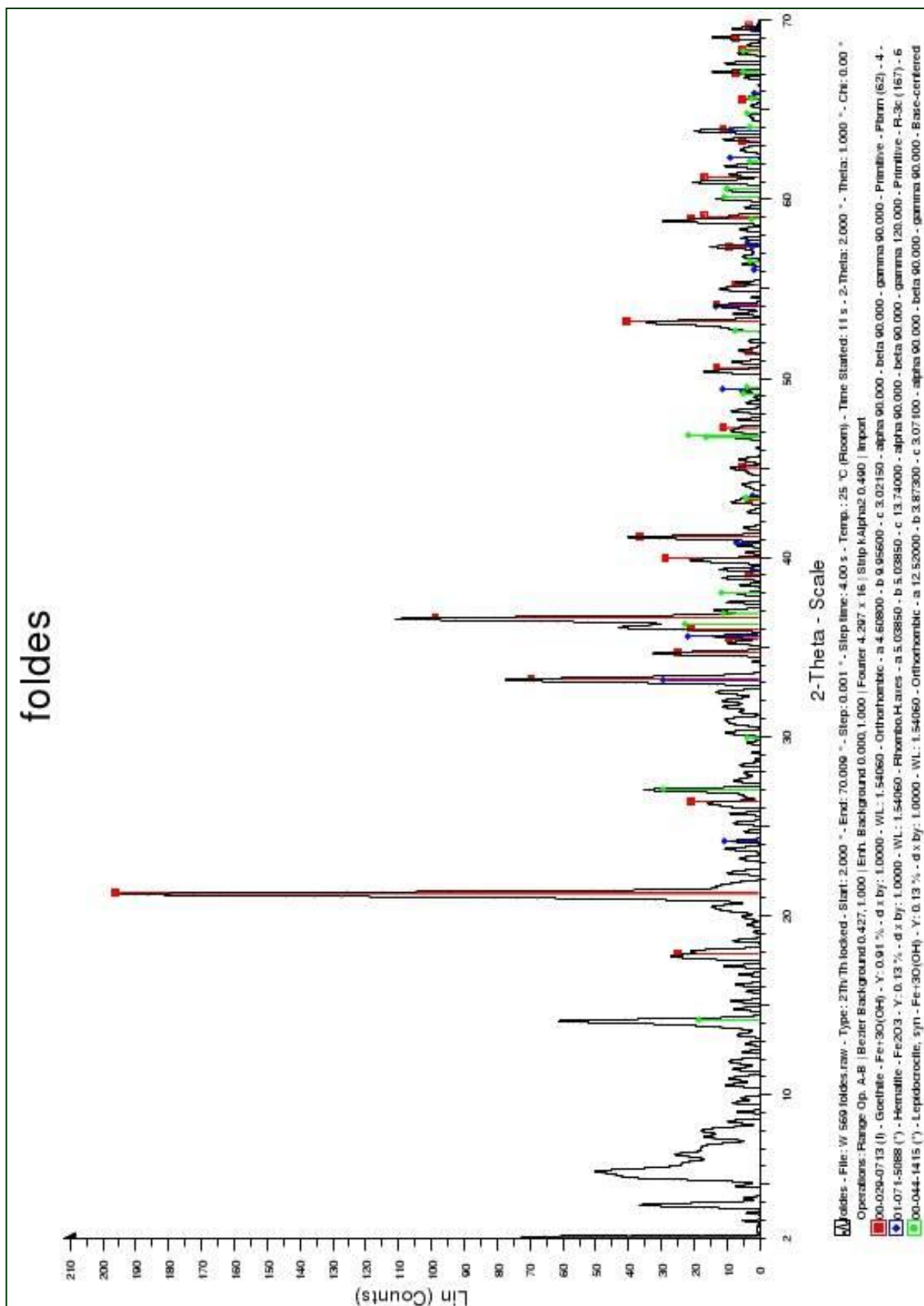
Az általam gyűjtött minták túlnyomó része sárgásbarna porszínt adott. Más vizsgálati



18. ábra: kétfázisú minta, a szegélyeken a sárgásbarna goethit vagy lepidokrokit, belül a vörösesbarna hematit jelentkezik, Kis-Eged-hegyen gyűjtve utáni átalakulással, bekérgeződésként) került elő. Más feltárásokban is előfordul a hematit, de csak alárendelt mennyiségben a goethithez képest és még kisebbrészt mészkövekhez köthető vas-szulfidok bomlásából származó példányokhoz képest. A törési felületén fémes vas-oxidos konkréciók hematitból állnak többnyire, keletkezésük ez agyagban képződött vas-szulfidos gumók bakteriális elmállására vezethető vissza. Egy konkréció belül gyakran 2 fázis is megjelenik. (18. ábra), míg a (2a) és (2b) típusú kérgek általában egy fázisúak.

módszerek eredményeként ez 99% goethitet jelent, ez a gyakoribb vas-oxid-hidroxid, de a lepidokrokit előfordulását nem tudhatjuk kizárni. Látványosabb megjelenésű hematit általam vizsgált típusú vas-oxidos mintákból a Bél-kőről (pirit utáni átalakok alkotója), a Mexikó-völgyi kőfejtőből (vörös porszerű bevonatból), valamint a

Miskolc-tapolcai Vár-hegyről (markazit



19. ábra: Az 5. számú vas-oxidos minta XRD vizsgálatának eredménye: a goethit (piros) mellett hematit (kék) és lepidokrokit (zöld) is ki lett mutatva. A felvétel a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékén készült Kristály Ferenc által

10. Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok értékelése

Öt vas-oxidos mintáról készült XRD felvétel, a vizsgált minták:

1. okkerszínű, világosbarna halmaz, Mexikó-völgyi kőfejtő
2. sötétbarna bekérgezés, Bél-kő
3. sötétbarna aggregátum, Cserépfalu, Perpác-kőfejtő
4. sötétbarna markazit utáni átalakokból álló kéreg, Cserépfalu, Perpác-kőfejtő
5. földes vas-oxidos minta, Bél-kő

Az első 4 mintánál csak goethitet lehet felismerni az XRD felvételen, más vas-oxid nem volt kimutatható belőlük. Az 5. mintán ezekkel ellentétben 3 vas-oxid is megjelenik, a goethiten kívül hematit és lepidokrokit is ki volt mutatható amorf vas-oxidokkal együtt. (19. ábra).

11. A vizsgálataim során tapasztalt kristályformák vas-szulfidokon és átalakokon, kristályrajzokon megjelenítve

Az olyan kristályformákat fogom bemutatni, amelyeket felismertem nagyító és mikroszkóp segítségével. A markazitot ábrázoló kristályrajzokat Goldschmidt Kristályforma-Atlaszából [11] fogom bemutatni, azokat a beazonosított kristályformákat, amelyeket a forrásmunka nem tartalmaz a Tafel 1-10 között, saját készítésű ábrákon próbálom meg bemutatni. (1-3 sorszámúak a legvégén)

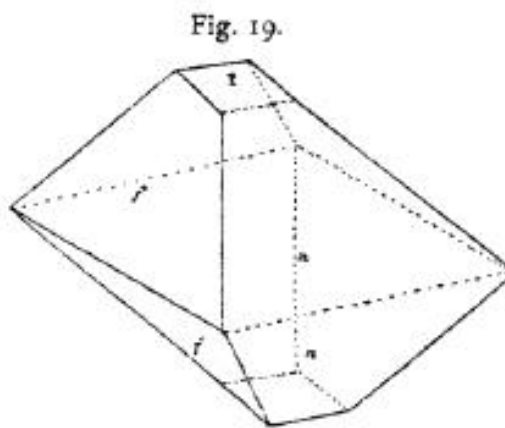
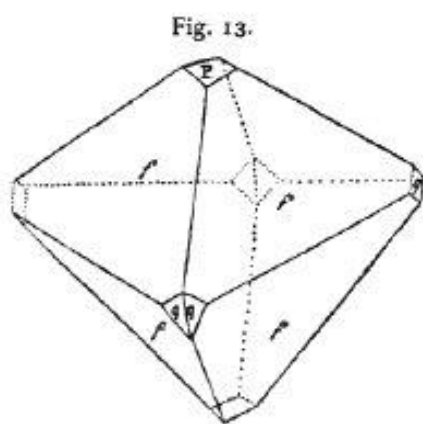


Fig. 21.

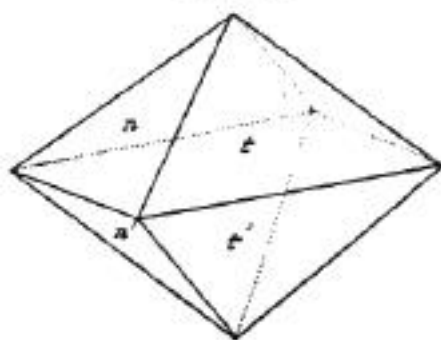


Fig. 22.

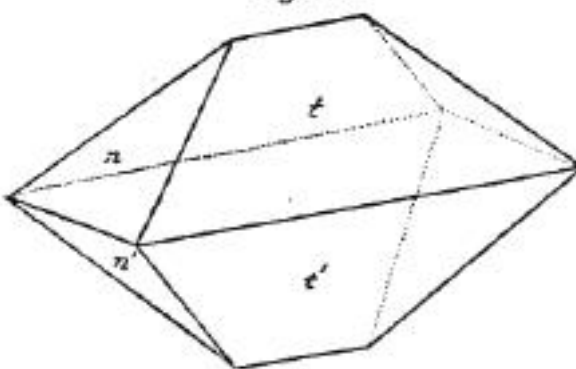


Fig. 25.

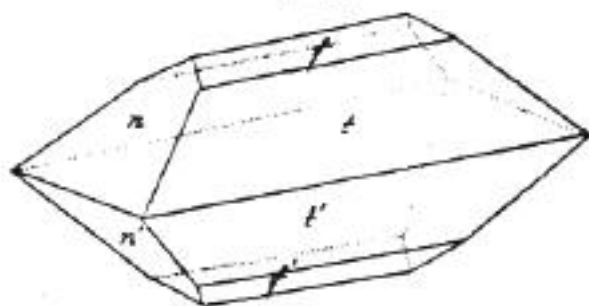


Fig. 71.

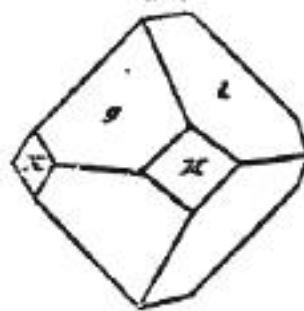


Fig. 77.

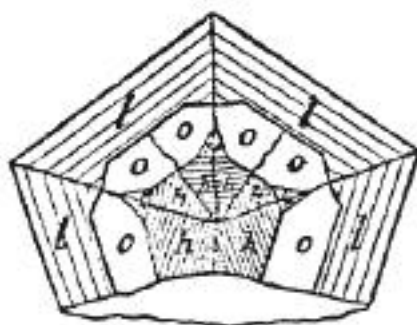


Fig. 86.

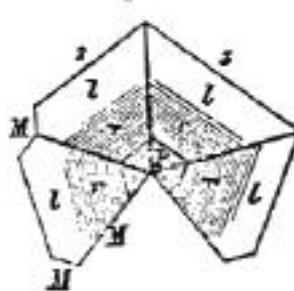


Fig. 75.

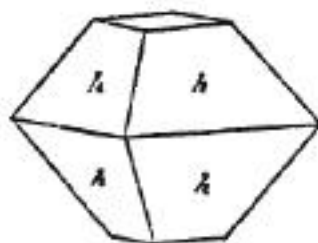


Fig. 92.

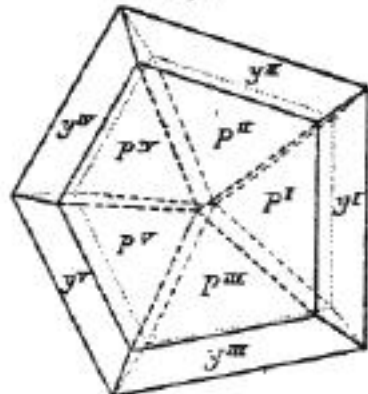


Fig. 113.

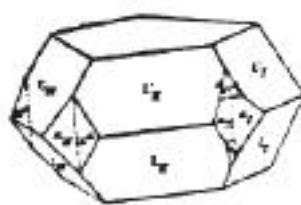


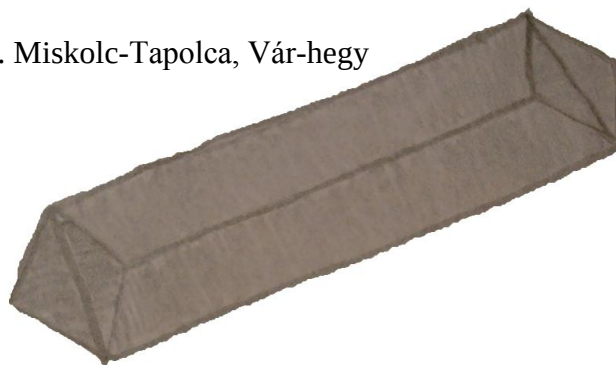
Fig. 140.



Fig. 167.



1. Miskolc-Tapolca, Vár-hegy



3. Nagy-Kőmázsa



2. Felsőtárkány, Mész-völgy



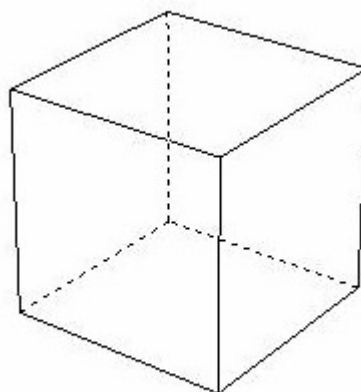
20. ábra: A 3. számú saját készítésű kristályrajz ezen átalakok alapján készült.

Képszélesség: 8 mm
Miskolc-Tapolca, Nagy-Kőmázsa

A felvétel Celestron digitális mikroszkóppal készült.



21. ábra: egymásba nőtt pirit hexaéderek mészkőn, képszélesség 15 mm. A mintát a Mexikó-völgyi kőfejtőben gyűjtöttem



A pirit az esetek túlnyomó részében hexaéderes formában jelenik meg, de nem önálló kristályokként, hanem kristály-

halmazokként, amelyben a kristályok torzultak, összenőttek, néha meg ikresedtek. Álakoknál is a hexaéder formában fordul elő többnyire, de néha nagyon nehezen beazonosítható kristálykombinációkat alkot.

12. Kitekintés az egyéb Magyarországon előforduló triász korú mészkövek vas-szulfid előfordulásaira

Országszerte általánosan elterjedt a vas-szulfid képződés a triász korú mészkövekben. Legtöbbször már vas-oxidokként vagy átalakos formában bukkanhatunk rájuk, néhol a Mexikó-völgyihez hasonló megjelenésben. [12]

Aggteleki-, Rudabányai-hegység: A rudabányai triász korú, metasztatizist szenvedett mészkőben gyakran jelenik meg a markazit, bár a markazit részben magának a metasztatizisnak köszönhetően jött létre.

Cserhát: Egyértelműen vas-szulfidok bomlásából származó vas-oxidok és átalakok fordulnak elő a meszesi Nagy-Somos-hegy kőbányájában.

Cserhát: A csővári Kecskés-völgyi mészkőbányában elmállatlan markazit is előfordul átalakokkal együtt. A keszegi Sinkár-tetői bányában nagyméretű markazit-, piritkristályok, kristályhalmazok jelennek meg átalakjaikkal együtt. A váci Naszály mészkőbányájában is megjelennek a vas-szulfidok és átalakjaik, csak már kisebb méretben.

Gerecse: A csolnoki Kálvária-dombon bomolatlanul és átalakítva pirit és markazit is fordul elő kis méretekben, Dorogon, a Kis-Kőszikla kőbányájában is megjelennek ugyanezek. A tatai Nagy-Keselő-hegy bányájában csak markazit-előfordulásról van tudomásom.

Mecsek: A pécsi Árpád-tető feltárásaiból pirit utáni pszeudomorfózák kerültek elő, amelyek nagyméretű (2b) típusú kérgeken nőttek fenn.

Pilis és Budai-hegység: A budapesti Hárs-hegyen, a Bátor-barlangból kikerült törmelékben pirit és markazit fordul elő átalakjaikkal együtt. A Kis-Sváb-hegy egykori kőbányája híres volt nagyméretű piritkristályairól. A Mátyás- és a Róka-hegy bányáiban is megjelennek a vas-szulfidok és átalakjaik. Piliscsév, Pilisjászfalu és Keszthely mészkőfeltárásaiban is hidrotermális eredetű pirit és markazit képződött.

13. Kutatási eredményeim összefoglalása

- A vizsgált feltárásokban a markazit sokkal gyakrabban jelenik meg, mint a pirit. Az elmállatlan markazit előfordulása a 11 vizsgált feltárásból 6 helyen vehető biztosra, míg a pirit csak 3 feltárásból került elő eddig. Az is megfigyelhető azoknál a feltárásoknál, ahol mindkét vas-szulfid megjelenik, hogy a piritnek mindig alárendeltebb szerep jut, egy lelőhelyén sem találtam 2 példánál többet piritből.
- Az átalakoknál már gyakrabban fordulnak elő pirit utániak (5 feltárás), de a markazit utániak is szinte mindenhol megtalálhatóak (9 feltárás).

Mindezekből arra következtetek, hogy a vizsgált feltárásokban pirit mindig is kisebb mennyiségben képződött a markazitnál, és ami képződött, az javarészt át is alakult. Érdekesképpen a szélesebb repedések mentén kiváló (2b) típusú vas-szulfidos kérgeknél a piritképződés volt jelentősebb, de ez nem általánosítható.

- A markazit és a markazit utáni átalakok változatos kristályformákban jelentkeznek (16 féle kristályformában), míg a pirit és a pirit utáni átalakok legtöbbször hexaéderekként fordulnak elő. (11. fejezet)
- A legjelentősebb vas-szulfid képződés a Bükkfennsíki Mészkő Formáció feltárásaiban történt. Ezek közül is a Miskolc környéki feltárások a leggazdagabbak vas-szulfidokban és átalakjaiban. Azonban vannak más, más formációhoz tartozó, szulfidokban gazdag helyek is (Berva-völgyi kőbánya, Mész-völgyi kőbánya). Tehát

elmondható, hogy a kőzetek eltérő keletkezése kevésbé fontos tényező a vas-szulfidok képződésénél, annál inkább számítanak a kőzetet ért tektonikus hatások (repedzettségért felelősek), a breccsásodás, de a legfontosabb tényező a feltörő forróvízes oldatok jelenléte vagy hiánya, ez szabja meg ugyanis a vas-szulfid képződést.

- A vas-oxidok közül a goethit a leggyakoribb, a hematit ritkábban jelenik meg, de néha lepidokrokit is előfordul.
- A bükki feltárásokban előforduló vas-szulfidok évtizedekig is kibírhadják a gyűjteményekben bomlás nélkül, ami a kénbaktériumok nem túl nagy számára utal, vagyis ezek kevesebb szerepet kaptak a mállás során. Elképzelhető, hogy ezért képződött kevesebb hematit a bükki triász mészkőekben. (6. fejezet) A bomlás lassúságát az is mutatja, hogy mohával, zuzmóval benőtt darabokon is előfordulnak meglehetősen üde markazitok a bükki feltárásokban (pl. Miskolc-Tapolca, Vár-hegy).
- A vas-szulfid képződés nem csak a bükki triász korú mészkőekre jellemző, ez egy teljesen általános folyamat. Annyi jegyezhető meg esetleg, hogy a Bükkön kívüli feltárásoknál gyakrabban jelenik meg a pirit.
- A terepi vizsgálataim segítségével egységes leírást állítottam össze a Bükk triász korú mészkőfeltárásaiban előforduló vas-szulfidokról és bomlástermékeikről. Ilyen még nem készült korábban, bár egyes lelőhelyek jól voltak publikálva (Nagy-Kőmázsa). Néhány feltárásból (Nagy-Kőmázsa, Mexikó-völgy, Vár-hegy, Mész-völgy, Bélkő) ugyan színvonalas anyaggal rendelkezik a HOM Ásványtárának gyűjteménye, de a többi feltárásból kevés mintával rendelkezik vas-szulfidokból és bomlástermékeiből.

14. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a segítségét mindazoknak, akik a munkám elkészítéséhez hozzájárultak. Mindenekelőtt **dr. Szakáll Sándornak**, **dr. Németh Norbertnek** (ME-MFK) és **Fehér Bélának** (HOM), akik szakmai ismeretekkel gazdagítottak, ötleteket adtak a témámhoz, segítségemre voltak a fénymikroszkópos vizsgálatoknál és az irodalomgyűjtésben, **Kristály Ferencnek** (ME-MFK) a röntgen-pordiffrakciós felvételek elkészítéséért, **Fehér Bélának** és **Kereskényi Erikának** a HOM Ásványtárának megtekintését lehetővé tevéséhez. További köszönet illeti **Lévai Zsolt**, **Berentés Ágnes** és **Sánta Gábor** ásványgyűjtőket, akik hasznos információkkal szolgáltak a feltárásokról, illetve a terepbejárásoknál is segítettek.

Irodalomjegyzék

1. Szakáll S., Gatter I., Szendrei G. (2005): A magyarországi ásványfajok, Kőország Kiadó, Budapest
2. Less Gy., Kovács S., Pelikán P., Pentelényi L., Sásdi L. (2005): A Bükk hegység földtana: Magyarázó a Bükk-hegység földtani térképéhez, MÁFI, Budapest
3. A. L. Mular, D. N. Halbe, D. J. Barratt (2002): Mineral processing plant design, practice, and control proceedings, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Inc. (SME), Littleton, Colorado, USA – 232 p.
4. S. Atak et al. (1998): Innovations in Mineral and Coal Processing, A. A. Balkema, P.O. Box 1675, 3000 BR Rotterdam, Netherlands – 437-438 p.
5. U. Schwertmann, R. M. Cornell (2000): Iron oxides in the laboratory: preparation and characterization, WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim, Germany – 14 p.
6. Sánta G. (2011): Markazit Miskolc-Tapolcáról, GEODA, XXI./2., 27-30
7. Koch S. (1966): Magyarország ásványai, Akadémiai Kiadó, Budapest
8. <http://geomania.hu/lelohely.php?lelohely=94>
9. Pósa T. (2003): Novemberi gyűjtés Miskolc mellett, a tatár-völgyi köfajtóban, GEODA, XIII./1., 4-5
10. <http://geomania.hu/lelohelylista.php#regio4>
11. V. Goldschmidt (1920): Atlas der Krystallformen, Tafeln, Band VI., Markasyt – Pyrit, Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg
12. <http://geomania.hu/lelohelylista.php>