

CriticEl

Monográfia sorozat 3.

A Pátka-Szűzvár egykori
fluorit- és ércelőfordulásunk
újraértékelése

Miskolc, 2013

CriticEl
Monográfia sorozat 3.

Sorozat szerkesztő: Földessy János

A Pátka-Szűzvár egykori fluorit- és ércelőfordulásunk újraértékelése

Szerkesztette: Molnár József

A monográfia szerzői (betűrendben): Bokányi Ljudmilla, Bruncszlik Anita, Faitli József, Fehér Béla, Kristály Ferenc, Máдай Ferenc, Máдай Ferenc, Mádainé Üveges Valéria, Magyar Tamás, Molnár József, Ormos Tamás, Sóvágó Gyula, Szakáll Sándor, Tompa Richárd, Varga Terézia Erzsébet és Zajzon Norbert

A címlapon: Fluorit, László-tanya. Képszélesség 2 cm. Gyűjtemény és fotó: Tóth L.

A monográfia a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 jelű projekt részeként, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



This work was carried out as part of the TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV -2012-0005 project in the framework of the New Széchenyi Plan. The realization of this project is supported by the European Union, cofinanced by the European Social Fund.

Kiadó: Milagrossa Kft. – Miskolc, 2014

E-mail: info@milagrossa.hu

A kiadásért felelős: Körtvélyesi Erzsébet

Készült: 2013-ban

© Minden jog fenntartva!

A kiadó írásbeli engedélye nélkül tilos e kiadványt részben, vagy egészben sokszorozítani, vagy más módon rögzíteni és hasznosítani.

ISSN: 2064-3195 ISBN: xxxxxxxxxxxxxxxxx

Tartalom

MOLNÁR JÓZSEF: Bevezetés	5
SÓVÁGÓ GYULA: Előszó helyett.	7
MOLNÁR JÓZSEF ÉS TOMPA RICHÁRD: A fluorit felhasználása és bányászata	11
MÁDAI FERENC: A földtani kutatások története	27
MOLNÁR JÓZSEF ÉS TOMPA RICHÁRD: A velencei-hegységi fluorit- és ércbányászat rövid története: 1. A bányászati műveletek	35
MOLNÁR JÓZSEF: A velencei-hegységi fluorit- és ércbányászat rövid története: 2. A bányászat termékei	63
MÁDAI FERENC: Földtani felépítés és nyersanyagok	85
SZAKÁLL SÁNDOR, FEHÉR BÉLA, KRISTÁLY FERENC ÉS ZAJZON NORBERT: A pátkai Szűzvári-malom fluorit-kvarc-polimetallikus ércesedésének ásványparagenezise	105
ORMOS TAMÁS: A geofizikai kutatások összefoglalása, további lehetőségek felvázolása	139
BOKÁNYI LJUDMILLA, FAITLI JÓZSEF, VARGA TERÉZIA ERZSÉBET, MÁDAINÉ ÜVEGES VALÉRIA, MÁDAI FERENC, BRUNCSZLIK ANITA ÉS MAGYAR TAMÁS: A pátkai-Szűzvári fluoritos meddő eljárástechnikai vizsgálata és előkészítési technológiai koncepciója	149
MOLNÁR JÓZSEF: Összegzés	167
Irodalom	169

BEVEZETÉS

Valamikor, még 1914-ben fluoritot találtak Pátka határában egy kvarctelér felszíni kibúvásában. Hamarosan kiderült, hogy a fluorit mellett különféle (pl. ólom, cink, molibdén, stb.) ércek ásványai is megtalálhatók. Az 1940-es és 1950-es évek fordulóján addig szokatlanul élénk földtani kutatás kezdődött a területen és annak környékén a Velencei-hegység nyugati részén, Lovasberény, Pákozdi, Pátka és a Székesfehérvártól keletre eső szőlők tájékán.

A második világháborút követően a magyar nehézipar intenzív fejlesztése kezdődött el. A fluoritra a vas- és acélgégyártásban, valamint az alumíniumkohászatban volt szükség, mert az olvadáspont csökkentésével energiát tudtak vele megtakarítani. A fluorit mellett talált ércekből előállítható színesfémek alkalmazási lehetőségei és így az egykori fontossága közismert. Ezért a lelőhelyek földtani kutatása és kitermelése fontos és sürgős lett.

A kutatás bányászati üregek, tárok, lejtős aknák hajtásával, kutató árkok, függőleges aknák mélyítésével kezdődött. A kutatás bányászati módszerekkel folyt, mert a magfúrást a kor műszaki színvonala sem a gránitban, sem a fluoritban nem tette lehetővé. A bányászati módszerrel való kutatás egyben azzal járt, hogy mire az ásványvagyon megkutatták, jórészt ki is termelték. Csupán néhány ezertonnányi hasznos ásványi anyagot hagytak benn, mint nem műrevaló készletet. És eközben az akkori szakemberek úgy ítélték meg, hogy 150 méternél nagyobb mélységben a már kitermeltnél gazdagabb ásványvagyon van.

A velencei-hegységi fluorit- és ércbányászat szűk negyedszázad után, 1973 elején befejeződött. A bányász múlt általában hosszú ideig meghatározó marad a települések életében és emlékezetében jóval a bányászat megszűnése után is. Évről évre megünneplik a bányásznapot és Szent Borbála napját, továbbá megemlékeznek a településükön történt bányász-rencsétlenségekről, ha voltak ilyenek, és azok áldozatairól is. Mindezek megmutatkoznak írott anyagaikban, melyek közül manapság talán az internetes honlapjaik a legkönnyebben elérhetők.

A fluorit ma stratégiai fontosságú ásványi nyersanyag.

Kötetünkben a velencei-hegységi fluorit- és ércbányászatról kívánunk megemlékezni. Bemutatjuk a fluorit bányászatát és felhasználását a világban, a pákozdi és a pátkai bányászat történetét, az egykori bányák térbeli modelljét, az ásványosodást, a teleptani viszonyokat, a geofizikai kutatásokat, a fluorit- és ércdúsítás történetét, valamint a meddőből való fluorit kinyerés egyes újabb kísérleti eredményeit.

A velencei hegységi bányák történetével több tanulmány is foglalkozik. Számos mellett ki kell emelni az Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat 25 éves évfordulójára készült

tanulmánykötetet és Sóvágó Gyulának a pátkai bányásatról írt, sajnos csak kevesek számára hozzáférhető munkáját is. A pátkai bányászat történetének több kérdése máig lezáratlan. A jelenlegi monográfia segít a félbe maradt, megszakadt munkák összegzésében, a tanulságok levonásában. És amennyiben a fluorit stratégiai fontossága fennmarad, a munkák folytatásának megalapozásában is.

Miskolc, 2013 decemberében

Molnár József bányamérnök
Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet
a kötet szerkesztője

ELŐSZÓ HELYETT

1967. szeptember 1-én kezdtem meg bányamérnöki pályafutásomat a Velencei-hegységben lévő Pátkán, itt éltem és dolgoztam 1973. február 28-ig.

A gránit magmatizmusához köthető, idős korú Velencei-hegység kis területen fekszik. A hegységben 1949 előtt számottevő bányászat nem volt, azt egy pár falusi kőfejtő művelése jelentette csak, melyek később hasznos támpontokat adtak az 1948-ban megkezdett geológiai kutatásoknak.

A Velencei-hegység kezdeti geológiai kutatása két névhez köthető. Földvári Aladár uránérc kutatás során Pátka-Kőrákáshegyen ércesedésre utaló nyomokat talált, ahol javaslatára 1949-ben kutatóakna aknácska mélyítését kezdték meg a +158 m-es szintről. Jantsky Béla 1949-ben Pákozd-Üveghegyen fluorit előfordulását észlelte. A cseh származású jachimovi geológus ebből arra következtetett, hogy a Velencei-hegységben ólom-cink előfordulásnak is kell lennie.

Egy neves geológusokból és minisztériumi szakemberekből álló bizottság a Velencei-hegységet 1951-ben érchegységnek nyilvánította, és a hegység több pontján is bányászati kutatások megkezdésére adott utasítást (Pákozd-Lászlótanya, Pákozd-Suhogó, Sukoró-Lejtőszakna, Sukoró, Ördöghegy, Sukoró-baritkutató táró, Sukoró-retezi táró, Nadap-Meleghegy, Nadap-kaolintáró). A kutatások először Pákozdon hoztak számottevő eredményt, ahol a felszínen árkolással 160 m hosszúságú, átlagosan 1,8 m széles fluorit telért tártak fel. Az előfordulás mélységbeli megismerésére 1952-ben lejtőszaknát mélyítették. A fluorit kitermelését külszínről indulva talppásztás fejtéssel kezdték meg, melyet a mélyebb szinteken tömedékeléses főtépásztás fejtés váltott fel. A pákozd-i bányauzemben a termelés 1961-ben fejeződött be.

Pátka-Kőrákáshegyen egy kutatóakna mélyült, melynek +126 m-es szintjén egy harántvágat kihajtását kezdték meg. Ez pár méter után galenitben dús, közel 1 m vastag telért harántolt.

A telér mélyebb szinti feltárására 170 m hosszú lejtőszakna mélyítését kezdték meg, amely a +140 m-es és a +76 m-es szintet kötötte össze. Később, 1957-ben a +76 m-es szintről 150 m mély, 5 m átmérőjű vakakna építését kezdték meg. A vakakna a +76 m-es és a -71 m-es szinteket kötötte össze, melyből a +39 m-es, a +7 m-es, a -31 m-es és a -71 m-es szinten hajtottak szintes vágatokat. Az 1949-ben megkezdett kutatóaknát a +106 m-es szintig mélyítették, amely később légaknaként és tömedék leadó aknaként szolgált.

Körakáshegyen a bányának érctermelésre történő előkészítése jóval később, 1962-ben fejeződött be, a feltárt ércvagyon 180 000 tonna volt, 1,23% Pb és 4,82% Zn tartalom mellett. A bányában az ólom a mélység felé haladva fokozatosan csökkent, a cink egyenletes eloszlást mutatott, míg a réz a mélység felé növekedett.

Pátka-Szűzváron a geológusok 1952-ben kezdték meg a felszíni kibúvásban megjelenő kvarctelér részletesebb kutatását. A +154 m-es szintről indított altáró 30 m után 500 m hosszban fluorit telért tárt fel.

1954-ben csak a pákozdi és a két pátkai bánya maradt meg. Pákozdon fluoritot termeltek, a pátkai üzemeket bányaművelésre készítették elő. A szűzvári táróból a tárószint és a +89 m-es szint között fával biztosított bődönszállítási vakakna mélyült. Miután az ércesedés ezen a szinten is jelentkezett, az alsóbb szinteket 120-120 m hosszúságú ereszkékkel kötötték össze (+55 m, +20 m, -15 m). Az alsó szinten csapásirányban még 350 m hosszban tarkaércet tártak fel. 1967 júniusában a költséges szállítási rendszer miatt, amely gazdaságtalanná tette a termelést, a szűzvári altáró bezárásáról döntöttek.

Az ércelőkészítő üzem 1959-ben állították munkába. Az előkészítési technológia víz-igényessége miatt az üzem Szűzváron épült meg, ahol kezdetben a gyengébb minőségű pákozdi fluoritot, a szűzvári táróból kitermelt ólomércet, és 1962-től a körakáshegyi tarkaércet felváltva dúsították, az előkészítő üzem bővítésével egyidejűen. Sajnálatos módon itt ismerkedtem meg a szilikózissal is. A bányászat megindulásakor a dolgozók nem vették komolyan a porveszélyt, nem alkalmazták az akkor már ismert védekezési eljárásokat, emiatt 1953-ban már 4 bányász halálát okozta a szilikózis. Az ehhez kapcsolható halálesetek száma 1973-ban 20 főre növekedett. 1967-től már szigorították a por elleni védekezést, ennek volt köszönhető, hogy 1967-től újabb megbetegedés már nem volt.

A bányában egy éven át voltam üzemmérnök, 1969-ben kaptam meg első, fontos beosztásomat, az ércelőkészítő vezetésével bíztak meg. A flotáló üzemből én voltam a legfiatalabb dolgozó. Elődömtől fegyelmezett, szakképzett, idősebb munkásokat örökölt, akikkel könnyű volt együtt dolgozni.

Ez az év változást hozott magánéletemben is, családot alapítottam, Szűzváron kaptam készenléti lakást. A telepen 1957-1962 között összesen nyolc készenléti lakás épült, ma is valamennyit lakják.

A szűzvári telephely ebben az időszakban inkább tűnt rendezett üdülőhelynek, mint termelő üzemnek. Az üzem környezetét számos díszcserje, díszfa, hársfacsoportok, juharfák, fűzfák, évelő virágok, levendula bokrok ékesítették. A parkot 1959-ben Cserháti József okl. bányamérnök az előkészítő üzem akkori vezetője kezdte meg telepíteni, aki a bánya bezárása

után későbbi munkahelyein is (Fehérvárcsurgó, Kincsesbánya) szakmai munkáján túlmenően a parkosításban is maradandót alkotott.

2013-ra Szűzváron a parkból és az üzemi épületekből semmi sem maradt, kivéve azt a három nagyra nőtt hársfát, amely az egykori szűzvári táró előtt ma is áll.

Pátkán 1972. december 20-án hozták felszínre az utolsó csille ércet, a flotálóban 1973. február 20-án fejeződött be a munka, majd megkezdték annak leszerelését. A flotáló üzem gépeit kilenc vasúti vagonban átszállították Rudabányára, ahol azokkal a továbbiakban rézércet készítettek elő.

Pátkán sok ismerősre, barátra, munkatársra tettem szert, ezek közül három nevet szeretnék kiemelni. A bányaüzemből az ásványgyűjtésről nevezetes Fürtös György aknáaszt és robbantás vezetőt említem, aki a csodás ásványvilág megismerésére vezetett be, sokszor láthattam gazdag ásványgyűjteményét. Sokat köszönhetek Cserhádi Józsefnek, elődömnek, a flotáló üzem korábbi vezetőjének, aki 10 éves ásványelőkészítési tapasztalatát adta át, melyet később jó hatásokkal tudtam hasznosítani Rudabányán is. Pátkán az általános iskola igazgatója volt Szkladányi Károly, helytörténeti kutató, akitől a történelmi múlt tiszteletét örököltém. Kérésére 1973-ban írtam meg a pátkai bányák történetét.

Miskolc, 2013. október

Jó szerencsét!

Sóvágó Gyula
nyugalmazott bányamérnök
az egykori Pátka-Szűzvári dúsítómű főmérnöke

A FLUORIT FELHASZNÁLÁSA ÉS BÁNYÁSZATA

MOLNÁR JÓZSEF¹, TOMPA RICHÁRD²

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet

E-mail: ¹bgtmj@uni-miskolc.hu, ²bgtrr@uni-miskolc.hu

- 1.1. Fluorit fogalma és legfontosabb tulajdonságai
- 1.2. A fluorit alkalmazásának kockázati tényezői, biztonsági megfontolások
- 1.3. A fluorit alkalmazási területei
 - 1.3.1. Optikai eszközök gyártása
 - 1.3.2. Üveg- és kerámiaipar
 - 1.3.3. Műanyagipar
 - 1.3.4. Urán dúsítás
 - 1.3.5. Elektronikai ipar
 - 1.3.6. Petrolkémiai ipar
 - 1.3.7. Vegyipar
- 1.4. A hidrogén-fluorid előállítása fluoritból
- 1.5. A fluorit ásványi nyersanyag minőségi követelményei
- 1.6. Fluorit készletek és termelés a világban
- 1.7. A világ néhány jelentős méretű fluorit bányája
 - 1.7.1. Las Cuevas bánya (Mexikó)
 - 1.7.2. Sumochaganaobao (Sumo) bánya (Kína)
 - 1.7.4. Bor Undur (Bor-Öndör) bánya (Mongólia)
 - 1.7.5. Fluorit bányák Afrika déli részén

A magyarországi fluorit ásványvagyon értékeléséhez áttekintjük a fluorit felhasználásának főbb területeit, valamint a világ fluorit termelését és készleteit. Ugyancsak az értékelés céljából bemutatunk néhány olyan bányát, melyek ma a kereslet kielégítésében meghatározó szerepet játszanak.

Fluorit fogalma és legfontosabb tulajdonságai

A fluorit nevet kétféle értelemben is használjuk. Jelenti egyrészt a kalcium-fluorid (CaF_2) kémiai összetételű ásvány nevét, másrészt a kereskedelembe kapható, túlnyomórészt CaF_2 vegyületet és más (szennyező) komponenseket is tartalmazó anyagok nevét. A minőségi követelményeket a felhasználás tervezett módjának megfelelően választják meg.

A fluorit a latin fluo (folyás) vagy fluere (folyik) szavakból ered, miként magának a fluor kémiai elemnek a neve is (1852). A fluoreszcencia jelenséget egyes fluoritoknál tapasztalták elsőként. A jelenséget az ásvány bizonyos szennyeződései okozták. Később a fogalmat olyan más anyagokra is használni kezdték, melyek hasonló tulajdonságot mutatnak.

A Magyarországon eddig művelt pátkai és pákozdi fluorit bányák ásványvagyont, az

- ércbányászati nyersanyagok, ezen belül a színesfém ércek valamint
- az ásványbányászati nyersanyagok közé sorolták be (ZELENKA 2010).

A fluorit alkalmazásának kockázati tényezői, biztonsági megfontolások

A fluorit a halogenidek között a legstabilabb elem, melynek oka az, hogy a fluorid anion a legkisebb méretű és legkevésbé polarizálható valamennyi anion közül. Ezért a fluorit a legkevésbé illékony ionos vegyület, forráspontja 2513°C (SZAKÁLL S. 2011). Ez a tény alkalmazásának kockázati tényezőit nagymértékben meghatározza.

A kalcium-fluorid vegyület CAS (Chemical Abstract Service) azonosító száma CAS No. 7789-75-5. A fluorit alkalmazásával kapcsolatos legfontosabb kockázati tényezők és biztonsági megfontolások a következők (LAGUNACLAY.COM 2012):

Irritációk:

- szem és bőr irritáció: a fluorit pora szem és bőr irritációt okozhat
- inhaláció: felső légúti irritációt, nehézlégzést okozhat.
- táplálékfelvétel: hányingert okozhat, mely bőséges folyadékbevitellel mérsékelhető

Tűz- és robbanásveszély:

- lobbanáspontja és gyulladási hőmérséklete nincs, nem éghető anyag, így nem is tűz- és öngyulladás veszélyes

- égéstermékai: porának termikus disszociációja kalcium-oxid (CaO) és hidrogén-fluoridot (HF, erősen mérgező füst) képződésével jár
 - robbanásveszély: csak pora kis mértékben robbanásveszélyes nyílt lángra vagy szikrák hatására
 - tűzoltás: a környezettől izoláló légzőkészülékben (self-contained breathing apparatus, SCBA) végezhető oltás, melyet a tűz keletkezésekor haladéktalanul meg kell kezdeni
- A megengedett koncentráció a munkahelyi levegőben: Magyarországon az OEL (Occupational Exposure Limits) és a rövid idejű hatásra vonatkozó STEL (Short Term Exposure Limits) határérték 2,5 mg/m³.

Stabilitás és reakcióképesség:

- normálállapotban stabil
- veszélyes bomlás: 1000 °C-nál magasabb hőmérsékleten nedves levegőben hidrogén-fluorid gáz keletkezhet
- biztonsági szempontból kerülendő állapot: erős savak (pl. forró tömény kénsav, stb.) hatása és 1000°C-nál magasabb hőmérséklet
- veszélyes polimerizáció: nem fordulhat elő
- korrozív hatása: nincs

Toxikológia:

- a szervezetbe jutás útjai: táplálékkal, belégzéssel, szemén és bőrön át
- karcinogén hatása: nincs
- mutagén és teratogén hatása: nem mutatható ki
- akut toxicitás: szilárd anyagként nem toxikus, de pora diffúz fejfájást, hányást, hasmenést, szomjúságot, fokozott nyáleválasztást, albuminuriát és sokkot okozhat
- krónikus hatás: a megengedett koncentráció mellett nincs krónikus hatása.

Magas koncentrációban a bőr, a szemek, a torok és a légutak irritációját okozhatja.

A fluorit alkalmazási területei

Jelenleg a fluorit termelés közel kétharmad részét hidrogén-fluorid (HF) gyártására használják fel, amely a fluor vegyipari előállításához használt, biztonságosan és gazdaságosan tárolható félkész termék. További mintegy a harmadát a hagyományos kohászati célra, kis részét pedig az üveg- és kerámiaiparban használják világszerte (BGS.AC.UK 2012).

A fluort az 1930-as évektől használják CFC (chlorofluorocarbon) előállítására. Jóval később, 1974-ben vették észre, hogy ez a gáz károsítja az ózonszférát. 1987-ben született a Montreali Protokoll a a CFC használatának korlátozásáról, melyet a világ 196 országa

ratifikált. A CFC vegyületek helyettesítésére a légköri ózont kevésbé károsító HCFC-t (hydrogen-containing chlorofluorocarbon-t) kezdtek használni, de az Európai Unió 2010 után ezek gyártását, és a majd az importját is megtiltotta. Aeroszolk és habok (pl. PUR, polisztrén, stb.) hajtógázaként, kondenzációs hűtőgépek hűtőközegeként, erősen szárító hatású tisztítógázként és a tűzoltásban fojtógázként használták.

A vaskohászatban, az acél- és ötvözt acél gyártásban és az öntészetben a fluorit olvadáspont csökkentő, így egyebek között energia megtakarítására alkalmas. A rozsdamentes acélok gyártása a szokásosnál jobb minőségű, nagyobb CaF_2 -tartalmú fluoritot igényel. Az olvadáspont csökkentés mellett további kedvező hatása, hogy acélból foszfort von ki.

A vas- és acélgyártás mellett színesfémek előállítására is használják. Az alumínium-fluorid (AlF_3) és a szintetikus kriolit az alumíniumkohászatban az elektrolízis fontos kelléke (MASANGROUP.COM 2011). Emellett a fém magnézium és kalcium gyártásában is használják, továbbá hegesztőpálca bevonat anyaga is.

A különféle fluor vegyületeket alkalmazási területeinek bemutatására szolgáljon a következő rövid, korántsem teljeskörű felsorolás.

Optikai eszközök gyártása

A fluorit kis diszperziójú fénytörő optikai eszközök előállítására alkalmas. Azt az optikai tulajdonságát használják ki, hogy CaF_2 kristály extinkció állandója az ultraibolya tartományban jóval kisebb, mint a közönséges üvegeké, továbbá hogy a kristályhibáktól mentes, mesterségesen növesztett fluoritból készült lencsék kromatikus aberrációja is sokkal kisebb mértékű. A természetes eredetű fluorit kristályok – kis méretük miatt – kizárólag kisméretű lencsékhez és prizmákhoz, például mikroszkópokban való alkalmazásra feleltek meg. Amióta a kristályait szintetikusán is tudják növeszteni, azóta elterjedtebben használják pl. távcsövekben, műholdak nagy felbontású kameráiban, stb.

A fluorit különösen jól átereszti a 157 nm hullámhosszúságú, az ultraibolya tartományba eső elektromágneses sugarakat. Ezt a tulajdonságát egyrészt a félvezető ipar használja a 157 nm-es sugarakkal való optikai jelátvitelben, másrészt a fluoreszcenciás mikroszkópiában és az ultraibolya tartományú képalkotó rendszerek lencséiben és prizmaiban. A fluorit már az üveg adalékaként is csökkenti a kromatikus aberrációt, de készítenek tisztán fluoritból is optikai elemeket.

A 157 nm hullámhosszúságú ultraibolya sugarak mellett az infravörös tartományban is jó áteresztő, továbbá a reflexiók tényezője is csak igen kismértékben függ a hullámhossztól, ezért egyes laboratóriumi műszerek ablakai is fluoritból készülnek.

Üveg- és kerámiaipar

A fluoritot a kerámiaiparban opálüvegek, üvegkerámiák gyártására használják. Szervetlen fluorid-vegyületeknek (pl. bárium-fluoridnak, stb.) a máz anyaghoz való adagolásával a kerámiaiparban alacsony olvadáspontú áttetsző kerámia mázakat állítanak elő.

Műanyagipar

A fluoropolimerek (PTFW-gyanta, Teflon®) jó hőtürelmésség, kémiaiilag stabil, magas átütési szilárdságú, kis súrlódási tényezőjű műanyagok. Az etilén-tetrafluoretilén (Fluon) üveg helyettesítő anyag, mely olcsóbb az üvegnél, a látható fényt jobban átengedi, és szilárdsága is nagyobb. A magasfokú kémiai stabilitás következtében jó színtartó képességű festékek készítésére is alkalmasak.

Urán dúsítás

A nukleáris energia termésben az uránérc dúsításából nyert uránvegyületet urán-hexafluorid gázzá (UF₆) alakítják, és valamely fizikai eljárással (diffúzió, centrifugálás) választják szét a radioaktív U²³⁵ és a nem radioaktív U²³⁸ izotópokat.

Elektronikai ipar

A NF₃ (nitrogén-trifluorid) vegyületet tisztító gázként alkalmazzák a félvezető- és az LCD képernyő gyártásban.

Petrolkémiai ipar

A kőolaj feldolgozásban az elkilezésben katalizátor anyagként használják (MASANGROUP.COM 2011).

Vegyipar

Alkalmazzák továbbá gyógyszerek, növényvédő szerek és gyomirtók előállítására (MASANGROUP.COM 2011).

A hidrogén-fluorid előállítása fluoritból

A hidrogén-fluoridot (folsavat) a fluorit és kénsav reakciójával állítják elő, melynek termékei a kalcium-szulfát és a hidrogén-fluorid:



Ha a fluorit CaCO₃ szennyeződést tartalmaz, magasabb a gyártás kénsavigénye. A SiO₂ szennyeződés rontja a hidrogén-fluorid kihozatait.

Sztöchiometriai számítások szerint alapján a hidrogén-fluorid gyártás fajlagos kalcium-fluorid igénye 1,9513 kg (CaF₂)/kg (HF).

A világ legjelentősebb hidrogén-fluorid gyártói Kína, az Egyesült Államok, Japán és az Európai Unió (BGS.AC.UK 2012). A GYÁRTÁS ALAPANYAGÁT, A FLUORITOT EGYELŐRE NEM TUDJÁK MÁS ANYAGGAL HELYETTESÍTENI (MASANGROUP.COM 2011).

A fluorit ásványi nyersanyag minőségi követelményei

A folyósav gyártás alapanyagául használt fluoritnak minimális CaF₂-tartalma a világban elterjedt konvenció szerint 97-98 %. A kohászat, valamint az üvegyártás és a kerámia ipar ennél alacsonyabb, de legalább 70-80 % CaF₂-tartalmú fluoritot használ (GLOBEMETALSANDMINING.COM.AU 2013A, MASANGROUP.COM 2011).

A különféle célokra használt fluorit koncentrátumoknak a világkereskedelemben általánosan elfogadott minőségi követelményeire két példát idézünk. Az egyik a kínai Chinastar cég által alkalmazott normatívák (CHINASTARF.COM, 2010A-E), a másik a British Geological Survey (BGS.AC.UK 2012).

A Chinastar cég anyagából idézett normatívák, melyek egyrészt a kínai nemzeti előírások, másrészt a cég saját, a nemzetinél szigorúbb minőségi követelményei, az 1.1-1.4 táblázatokban olvashatók. A követelmények röviden összefoglalva a következők:

- A kohászati célra használt különféle minőségű fluorit (koncentrátum) CaF₂-tartalma a jelenlegi minőségi követelmények szerint 70-98 %, megengedett kén- és foszfortartalma tized- és század százalékos nagyságrendű, SiO₂-tartalma 1,45 % és 27,5 % között változhat.
- A kerámiaiparban alkalmazott fluorit koncentrátum minőségi követelményei a kohászati célúéval gyakorlatilag azonosak.
- A savgyártási fluorit koncentrátum CaF₂-tartalma a jelenlegi minőségi követelmények szerint 95 %-nál magasabb, de a jobb minőségű termékeké meghaladja a 98 %-ot. A megengedett SiO₂- és CaCO₃-tartalom 1 % körüli értékű, a kén- és foszfortartalom század százalékos nagyságrendű lehet.

A British Geological Survey összefoglaló tanulmányában a következő normatívákat közli:

- A kohászati tisztaságú fluorit: minimum 80 % CaF₂-ot tartalmaz, szennyezői maximum 15 % SiO₂, 0,3 % S, 0,5 % Pb,
- a kerámiaipari tisztaságú fluorit minimum 80-96 % CaF₂-ot tartalmaz, szennyezője maximum 0,3 % SiO₂, valamint
- a savgyártási tisztaságú fluorit minimális CaF₂-tartalma 97 %, szennyezői: maximum 1,5 % CaCO₃, 1 % SiO₂, 0,03-0,1 % S, 10-12 ppm As és 100-550 ppm Pb.

minőségi osztály	CaF ₂ tartalom (m%)	megengedett SiO ₂ tartalom (m %)	megengedett kéntartalom (m%)	megengedett foszfor tartalom (m%)
CSF-98	≥98	≤1,45	≤0,05	≤0,02
CSF-97	≥97	≤2,45	≤0,05	≤0,02
CSF-95	≥95	≤4,45	≤0,05	≤0,02
CSF-90	≥90	≤8,95	≤0,06	≤0,03
CSF-85	≥85	≤13,50	≤0,10	≤0,05
CSF-80	≥80	≤18,00	≤0,15	≤0,06
CSF-75	≥75	≤22,80	≤0,15	≤0,06
CSF-70	≥70	≤27,50	≤0,15	≤0,06

1.1. táblázat. A vaskohászati és acélgégyártási, valamint a kerámia- és üveggégyártási finomságú, kohósalak folyósító fluorit kémiai összetételére vonatkozó kínai minőségi követelmények (CHINASTARF.COM 2010A, CHINASTARF.COM 2010B)

minőségi osztály	szemcseeloszlás érték 100 μm-nél (m%)	CaF ₂ tartalom (m %)	megengedett SiO ₂ tartalom (m %)	megengedett CaCO ₃ tartalom (m%)	megengedett kéntartalom (m %)	megengedett foszfortartalom (m %)	megengedett arzéntartalom (m %)
osztályon felüli (top grade)	≥80	≥98	≤0,60	≤0,60	≤0,025	≤0,018	≤0,001
I. osztályú (first grade)	≥80	≥98	≤0,80	≤0,80	-	-	≤0,002
II. osztályú (second grade)	≥80	≥97	≤1,00	≤1,00	-	-	≤0,003
III. osztályú (third grade)	≥80	≥97	≤1,20	≤1,00	-	-	≤0,003
IV. osztályú (fourth grade)	≥80	≥96	≤1,40	≤1,20	-	-	≤0,003
osztályon aluli (substandard grade)	≤80	≥95	≥1,40	≥1,20	-	-	≥0,003

1.2. táblázat. A savgyártási tisztaságú fluorit porok szemcseeloszlására és kémiai összetételére vonatkozó kínai minőségi követelmények (CHINASTARF.COM 2010C)

a termék megnevezése	minimális HF-tartalom (m%)	maximális H ₂ O-tartalom (m%)	maximális SO ₂ tartalom (m%)	maximális H ₂ SO ₄ tartalom (m%)	maximális H ₂ SiF ₆ tartalom (m%)
a GB7746-1997 kínai nemzeti szabvány szerint					
osztályon felüli (Prior Grade Product)	99,95	0,03	0,007	0,005	0,010
I. osztályú (First Class)	99,90	0,06	0,015	0,020	0,020
megfelelő (Qualified)	99,70	0,10	0,030	0,050	0,050
a vállalati szabvány szerint					
különleges minőségű termék (Outstanding products)	99,98	0,01	0,001	0,003	0,006

1.3. táblázat. Az ahydralt hidrogén-fluorid (HF) gáz kémiai összetételére vonatkozó kínai (nemzeti és vállalati) minőségi követelmények (CHINASTARF.COM 2010D)

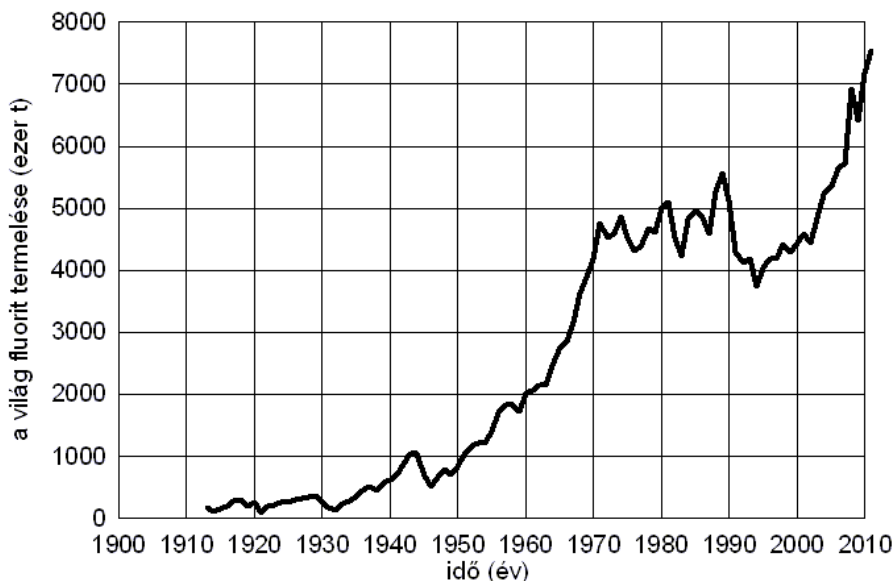
a GB7744-1997 kínai nemzeti szabvány szerint			I. osztályú (HF-40)	I. osztályú (HF-55)	megfelelő (HF-40)	megfelelő (HF-55)
minimális HF tartalom (m%)	40,0		40,0	55,0	40,00	55,00
maximális H ₂ SiF ₆ tartalom (m%)	0,02		0,20	0,50	2,50	5,00
maximális H ₂ SO ₄ tartalom (m%)	0,02		0,05	0,08	1,00	2,00
a vállalati szabvány szerint	(HF-50)	(HF-55)	I. osztályú (HF-50)	I. osztályú (HF-55)	megfelelő (HF-50)	megfelelő (HF-55)
minimális HF tartalom (m%)	50,00	55,00	50,0	55,0	50,00	55,00
maximális H ₂ SiF ₆ tartalom (m%)	0,02	0,10	0,20	0,50	2,00	3,00
maximális H ₂ SO ₄ tartalom (m%)	0,02	0,06	0,05	0,08	1,00	2,00

1.4. táblázat. A folyvas (HF-H₂O) kémiai összetételére vonatkozó kínai (nemzeti és vállalati) minőségi követelmények (CHINASTARF.COM 2010E)

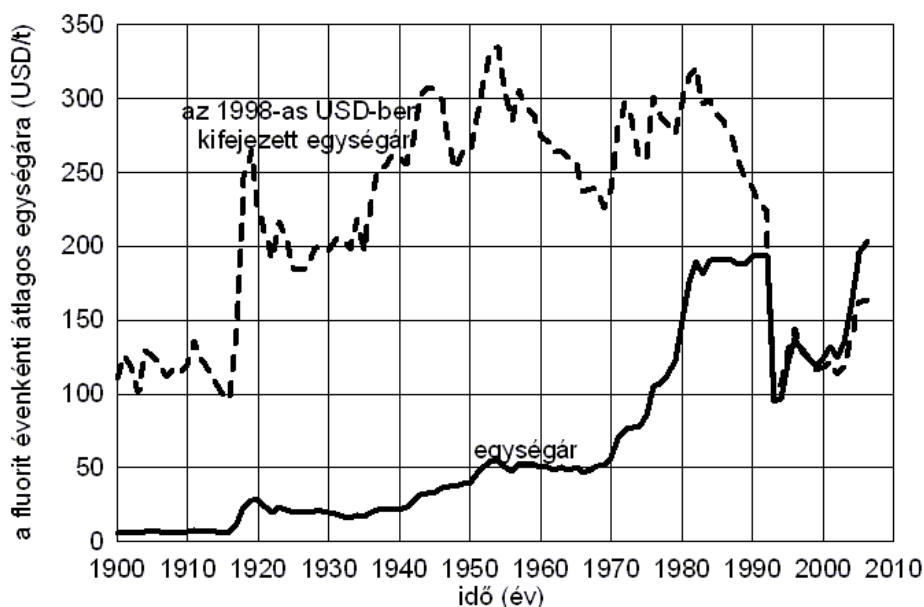
Fluorit készletek és termelés a világban

A világ fluorit termelésének az utóbbi 100 évbéli alakulása az 1.1. ábrán látható USGS-nek az ásványi anyagokról szóló jelentései alapján. A két világháború és az 1929-33-as nagy gazdasági világválság időszakát kivéve a termelés gyakorlatilag szüntelenül növekedett 1970-ig, mintegy évi 4 millió tonnára. Azt követően erősen ingadozva 4-5 millió tonnára, majd 5-6 millió tonnára nőtt az évenkénti termelés. Jelenleg egy néhány éves rövidebb visszaesést követően az utolsó elérhető adatok alapján a világ fluorit termelése évenként 7-7,5 millió tonna (KELLY T.D. & MILLER M.M. 2011), az egy főre jutó fluorit felhasználás a világban hozzávetőlegesen évente 1 kg.

A fluorit évenkénti átlagos egységárának alakulását 1900 óta, USD-ben és 1998-as USD-ben kifejezve az U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey ásványi anyagokról szóló jelentései alapján az 1.2. ábra mutatja (KELLY T.D. & MILLER M.M. 2011). Az ár az 1980-as évek elejéig szüntelenül emelkedett. A legfontosabb fluorittermelő országok és a bányászatuk által 2002 óta évente kitermelt mennyiségek (USGS Mineral Commodity Summaries fluoritról szóló fejezetei alapján) az 1.5. táblázatban olvashatók. Közülük a legjelentősebb termelők az évenkénti termelés csökkenő sorrendjében Kína, Mexikó, Mongólia, Dél-afrikai Köztársaság és Oroszország.



1.1. ábra. A világ fluorit termelése az utóbbi száz évben az U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey ásványi anyagokról szóló jelentései alapján (KELLY T.D. & MILLER M.M. 2011).



1.2. ábra. A fluorit évenkénti átlagos egységárának alakulása 1900 óta, (folyó) USD-ben és 1998-as USD-ben kifejezve, az U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey ásványi anyagokról szóló jelentései alapján (KELLY T.D. & MILLER M.M. 2011).

A világ fluorit termelésének kb. 70 %-át két ország, Kína és Mexikó adja. A forgalom döntő többsége éves szerződések alapján zajlik, a szabad piacon a fluoritnak csak kis része cserél gazdát (MASANGROUP.COM 2011).

A világ becsült fluorit vagyona mintegy 230-240 millió tonna a U.S. Geological Survey Minerals Yearbook fluoritról szóló fejezetei alapján (MILLER M. M. 2002, 2003_{A,B}, 2004_{A,B}, 2005, 2006_{A,B}, 2007_{A,B}, 2008_{A,B}, 2009, 2010_{A,B}, 2011_{A-C}, 2012_{A,B}, 2013_A), melynek országokénti megoszlása az 1.6. táblázatban olvasható (az eredmények összegzése: MOLNÁR J., TOMPA R. 2013).

Figyelemre méltó az a tény, hogy míg az 1.5. táblázatban kiemelt országok termelése az összes termelésnek 90-95 %-a, addig az ugyanezen országok fluorit vagyonának összege az összvagyonnak csak a felét teszi ki. A legjelentősebb ismert fluorit vagyonnal rendelkező országok a vagyon csökkenő sorrendjében Dél-afrikai Köztársaság, Kína, Mexikó és Mongólia.

A fluorit iránti kereslet évi 5,5-7 millió tonna. A keresletet a hagyományos kohászati alkalmazás mellett elsősorban a hűtőközegek, a fluor alapú polimerek, a nagy permeabilitású (pl. szélturbina-, villanymotor-, stb.) permanens mágnesek és lítium akkumulátor elektrolitok (LiPF₆) gyártása gerjesztik (TERTIARYMINERALS.COM 2013).

ország	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Brazília	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	64	64	26	25
Dél-afrikai Köztársaság	240	235	275	240	270	285	316	204	130	240	220
Franciaország	110	105	90	40	40	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Kazahsztán	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	67	67	67	60
Kenya	95	100	108	100	83	82	98	16	44	117	107
Kína	2450	2650	2700	2750	2750	3200	3250	2900	3300	4700	4200
Marokkó	95	75	81	115	95	90	61	75	75	79	75
Mexikó	640	730	808	950	938	933	1060	1040	1070	1207	1200
Mongólia	200	190	295	370	388	380	380	460	420	416	420
Namíbia	86	79	105	127	130	118	109	74	95	80	80
Olaszország	50	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Oroszország	190	170	170	210	210	180	269	240	250	260	150
Spanyolország	130	130	140	150	132	150	149	140	135	124	120
más országok termelése	240	209	290	300	294	270	350	180	290	200	190
összes termelés (kerekítve)	4530	4750	5060	5350	5330	5690	6040	5460	6010	7520	6850

1.5. táblázat. A világ bányászatának fluorit termelése a 2002-2012 idiszakban (ezer tonnában kifejezve), a tárgyévet követi évi korrigált adatokkal (az U. S. Geological Survey ásványi nyersanyagokról szóló Mineral Commodity Summaries fluoritról szóló fejezetei alapján, MOLNÁR J., TOMPA R. 2013). Jelmagyarázat: n. a.: nincs adat

ország	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Brazília	n. a.	n. a.	-	-	-	-	-	-	n. a.	n. a.	1
Dél-afrikai Köztársaság	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Franciaország	10	10	10	10	10	10	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Kazahsztán			n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Kenya	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kína	21	21	21	21	21	21	21	21	24	24	24
Marokkó	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Mexikó	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Mongólia	12	12	12	12	12	12	12	12	12	22	22
Namíbia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Olaszország	6	6	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Oroszország							n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Spanyolország	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
más országok készlete	100	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110
összes készlet (kerekítve)	230	230	240	240	240	240	230	230	230	240	240

1.6. táblázat. A világ fluorit készletei országokként a 2002-2012 időszakban (millió tonnában kifejezve), a tárgyévet követi évi korrigált adatokkal (az U. S. Geological Survey ásványi nyersanyagokról szóló Minerals Yearbook fluoritról szóló fejezetei alapján, MOLNÁR J., TOMPA R. 2013). Jelmagyarázat: n. a.: nincs adat

A világ néhány jelentős méretű fluorit bányája

A továbbiakban a világ néhány nagyobb fluorit bányájáról fellelt információkat foglaljuk össze, hogy azokat össze lehessen vetni a Velencei-hegység egykori fluoritbányaival (MOLNÁR J., TOMPA R. 2013).

Las Cuevas bánya (Mexikó)

Az ország legnagyobb fluorit bányája a Las Cuevas, ami San Luis Potosí városától 51 km-re dél-keletre fekszik. Innen származik a világtermelés 7 %-a (MINDAT.ORG 2012). A világ leggazdagabb fluorit lelőhelye.

A telep hidrotermális-epitermális eredetű, és 73-95 % CaF_2 -tartalmú. A fluorit-tartalmú test hossza 300-800 m, szélessége 50-200 m, magassága 200-500 m. Az ásványi nyersanyagot tartalmazó telér szerkezeti zónában képződött, a képződményt egyik oldalról mészkő-, a másiktól riolit határolja.

A bánya 1957 óta működik, jelenlegi tulajdonosa a világ legnagyobb fluorit termelő cége, a MexichemA mélyműveléses bánya termelése 2008-ban 420 kt kohászati minőségű és 580 kt savgyártási minőségű fluorit koncentrátum volt. Hosszú fűrőlyukas főtépásztá fejtéseket (longhole stoping) alkalmaznak. Az osztószintek szintmagassága 20 méter. Az ásványi anyag testet teljes hosszában 4x4 méter keresztmetszetű vágatokkal készítik elő, melyekre merőlegesen 23 méterenként kihajtott keresztvágatokból alakítják ki a fejtési kamrákat ugyanilyen szelvénnel, majd az anyagot a fővágat felé hátrálva robbantásos jövesztéssel omlasztják főtébe fűrt lyukakkal.

A termelő szinteken LHD gépekkel szállítják az ércet a fejtésekből. Az elmúlt években komoly gépesítésbe fogtak, ami javította a termelékenységet., mint például két 6,1 m³ kanálméretű Atlas Copco ST14 Scooptram homlokrakodó. A két szállítóakna kapacitása 100 t/h és 212 t/h.

A bányaüzem területén két dúsító mű található, amelyek kapacitása 75 t/h és 200 t/h.

2008-ban a napi termelés 4500 tonna volt, amit 2009-től 6000 t/nap-ra emeltek. Három műszakharmadban közel 90 ember dolgozik (CHADWICK (2008)).

Sumochaganaobao (Sumo) bánya (Kína)

A Sumochaganaobao (Sumo) Fluorite Mine Kína legnagyobb fluorit bányája, ami Wulanchabu város külterületén a Belső-Mongólia Autonóm Régió területén helyezkedik el. A bánya a China Shen Zhou vállalat tulajdonában van.

A Sumo fluorit bánya 1970 óta működik, kezdetben külfejtésként, jelenleg pedig mélyművelésként. A művelés jelenleg a 850 m-es és 790 m-es szinten zajlik. A fejtési szinteket

lejtaknákkal közelítik meg. Az ércet magazinfejtésekkel termelik ki, ami 75%-os kihozattal (a fejtési veszteség 25 %) működik, a hígulás mértéke 10 %. Az ásványi anyagot fejtőkálapáccsal jövesztik. A kitermelt anyagot 0,75 m³ és 1 m³ űrtartalmú csillékben a szintes pályákon kézi csillézéssel továbbítják, a lejtős vágatokban kötélzállítással vontatják. A termelés növelése érdekében kísérleteztek más bányászati módszerekkel, például a főteomlasztásos frontfejtéssel (longwall caving).

A fejtési zónában a vizsgálatok szerint 1,523 millió tonna 53,65 % CaF₂-tartalmú nyersanyag található, ami a 150 kt/év termelést alapul véve 10 évre elegendő ásványvagyonot biztosít.

A tervezett termelési kapacitás évi 300 kt, valamint a tervezett feldolgozó kapacitás 200 kt. A 2008 és 2010 közötti időszak eredményeit alapul véve az átlagos termelés 124 kt/év volt, ami alapján a tervezett termelési kapacitást 150 kt/év-re módosították és azt engedélyeztették. A kohászati minőségű darabos nyersanyagot közvetlenül értékesítik, a finomabb savgyártási minőségűt pedig feldolgozzák annak eladása előtt. A minőségi nyersanyag éves feldolgozó kapacitása 50 kt/év. A nyersanyagot a feldolgozó üzemből vasúton szállítják a felhasználási jeéyekre.

Két előkészítőmű működik a bányáüzemben, amelyek kapacitása 200 kt/év. A flotálás után a koncentrátum 97,13 % CaF₂-, 0,73 % SiO₂- és 0,61 % CaCO₃-tartalmú (CHINASZMG. COM 2011).

Bor Undur (Bor-Öndör) bánya (Mongólia)

Mongólia a világ egyik legnagyobb fluorit termelője. Az országban fellelhető gazdaságilag jelentős telepek kialakulása a jura – kora kréta időszakra tehető. Epitermális telér és metasztatikus testek formájában jelenik meg a gazdaságosan kitermelhető fluorit vagyon. Általában 0,5-32 m vastag 100-3400 m hosszú, 20-350 m mélységig terjedő, dőlt telepekről van szó. Az átlagos összetételük: CaF₂ 28-44 %, SiO₂ 40-55 % és CaCO₃ 0,8-2,2 %.

A Bor Undur (Bor-Öndör) bányáüzem Mongólia legnagyobb fluorit bányája. A bányáüzem Khentii tartományban, kb. 310 km-re dél-keletre fekszik Ulánbátortól és mellékvonalon kapcsolódik a Transz-Mongóliai vasúthoz.

A Bor-Undur telep 14 jelentősebb előfordulást tartalmaz. Ezek meredek (65-85°) dőlésűek, 150-2280 m hosszúak, 60-400 m mélységig hatolnak és vastagságuk 2-9 m. Koruk, eltérően az átlagtól alsó-perm savanyú és korai jura – korai kréta bázikus vulkanizmushoz köthető. A feltárt telepek nyersanyag tartalma a becslések szerint 12,2 millió tonna, 5200 t fluorit tartalommal átlagosan 40-50%-os minőséggel.

A bányászat 1982-től zajlik az 1950-es években megtalált telepeken kezdetben egy mongol-szovjet (majd mongol-orosz) vegyesvállalat keretében, 2002 óta a Mongolia Minerals Corp. égisze alatt (BOOKS.GOOGLE.COM 2013).

A bánya termelése 450 kt/év. A savgyártási minőségű koncentrátum termelés (95,5-97,2 % CaF_2) mintegy 140 kt/év, a kohászati minőségűé (75 % CaF_2) pedig 50 kt/év. A termelés 2 mélyművelésű és 3 külfejtéses bányában zajlik, az üzem területén található még egy előkészítő mű, hőerőmű, egy vasúti rakodó és egyéb infrastrukturális egységek. (MONGOLROS. MN 2011)

A kitermelt és feldolgozott anyagot vasúton Oroszországba exportálják.

Fluorit bányák Afrika déli részén

A *Vergenoeg bánya* (Dél-afrikai Köztársaság) hematit-fluorit lelőhelyet művel. A fluorit 28 % CaF_2 -t tartalmaz. A 2009. évi termelés 150 ezer tonna volt, a kihozatal mértéke 70 % (GLOBEMETALSANDMINING.COM.AU 2013A).

Az *Okorusu* lelőhely (Namíbia) egy karbonatit-gyűrűhöz kötődik, CaF_2 -tartalma 30-40 %. A 2008. évi termelés 120 ezer tonna 97 % savgyártási tisztaságú koncentrátum volt.

A Mount Muambe ritkaföldfém-fluorit bánya Mozambik Tete tartományában található. Egy karbonatit-kráterben települt, melynek jelentős mennyiségű ritkaföldfém tartalmát 2011-ben fedezték fel (GLOBEMETALSANDMINING.COM.AU 2013B).

A ritkaföldfém-oxid tartalom 1,5-4 %. Az ércetek oldalirányban és a mélység felé egyaránt nyitottak, a kutató fúrások ércben álltak meg. A fluorit vagy 1,63 millió tonna, CaF_2 tartalma 19 % (310 ezer tonna).

A lelőhely fekvése is kedvező, nem egészen 50 km-re van Tete tartomány központjától és tőle 30 km-re vasút is található.

A FÖLDTANI KUTATÁSOK TÖRTÉNETE

MÁDAI FERENC

Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet

E-mail: askmf@uni-miskolc.hu

A Velencei-hegység földtani kutatása a 19. században szórványos megfigyelésekkel már megkezdődött, de érdemben a 20 század közepétől indult el és ezt a kutatási periódust gyorsan követte a fluoritos és ércbányák megnyitása. A második jelentős kutatási időszak az 1980-as években volt, amikor a MÁFI földtani-ércföldtani (utólagos) előkutatási programja zajlott.

A legelső földtani felvételeket még a bécsi Földtani Intézet geológusaként WINKLER B. (1871), majd INKEY B. (1875) végezték, akik megállapították a gránit és a fillit devon-karbon korát, elkülönítették a fülei konglomerátumot, a polgárdi mészkövet, valamint a kelet-velencei terület vulkanitját, melyet trachytként neveztek el. Fluoritot a területről először SCHAFARZIK F. írt le 1908-ban.

Az első részletes földtani térképezés a hegységről VENDL Aladár (1914) nevéhez fűződik, 1:40 000-es méretarányban. Egyúttal alapos közettani jellemzést adott a gránitról, telérközetekről, andezit típusokról, közet elváltozásokról. Munkája szolgáltatott alapot Jantsky Bélának és Földvári Aladárnak az 1940-es évek végén kezdett nyersanyag-kutatási célú földtani felvételekhez.

A terület földtani, ércteleptani kutatása 1938-tól az 1980-as évekig szinte folyamatosan folyt, bár jól megtervezett, átfogó jellegű komplex nyersanyag-kutatási programot csak 1978-ban kezdeményeztek (CSÁSZÁR et al. 1978). Jantsky a földtani térképezése során felhívta a figyelmet a területen megjelenő baritos, fluoritos, polimetallikus és molibdenites ércesedésekre, a helyenként jelentős mértékű berezites, lisztvenites közetelváltozásokra. Munkája nyomán nyílt ki az 1950-es évek elején a bányászati módszerekkel indított kutatás, mely a nyugati területeken ezekből fejlődött bányákká. CSÁSZÁR et al. (1978) szerint a termelés lényegében kutatásként folyt.

JANTSKY (1960) olvasmányos összefoglalójából kirajzolódik, hogy az 1950-es évek elején a kutatást vezérlő fő szempont az volt, hogy az ország egyik ritka, felszínen lévő gránitos területén érceket találjanak. A fluorit, illetve barit, kaolinit, földpát dúsulások megismerése csak másodrendű kutatási célok voltak.

A hegységben kialakult ércesedéseket egy dúsulási folyamat különféle megjelenésének tekintették és keresték azt a teleptani modellt, ami a legjobban leírja az itt tapasztalt érces előfordulásokat.

Két, alapvetően különböző modell volt elfogadott ekkor: egy gránit magmatizmushoz kötődő, mely reményt táplált arra, hogy a mélyebb szinteken jelentősebb színesérces, ón-, volfrámérces vagyon jelentkezik, illetve egy másik, mely az andezites vulkanizmushoz kapcsolta az ércesedést. Jantsky az első modell alapján a fluorit-polimetallikus ércesedést a gránit magmatizmushoz kötötte, míg az andezit vulkanizmushoz kötődést Földvári Aladár hangoztatta saját, 1947-ben megkezdett nyersanyag-kutatási megfigyelései alapján. A hegységben folyt kutatás mindkettőhöz szolgáltatott támogató bizonyítékokat, ami ellentmondássá tette a helyzetet.

Az, hogy a pákozdi, Kőrakás-hegyi szűzvári bányákban megtalált, helyenként nyersanyagban igen dús telérek hirtelen eltűntek, hidrotermásan erősen bontott zónákkal elnyíródtak, rámutatott arra, hogy az ércképző folyamatok több fázisúak is lehetnek, a hegység szerkezetét több hidrotermális fázis is alakíthatta, mint ahogy azt a későbbi kutatások (HORVÁTH et al. 1983, BENKÓ et al. 2012) is felvetették.

Jantsky szemléletesen mutatta be a kutatás módszertanát, mely a felszíni földtani térképezésre alapozva mélyített árkokkal, majd kisebb méretű kutatóvágatokkal haladt előre. A kezdeti sikerek több esetben biztatóak voltak, mint a Retezi-lejtaknában, a Meleg-hegyen megtalált molibdenites ércesedés, a pákozdi bánya mélyszintjén 4 m szélességűre kiszélesedő fluoritos telére, a szűzvári telér színesérc-tartalma. Viszont ezek a gazdag telérek rövid szakasz után megszakadtak, és sokszor nem volt egyértelmű, hogy merre folytatódnak.

A hegységben több helyszínen párhuzamosan – Szűzvári malom, Kőrakás-hegy, Suhogó, Pákozdi-lejtakna, Nadapi-táró, Retezi-lejtakna – kezdték meg a feltáró kutatásokat, melyeket fúrásos kutatás nem alapozott meg. A megkezdett feltárásokból aztán 1953-ban többet felhagytak, és végül a nyugati gránitos terület (Pákozdi-Pátkai egység) kvarc-fluorit-polimetallikus telérei maradtak csak hosszabb ideig feltárás, művelés alatt. Jantsky könyvében (JANTSKY, 1960) megjegyzi: *”Micsoda könnyelműség volt bányát nyitni egy ötméteres szakaszon megismert vacak ércre. A bányanyitás előtt nem csináltunk se kellő elemzést, se részletes térképezést, se szelvényt, csak egy-kettő, gyerünk, nyissuk meg a bányát.”*

A kevésbé tervezett, telért követő, majd nyomozó kutatási módszer, melyből a termelés is kifejlődött, előre vetítette a bonyolult vágatszerkezet kialakulását. Ugyanakkor a kutatás

tervezettségére enged következtetni, hogy Jantsky az 1950-es évek első felében több alkalommal járt Csehszlovákiában, ahol a Cseh masszívum gránitjában kifejlődött ércesedést (Zinnwald, Krupka), illetve klasszikus vulkanitos ércesedéseket (pl. Selmec) látogatott meg analógiákat keresve a velencei-hegységi ércesedésekhez.

1952-ben megindultak a geofizikai kutatások is, többek között olyan céllal, hogy a telérek mélységi folytatásait ki tudják mutatni. Geofizikai módszerként ekkor mágneses, radiometrikus, gerjesztett potenciál (GP) elektromos és gravitációs méréseket folytattak, melyek általában jól alkalmazhatók a telérek, hidrotermális zónák kimutatására felszín közelben. Az érc kutatáshoz az ELGI Slingram-módszerrel geoelektromos méréseket végzett, kijelölt területeken – Pátka Szűzvár, Kőrakás-hegy, Tompos-hegy, Székesfehérvár keleti határa – Turam-rendszerű részletes felvételeket készített (HONFI et al. 1953). A tapasztalat szerint az elektromos módszerek nem voltak megbízhatóak a telérek, illetve vetőzónák elkülönítésére (JANTSKY 1960).

1954-ben fűrészes kutatások kezdődtek el, de már nem a nyugati, hanem a keleti gránitos területen, melynek eredményeként piritess-kaolinos nyersanyagot tártak fel. A hegység részletes ásvány-kőzettani vizsgálatát ebben az időben KISS János (1954) végezte.

Az 1950-es évek második felében folytatódott a Pátka Kőrakás-hegyi Bánya feltáró kutatási munkája. A lejtősakna talpszintjétől (+76 m Af) 70 m mély vakaknát telepítettek, melyekből a mélyebb szinteket szintes vágatokkal kutatták meg (KREISCHER et al. 1973). 1957-ben mindkét addig ismert telért feltárták a +37 m Af és a + 7 m Af szinteken. 1962-ben az aknát további 90 m-rel mélyítették, melyekből a -31 m Af és -71 m Af szinteket kutatták meg.

Az 1950-es évek végétől a Mecseki Ércbányászati Vállalat az országos hasadóanyag-kutatási program keretében a Velencei-hegységet is vizsgálta komplex földtani-geofizikai és mélyfűrészes módszerekkel. Az általuk végzett komplex földtani-geofizikai mérések ugyan gazdaságos hasadóanyag-előfordulás felkutatására nézve eredménytelenül zárultak, viszont számos értékes adatot szolgáltatottak a terület földtani, nagyszerkezeti felépítéséről: aljzat mélysége, pannóniai képződmények vastagsága.

Az 1960-as és 70-es években a működő bányák körzetében részletes bányaföldtani térképezési munkák folytak az Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat (OÉÁ) részéről (MIKÓ 1964, FÉLEGYHÁZI 1967), a nyersanyagkutatás későbbi fő célterülete viszont a hegység keleti része lett, ahol 1:25 000-es méretarányú térképezés is folyt (GASZTONYI & SZABÓ 1978). Az ipari kutatások mellett ezekben az időkben több új információt eredményező geokémiai, kőzettani jellegű munka jelent meg (BUDA 1981, NAGY 1967, 1969, 1980, EMBEY-ISZTIN

1973, ÓDOR & SZEREDAI 1964, RISCHÁK 1960, 1961, 1964). Utóbbi kifejezetten a bányászattal érintett területen, a Pátka-Szűzvári bánya környékén, a Varga-hegyen és a Kőrakás-hegyen történt talaj- és közetgeokémiai módszerrel végzett kutatásokról számolt be.

1960-ban a Pátka Kőrakás-hegyi bányától 600-800 m-rel délre a felszíni geokémiai kutatás fémion dúsulást mutatott ki (KREITSCHER et al. 1973). Árkolás után egy kaolinitosodott zónában 20-30 cm vastag, kvarcos eret sikerült találni Pb-anomáliával. Ezt a telért 1962-ben a +76 m Af szintről a felszín alatt is megkutatták. Ez a „milonitos telér” egy 10-60 cm vastag zónában 2-40 cm széles tiszta szulfidérces kitöltést tartalmazott: 60 m hosszan sötét szfalerites és galenites fészkekben.

Az 1960-as években a MÉV és az ELGI egyaránt végzett refrakciós szeizmikus méréseket a pala-gránit kontaktus tulajdonságainak jellemzéséhez csekély eredménnyel (SZÉNÁS 1962).

A Pátka Kőrakás-hegyi bányában 1969-70-ben a -70 m Af szinten kutatást folytattak a pala-gránit kontaktuson az ércesedett tektonikus breccsa megismerésére (KREISCHER et al. 1973). A kutatás eredménye kimutatta, hogy a feltárt tektonikus breccsa cementanyaga barnás fekete szfaleritet tartalmaz. Ez felvetette annak lehetőségét, hogy az ércesedés nem korlátozódik a csak gránit tömegre.

A MÉV 1969-ben folytatott komplex légi geofizikai felmérést a hegységben, amely a terület 1:50 000-es léptékű K-, U-, Th-, összgamma radiometriai és totális mágneses térképeit eredményezte. A mérések kimutatták, hogy a mikrogránit telérek gamma intenzitása erősebb, mint a gránité (HORVÁTH et al. 2004), bár ezt már az 50-es években készült földi radiometriai mérések során is tapasztalták (JANTSKY 1960).

Az OÉÁ már 1976-ban javasolta, hogy a kelet-velencei terület peremének perspektíváját fúrásos kutatásokkal tisztázzák. E mellett szólt érvként az is, hogy a Kőrakás-hegyi bányában a gránit-pala kontaktus mélyebb szintű kutatásakor felfedezték, hogy az ércesedés átnyúlik a palába is (KREISCHER et al., 1973).

Annak, hogy a már lezárult bányászat, egyéb epizód-szerű kutatási munkák ellenére végül az 1980-as évek elején egy komplex, központi finanszírozású előkutatási program kezdődött, alapot szolgáltatott a recki mélyszerinti porfíros rézérc előfordulás felfedezése, melyhez hasonló ércesedést feltételeztek a kelet-velencei andezitekhez kapcsolódva is. Másrészt az előkutatási program alapjául szolgált az, hogy a nyugat-velencei terület bányáit igazából nem az ércek kimerülése miatt zárták be, hanem a korábbi bonyolult, korszerűtlen termelési technológiából eredő műszaki, gazdasági problémák miatt (LÁZÁR&FÉLEGYHÁZI 1968). Az előkutatási program fontos célja volt az ércmezők kimutatása, az ismertek pon-

tosítása, a részletes kutatási objektumok kijelölése, a prognosztikus készletek becslése, az ismert, művelt előfordulások mélybeli folytatásának felderítése 400-500 m-es mélységig (CSÁSZÁR et al. 1978).

A MÁFI és ELGI által elvégzett földtani-geofizikai-ércföldtani előkutatási program (HORVÁTH et al. 1987) számos új eredményt hozott a gránit metallogéniai jellemzőiről, az ércképződés koráról (HORVÁTH et al. 1983), valamint a hegységben megjelenő lamprofir telérek összetételéről és koráról. Ekkor a további kutatások szempontjából érdekesnek a hegység keleti részét tekintették, ahol a paleogén vulkanizmushoz kapcsolódó ércesedés nyomai gyakoriak. Bizonyítottan előkerültek lamprofir közettetek: karbonatit telér (beforszit) Sukorótól keletre, valamint moncsikit a pákozdi kőfejtőből. E kőzetek korát a későkrétába sorolták, összekötve őket a Dunántúli-hegységben máshonnan ismert alkáli bázisos-ultrabázisos kőzetekkel (Vál-3, Mány Ny-1, Budakeszi Bkt-1, Budaörs Bö-1 fúrások) (HORVÁTH et al. 1987).

Az előkutatási program eredménye volt a részletes metallogéniai felvétel is, mely két színesfém ércesedésre anomális körzetet mutatott ki: Nadaptól északra a Meleg-hegy és Antónia-hegy területét, valamint Pázmándtól DNy-ra a Zsidó-hegy és Csekés-hegy környékét. Mindkettő a hegység keleti részén fekszik, fluorit kutatás szempontjából az eredménye valószínűleg nem mérvadó.

Az előkutatási program során ugyanakkor újrazivsgálták a granitoidok közettani és geokémiai jellemzőit is. Ennek eredményeként két intrúziós fázis különíthető el: az elsőben képződött a biotitos és porfirós „alapgránit”, valamint aplit és mikrogránit telérek, a másodikban az idősebb és fiatalabb gránitporfir telérek (HORVÁTH et al. 1989). A két fázis elkülönítése geokémiai alapon – ritkaföldfém eloszlási trendek – történt.

Az előkutatási program eredményeként a granitoidokhoz kapcsolódó ércesedéseket a korábbi koncepciókhoz képest (VENDL (1914), JANTSKY (1957): késő-karbon granitoidokhoz, illetve a K-i területen az andezit vulkanizmushoz; FÖLDVÁRI (1948), KASZANITZKY (1959), KISS (1954): egészében a paleogén vulkanizmushoz) több ércesedési fázisba sorolták, figyelembe véve a kimutatott kréta korú magmatizmus lehetséges hatását is. Ennek megfelelően HORVÁTH et al. (1989) a gránit magmatizmus pegmatitos fázisához sorolták a molibdenites ércesedést, a felső-kréta karbonatitos, alkáli ultrabázikus lamprofir magmás testek képződéséhez a polimetallikus és fluoritos ércesedéseket (Pátka, Pákozdi, Nadap), az eocén andezites vulkanizmushoz a polimetallikus és nemesfém-hordozó ércesedéseket. Modelljükben a fluoritot is hozó ércesedést a karbonatitos ultrabázikus magmatizmushoz kapcsolódó modellhez kötik, melyre világszerte több jelentős példa akad (Okurusu, Amba-Dongar).

A regionális földtani kép pontosításához járultak hozzá MÁRTONNÉ SZALAY (1984, 1986) paleomágneses vizsgálatai, melyek eredményeként a Velencei-hegységet paleomágneses szempontból az afrikai kontinens levált részeként lehetett besorolni. Az előkutatási program geofizikai méréseket is tartalmazott: refrakciós-geoelektromos és reflexiós, valamint gerjesztett potenciál (GP) mérések készültek. A részletező GP méréseket érckutató céllal telepített Sukoró-Nadap-Pázmánd térségében, így újabb információt a fluorit bányászattal érintett területről nem adtak.

Az 1990-es évek végén az Enargit Kft. folytatott érckutató tevékenységet a területen, de geokémiai adatokat kizárólag aranyra vizsgáltak (FÖLDESSY 1997).

Az 1990-es évek végén a kutatás folyt cseppfolyós gáztermékek tárolási lehetőségére, melynek során a szűzvári és pákozdi területet vizsgálták fűrészes kutatással (HORVÁTH et al. 2004). Ennek keretében földtani és tektonikai felvétel, vízföldtani térképezés folyt és lemélyült a Szűzvár-1 jelű fűrés, melyben pakkeres kútvizsgálat folyt. Az első kijelölt terület nem hozott kielégítő eredményt, ezért a hegység nyugati részén, egy másik területen sekély-szeizmikus, mágneses és elektromágneses geofizikai profilok, valamint földtani felvételezések készültek. A Pákozdi Pz-1 fűrésben komplex geofizikai mérések is készültek. Ez a kutatás végül eredmény nélkül zárult, viszont a sekély szeizmikus mérési eredmények felhasználhatók a gránitos felszín mélységének kimutatására, a sekély mélységű gránitos kifejlődések elkülönítésére, így akár a fluoritos telérek lefutásának pontosítására is.

Az utóbbi évtizedben jelentős eredményt hoztak MOLNÁR F. és BENKÓ Zs. földtani-ércföldtani kutatásai. E kutatások komplex ásványtani-geokémiai jellegű vizsgálatok eredményeként új megvilágításba helyezték a területen megjelenő ércesedések korát. BENKÓ (2008) doktori munkájában közölt kutatási eredményei alapján a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek koraként felső-triász (227-213 Ma) határozott meg. Eredményeit részletesebben az 5. fejezetben foglaljuk össze. Ez az eredmény újszerű ércföldtani, nagyszerkezeti értelmezésbe helyezi a kvarc-fluorit-polimetallikus ércesedést. Míg korábban az ércesedést a gránit képződéséhez (VENDL, 1914; JANTSKY 1957), vagy a paleogén andezites vulkanizmushoz (FÖLDVÁRI 1948, KASZANITZKY 1959, KISS; 1954), illetve felső-kréta korú telérközöttekhez (HORVÁTH et al. 1989) kötötték, addig BENKÓ (2008) szerint a fluoritos-polimetallikus ércesedés a dél-alpi régióban ismert, triász korú MVT típusú Pb-Zn ércesedésekkel (Bleiberg-Krauth, Mezica, Salafossa, Raibl, Gorno, Auronzo, Lafatsch) lehet egykorú.

Az utóbbi majdnem 70 év kutatási és bányászati munkái alapján megállapítható, hogy a megismert fluoritos lelőhelyeket vagy teljesen letermelték (Pákozdi Fluoritbánya), vagy 170

m-es mélységben hozzáférhető, gazdaságtalan kitermelés miatt hátrahagyott ásványvagyon maradt meg (Pátka-Szűzvári akna).

Kutatásra érdemes terület lehet a László-tanya környékén, valamint annak északi folytatásában felszínen ismert, árkolással megkutatott fluoritos telérek mélybeni folytatása, ezen a területen a fiatal üledékekkel fedett telérek kimutatása korszerű geofizikai módszerekkel. Figyelembe véve ugyanakkor a szűzvári és a pákozdi bányákban feltárt fluoritos erek szélességét, fúrásos kutatás eredményessége kétséges lehet. A jövőben irányított fúrások, szelektív kitermelési módszerek, új technológiák (pl. lézeres fúrás) alkalmazása elterjedése, alkalmazása növelheti ilyen kutatások megvalósíthatóságát.

Komplex hasznosítás lehetőségét figyelembe véve a gránit-pala határ környezetében megismert ércesedés további kutatása is figyelembe vehető.

A VELENCEI-HEGYSÉGI FLUORIT- ÉS ÉRCBÁNYÁSZAT RÖVID TÖRTÉNETE: 1. A BÁNYÁSZATI MŰVELETEK

MOLNÁR JÓZSEF¹, TOMPA RICHÁRD²

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet

E-mail: ¹bgtmj@uni-miskolc.hu, ²bgtrr@uni-miskolc.hu

A velencei-hegységi fluorit- és érckutató szervezeti keretei

A bányák kialakulása

A bányák működésének időszakai

A bányák műszaki adottságai

Feltárás

Vágathajtás

Fejtés

Bányabeli szállítás

Külszíni termékszállítás

Energiaellátás

Bányaszellőztetés, porvédelem

Vízmentesítés

A bányák feltáró rendszereinek geometriai modellje

Ebben a fejezetben áttekintjük a pátkai és a pákozdi fluorit- és színesfém érc bányászat rövid történetét, az egykor működött bányák bányaműveleteit és bányaműszaki jellemzőit. Ugyancsak összegyűjtöttünk és bemutatunk számos fényképfelvételt is a bányászat történetéből.

A velencei-hegységi fluorit- és érc kutatás szervezeti keretei

A Velencei-hegység nyugati részén a fluoritot és a baritot 1914-ben találták meg kvarc-terlérek felszíni kibúvásaiban. A magyar ásványtani szakirodalom azóta is hivatkozik erre a felfedezésre, és néhány nagyon szép, a felszíni kibúváásokban fellelhető ásvány lelőhelyről az ásványgyűjtők szakirodalma is tájékoztat (GEOMÁNIA – MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNYLELŐHELYEK 2013A, GEOMÁNIA – MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNYLELŐHELYEK 2013B és ZELENKÁ 2010).

A II. világháborút követően az ország több helyén is uránérc kutatásba kezdtek, melynek folyamán (1948-ban) szintén fluoritot és a baritot találtak a hegység nyugati részein, továbbá sok, de nem művelhető molibdenites kvarc-teret, és a mélyebb szinteken feltárt, helyenként igen dús ólom-cinkércet is kimutattak.

A terület megkutatását 1949 végén a *Vegyesásványbányászati Vállalat* (VbV) vette át – fluorit reményében – de 32 m-es kutatóaknájával galenit-szfalerit tartalmú télért talált. A kutatás irányítását 1951-ben átvette az *Ércfeltáró Vállalat* (ÉFV), és két üzemvezető-séget létesített ott. A legtöbb kutatást – a Pátka-Pákozdi-Sukoró-Nadap-Pázmánd területen szétforgácsolva az erőket – 1952-ben kezdték egyidejűleg nyolc különböző helyen aknácskával, lejtaknával, táróval és azokból hajtott csapásvágatokkal (KUN 1989.). A hegység keleti területéről néhány kutató fúrásból nyert eredményre hivatkozva megállapították (HORVÁTH-BALLÁNÉ-DARIDÁNÉ-ÓDOR (ÖSSZEÁLLÍTÓK) 1983), hogy bár ércesedés, sőt néhány kifejezetten figyelemre méltó ércásvány dúsulás ott is kimutatható, fluoritra ott nem lehet számítani.

A Pátka-szűzvári bánya megnyitásának évétől, 1951-től 1954. március 31-ig a Velencei Bánya Vállalat kezelésébe tartozott. 1954. április 1-jén vette kezelésébe az Ércbányászati Feltáró Vállalat, illetve iparági átszervezések során ennek jogutódai nevezetesen 1963. évben az Érc- és Ásványbányászati Kutató Vállalat, majd 1964. évtől kezdődően az Érc- és Ásványbányászati Kutató Szolgálat. A bányabezárás évében, 1967. évben a Pátka-szűzvári bánya az Érc- és Ásványbányászati Kutató Szolgálat pátkai üzemvezetőségének szervezetébe tartozott. Ugyanebbe a szervezetbe tartozott a Pátka-lejtőszakna bánya, a Pátka-szűzvári ércelőkészítőmű, valamint a dunántúli homokkutatásokat végző fúró csoport (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B, ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968)

A bányák kialakulása

A szóban forgó ásványi anyagok kutatásához a hagyományos kutató árkok és kutató aknák, valamint a felszíni geokémiai kutatás alkalmazása mellett magától értetődően bányászati módszerrel fogtak, annak költséges volta ellenére. Ugyanis az 1940-es és 1950-es évek fordulóján a mélyfúrásos kutatás szóba sem jöhetett. Egyrészt az akkori fúrási technika nem tette lehetővé a megfelelő sebességű fúrást az igen nagy forgácsolási ellenállású gránitban. Másrészt a kevésbé szilárd kovás kőzetekben a fúró rudazat jelentős mértékű kopása okozott gondot, különösen az irányított ferde fúrásoknál. Harmadrészt a jóval kisebb szilárdságú fluoritból nem tudtak magmintát venni, mert a minták a magszedéskor összetörtek, sőt homokszerűen szétestek, és így hasznavehetetlenekké váltak (SÓVÁGÓ 1981).

A bányabeli kutatás alkalmazása bizonyos további előnyökkel és hátrányokkal egyaránt is jár, egyebek között a következőkkel:

- A kezdetben a kutatás céljait szolgáló bányatérsegeket a külszínről kiindulva kezdik kialakítani az ásványosodást követve, és így azok bonyolult szerkezetű, a térben szeszélyesen változó minőségű lelőhelyekről is megbízható eredményekkel szolgálnak a lelőhelyekről.

- A kutató bányatérsegek viszonylag nagy szelvénye lehetővé teszi, hogy a homlokon és az üregek hossz tengelyében egyaránt szemrevételezzék a szálban álló vizsgálandó ásványi anyagot. Ez a lehetőség mindenképpen megbízhatóbb, mintha csak magminták állnának rendelkezésre a kutatáshoz, továbbá lehetőséget ad a laboratóriumi vizsgálatra szánt minták megtekintés utáni helyszíni vételéhez.

- Az aknákat, gurítókat, lejtaknákat, ereszkéket és szintes vágatokat egyúttal a feltárásban és esetenként a fejteselőkészítésben is fel lehetett használni.

- Az ércben kihajtott kutatóvágatok, elsősorban a teléreket követő gurítók és szintes csapásvágatok már a kutatás során produktív bányászati műveletek, melyek részben fedezhetik a kutatás költségeit.

- Hátrányként jelentkezhet, hogy a kutatás céljainak megfelelően kialakuló feltáró rendszer a bányászat céljaira nem feltétlenül optimális.

1. A légvezetés általában nem a legmegfelelőbb. De az ércbányászatban szokásos kisebb légmennyiségek rendszerint nem okoznak problémát, sőt kis mélység és az üregrendszer kis kiterjedése esetén néha a természetes depresszió is megfelelő mértékű légmennyiséget biztosít.

2. A kanyargó szintes csapásvágatokban a termékszállításra a szalag- és a kötélzállítási mód nem alkalmas. Rövid vágatokban a mozdonyszállítási vonalak kiépítése sem gazdaságos, csak kézi csillézésre van mód. Következésképpen a szintek között is csillészállítást kell kialakítani, kötélvontatással. Az ereszkék a kis szintmagasságok és a bánya kis horizontális

kiterjedése esetén rövidek, és iránytöréseket kell bennük kialakítani. Így a mélység növekedésével a bánya szállító rendszere is széttagolt, bonyolult és kis kapacitású.

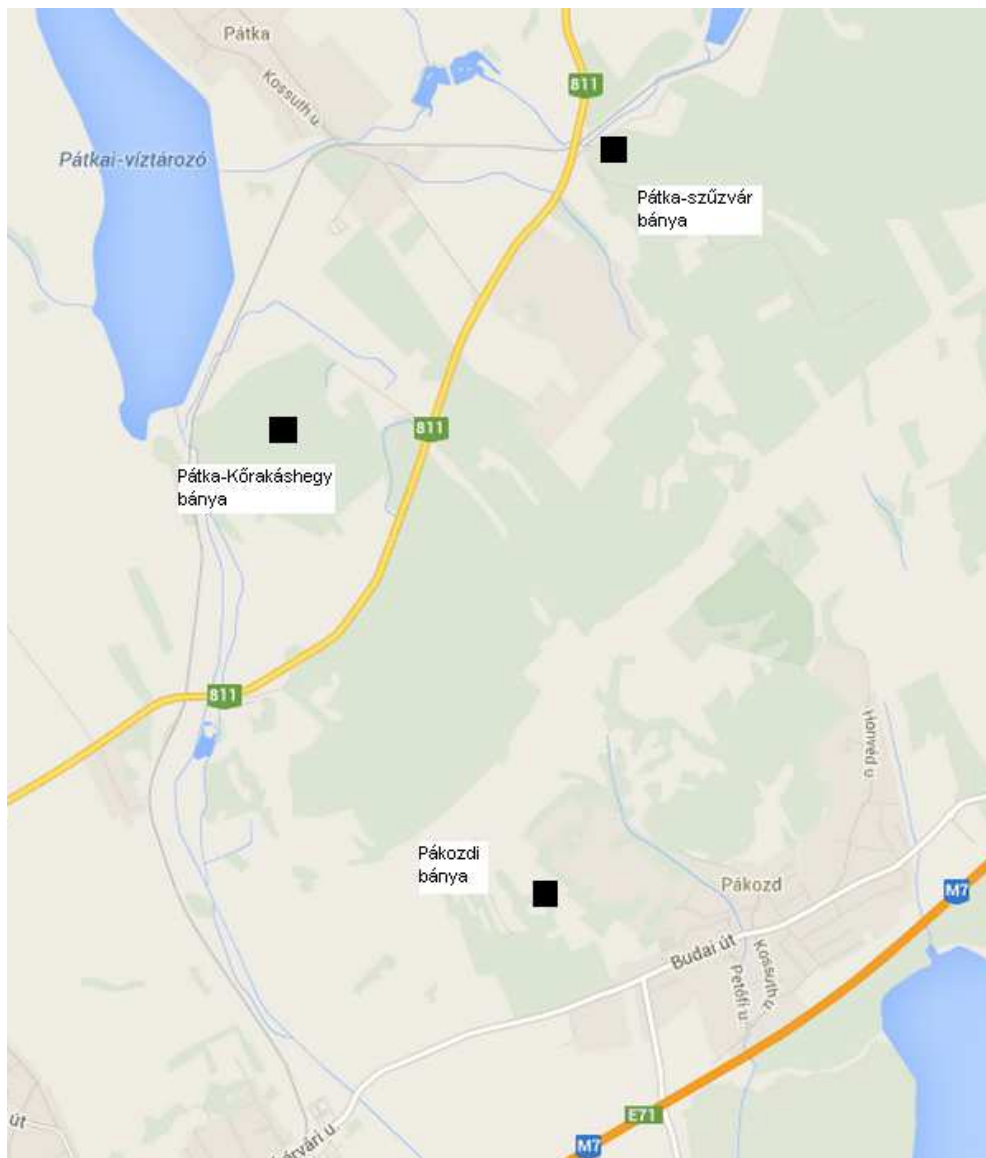
A szerteágazó földtani kutatás Pátkától keletre-délkeletre a szűzvári területen bizonyult a leginkább reményt keltőnek. De biztató eredmények mutatkoztak Pákozdi határában a településtől északnyugatra a Tompos-hegyen, sőt Pátkától délre a víztározó melletti Kőrakás-hegyen is. Ez utóbbin elsősorban ólmot és cinket tartalmazó színesfém ércet találtak. Ezen a három helyen alakult ki bányászat.

1. Szűzváron tárót és vakaknát,
2. Kőrakáshegyen lejtősaknát és vakaknát mélyítették az ásványvagyon megismerése végett, valamint
3. Pákozdon a telér kibúvását külszíni módszerrel termelték ki, majd tárót hajtottak, és a mélyebb szintű ásványvagyon felkutatására és kitermelésére vakaknát mélyítettek.

A Pátkához közelebbi lelőhelyeken nyitott bányák lettek a Pátkai Bányauzem két aknája, a Pátka-szűzvári és a Pátka-lejtősakna bánya. Ennek a bányauzemnek lett része a bányászat kezdetétől tervezett, de csak 1959-ben üzembe helyezett Pátka-szűzvári ércelőkészítő mű is, mely a pátka-szűzvári táró szájánál létesült. Ebben az előkészítő műben a pátkai és a pákozdi bányákban termelt gyengébb minőségű fluoritot valamint az ólom- és cinktartalmú tarkaércet dúsították. A Pákozdi határában létesült üzem külön egység lett, Pákozdi Fluoritbánya néven.

A Pátka-szűzvári bánya és az előkészítőmű is a Pátkával szomszédos Lovasberény község külterületéhez tartozik, a létesítésükkor is oda tartoztak. Miként az előkészítőmű két meddőhányója, a körgátas és a fenyves-völgyi is. A Pátka-lejtősaknai (kőrakáshegyi) bánya területe ma Székesfehérvár megyei jogú város külterületéhez tartozik. A Pákozdi fluoritbánya maradványai Pákozdi nagyközség külterületén vannak.

A három bányaterület helye a 3.1. ábrán levő térképen látható. A Pátka-szűzvári bánya és az előkészítőmű a Rovákja-patak völgyében közvetlenül a Székesfehérvár és Bicske közötti 811. közút mellett létesült, és alig néhány tíz méterre az egykori Székesfehérvár-Bicske vasúti szárnyvonalától (a MÁV 906. vonala), melyen a bányászat idejében személy- és teherszállítás egyaránt volt. Bár később az előkészítő mű szomszédságában vasúti rakodót építettek és egy katonai célú leágazást is, a szűzvári és a lejtősaknai bányák nyers termékeit és később a dúsítóból a koncentrátumot is a kb. 4 kilométerre levő pátkai állomáson kiépített rakodóra szállították. A Tompos-hegyi pákozdi bánya közúttól és a vasúttól is távolabb esett, mégis ugyanúgy 4 kilométerre volt a kisfaludi vasútállomástól, ahová a nyers termékeket kezdetben lovas fogattal, később tehergépkocsival szállították.



3.1. ábra. A Pátka és Pákozd térségében működött Pátka-szűzvári, körakashegyi
a pákozdai fluorit- és színesfém érc bányák.

Az alaptérkép forrása: Google térkép (<https://maps.google.hu/>), letöltve: 2013. október 5.



3.2. ábra. A Pátka-Szűzvári bánya és dúsítómű üzemi területének műholdas felvétele (az északi irány bal felé mutat). A fehér foltok a dúsítóművi meddő zagy tározóit mutatják.

Az üzemi területtől északkeletre az egykori lakótelep látható.

Forrás: Google térkép (<https://maps.google.hu/>), letöltve: 2013. október 5.

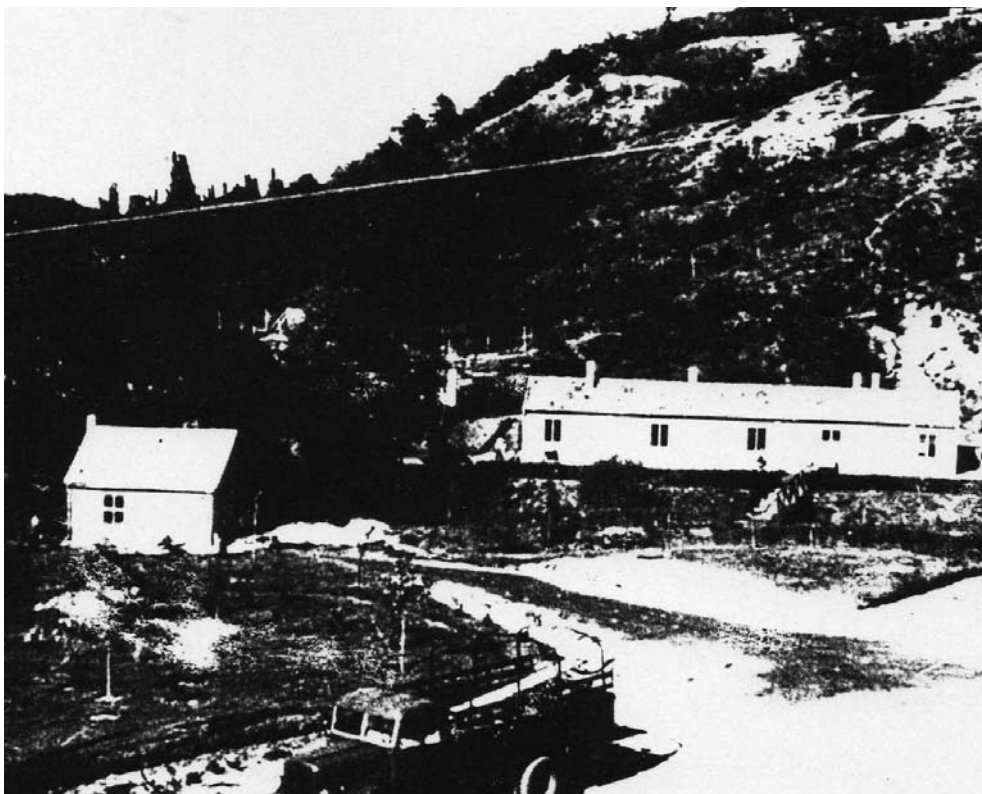
A 3.2. a szűzvári bánya és előkészítómű, a 3.3. ábrán a lejtősaknai (Kőrakáshegyi) bánya üzemi területéről a közelmúltban készült műholdas felvételek láthatók. Mindkét kép nyugati tájolású, azaz az északi irány mindkettőn bal felé mutat. Jól látszik a felvételeken, hogy a szűzvári üzemi létesítmények (a 3.2. kép közepén) láthatóan teljesen romos állapotban vannak, a kőrakáshegyiek kevésbé. A szűzvári lakótelepnek az üzemi terület mellett, attól északkeletre épült egykori készenléti lakásait (a 3.2. kép bal felső sarkánál láthatók) azóta felújították és ma is használják. A 3.2. ábrán az üzemi területen látható fehér területek az előkészítóműből származó meddőt mutatják. Jól látszik a Rovákja-patak melletti körgátas lerakó és a kissé magasabban fekvő Fenyves-völgyi tározó is, mindkettő Lovasberény területén van. Ennek a meddőnek a tömege jórészt kvarcsezemcsékből áll, amint az a bányák által művelt telérek mineralógiai és teleptani leírásaiból is következik. A meddő tömege ma is fedetlen, nem borítja sűrű növényzet.



3.3. ábra. A Pátka-lejtaknai (Kőrakáshegyi) bánya külszíni üzemi területének műholdas felvétele (az északi irány bal felé mutat).

Az üzemi terület a kép alsó szélénél, Pátkától délre látható az erdő szélén.

Forrás: Google térkép (<https://maps.google.hu/>), letöltve: 2013. október 5.



3.4. ábra

A szűzvári telep. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)

A 3.4.-3.10. ábrákon a Pátka-szűzvári bánya tárójának bejárata, az üzemi terület egykori képe, a bányameddő hányója és néhány üzemi létesítmény látható.

A 3.11. és 3.12. ábrák az egykori szűzvári készenléti lakótelepet mutatják, melynek épületeit felújították, és ma is használják.

A 3.13. képen, mely nemrég készült, egy pátkai készenléti lakás van.

A 3.14-3.17. ábrákon a Pátka-lejtősaknai színesérc bánya üzemi épületei vannak, melyek a szűzváriaknál lényegesen jobb állapotban maradtak meg.

A 3.18. ábra a pákozdi bányaműveletek kezdetén keletkezett külfejtési gödröt mutatja, mely először kutatóárok volt, majd a kézi módszerrel kitermelték belőle annyi ásványi anyagot, amennyit a felszínről könnyen el lehetett érni. A 3.19. ábrán a Pákozdi Fluoritbánya vezetői láthatók.



3.5. ábra. A szűzvári táró bejárata (Sóvágó Gyula felvétele)



3.6. ábra. A szűzvári táró bejárata előtt nőtt három hársfa (Sóvágó Gyula felvétele)



3.7. ábra. A szűzvári táróból kikerült bányameddő (Sóvágó Gyula felvétele)



3.8. ábra. Kocsi mosó maradványai a szűzvári bányánál (Sóvágó Gyula felvétele)



3.9. ábra. Pátka-Szűzvár. Ivóvíz kivételi hely (Sóvágó Gyula felvétele)



3.10. ábra. Vasúti rakodó a Pátka-szűzvári bánya és az előkészítő mű mellett, Lovasberény felé nézve. A leágazás az egykori szovjet bázishoz vezetett (balra), a rakodót nem a bánya használta. A kép felirata az eredeti közlési helyén.” Untitled” URL: <http://www.vasutallomasok.hu/kepek/p0027/s0027543.jpg>. Letöltve: 2013. október 5.



3.11. ábra. A szűzvári lakótelep. Forrás: Sóvágó (1981)



3.12. ábra. A szűzvári lakótelep. Forrás: Sóvágó (1981)



3.13. ábra. Pátkai készenléti lakás (Sóvágó Gyula felvétele)



3.14. ábra. Az egykori Pátka-lejtősaknai bánya külszíni épületeinek maradványai.
A kép felirata az eredeti közlési helyén „István major és Pátka között” címmel mutatja be.
Készítette Sárfi Benjámin. URL: <https://ssl.panoramio.com/photo/38544992>.

Letöltve: 2013. október 5.



3.15. ábra. Az egykori Pátka- lejtőszaknai bánya egyik külszíni épületének maradványai. A kép felirata az eredeti közlési helyén „István major és Pátka között” címmel mutatja be. Készítette Sárfi Benjámin. URL: <https://ssl.panoramio.com/photo/38544975>.

Letöltve: 2013. október 5.



3.16. ábra. Az egykori Pátka- lejtőszaknai bánya egyik külszíni épületének maradványai. A kép felirata az eredeti közlési helyén „István major és Pátka között” címmel mutatja be. Készítette Sárfi Benjámin. URL: <https://ssl.panoramio.com/photo/38544989>.

Letöltve: 2013. október 5.



3.17. ábra. Az egykori Pátka- lejtőszaknai bánya egyik külszíni épületének maradványai. A kép felirata az eredeti közlési helyén „István major és Pátka között” címmel mutatja be.

Készítette Sárfi Benjámin. URL: <https://ssl.panoramio.com/photo/38544993>.

Letöltve: 2013. október 5.



3.19. ábra. A pákozdi üzem vezetősége (balról: Ruttkai István üzemvezető, Czimmer Lajos raktárvezető, Fürtös György aknász, Vigh István üzemvezető helyettes). Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



3.18. ábra. Pákozdi fluorit külfejtés. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)

A bányák működésének időszakai

A kutatási és bányászati tevékenység a Kőrakáshegyi bányában 1948-tól 1972-ig, a Pátka-szűzvári bányában 1951-től 1967-ig, a Pákozdi bányában 1951-től 1961-ig tartott. A három bányában a kutatás és a kitermelés mindvégig egymással párhuzamosan zajlott. A termelési kapacitás mai szemmel nézve igen kicsi, néhány t/h volt csak. A bányák nyers ércet és fluoritot termeltek, melyből a gyengébb minőségű rész feldolgozására 1959-ben a szűzvári bányánál 25 t/nap kapacitású dúsító művet létesítettek, amit később – 1962-ig – 60 t/nap kapacitására bővítettek

Utolsóként a Kőrakáshegyi bányában szűnt meg a termelés 1972 decemberében, az őrlő-flotáló üzem 1973 januárjában zárták be majd számolták fel (MOLNÁR-MÁDAI-TOMPA 2013).

A három bányát úgy zárták be, hogy nyilvántartott műrevaló fluorit vagyon nem maradt a lelőhelyeken. A nem műrevaló vagyon ezer tonnás nagyságrendű (MAGYAR GEOLÓGIAI SZOLGÁLAT (MGSz) 2006).

A bányák műszaki adottságai

Ebben a fejezetben összefoglaló jelleggel áttekintjük a három bánya bányaműszaki jellemzőit. Ehhez a következő forrásokat használtuk fel, melyek szöveges és térképi információkat egyaránt tartalmaztak:

- A Velencei-hegység nyugati részén végzett földtani kutatások eredményeiről szóló dokumentációkat (FÉLEGYHÁZI (ÖSSZEÁLLÍTÓ) 1966, JANTSKY 1954A-C, JANTSKY 1955, ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1964, RISCHÁK 1963)

- A Pátka-szűzvári bánya műszaki üzemi és biztonsági terve a működésének utolsó évére (ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI KUTATÓ SZOLGÁLAT ÜZEMVEZETŐSÉGE, PÁTKA 1966).

- A három bánya bezárásakor készített zárójelentések:

1. A Pátka-szűzvári bánya zárási dokumentumai (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B és ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968) és a kutatás céljából kihajtott és más célra is használt bányatérsegek mennyiségének összegzése (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967A),

2. a Pákozdi Fluoritbánya zárási dokumentuma (Pákozdi Fluoritbánya zárójelentése), valamint

3. a Pátka-lejtősaknai bánya zárási dokumentumai (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1973)

- Az Országos Érc- és Ásványbányák 25 éves fennállásának ünnepére készített összefoglalót, mely áttekinti egyebek között a velencei-hegységi fluorit- és tarkaérc, valamint a mátrai színesfémérc bányászatot (KUN 1989). Ugyancsak áttekintő jellegű a Velencei-hegység bányászatának 1949. és 1973. közötti történetét feldolgozó mű (SÓVÁGÓ 1981) valamint a hasonló témában született tudományos cikk (MOLNÁR-MÁDAI-TOMPA 2013).

Ezen források megnevezése egyben tételes hivatkozással is szolgál a műszaki jellemzés megállapításainál.

Feltárás

Mindhárom lelőhely feltárását bányászati szempontból nehezítette az, hogy a bányatérsegek telepítésének elsődleges szempontja a földtani kutatás volt. Az ércetek csapásvonalát, dőlésszögét és dőlésirányát a felszíni kutatás megmutatta. De a tektonizáltságról, az érc vastagságának és minőségének térbeli eloszlásáról és változékonyságáról, a mélység felé való kiterjedéséről valamint nagyobb mélységekben a horizontális kiterjedéséről legfeljebb bizonytalan sejtések lehettek. Így a létesítmények telepítési helyének, a szintosztásnak és a

termelési kapacitásoknak bányaműszaki és gazdasági szempontból vett optimumát természetesen nem lehetett előre meghatározni.

További nehézségeket okozott az a tény, hogy a telérek meglehetősen tektonizáltak voltak, és az érc vastagsága és minősége a térben még a gyöngyösorosziénál is változékonyabb volt. Ezért a bányák kis horizontális kiterjedésűek lettek, és a szintmagasság értékét is kicsi, csupán 35 méteres értékűre kell választani.

A Pákozdi Fluoritbánya

A pákozdi bánya ásványvagyonát a fluorit tartalmú kvarctelér Tompos-hegyi felszíni kibúvásánál külszíni módszerrel kezdték kitermelni. A kibúvás mintegy 160 m hosszú, vastagsága néhány 10 centimétertől 4 méterig változott. Az árok alatt +193 m tszf. (tengerszint feletti) magasságban tárót hajtottak a felszín közeli vagyon mélyműveléses kitermelésére. A mélyebben fekvő telér részek felkutatására 97 m mély lejtőszaknát mélyítettek, melynek talpszintje +96 m.

A Pátka-szűzvári bánya

A szűzvári tárót a +153,4 m Af szinten nyitották. A bányászati műveletek a táró szintjén egy közel észak-dél csapás irányú, 70-75° nyugati dőlésű telért tártak fel, mintegy 500 m csapáshosszban. A telér vastagsága 0,2 m-1,0 m között változott. A táróból 70 m mély kutató aknát mélyítettek. Az akna rakodószintjeinek osztása kb. 35 m volt. Az idők során a bányában a következő szinteket építették ki:

- +153,4 m Af, melyen a telér csapásirányú hossza 500 m,
- +121 m Af,
- +89 m Af, melyen a telér csapásirányú hossza 200 m,
- +55 m Af, melyen a telér csapásirányú hossza 300 m,
- +20 m Af, valamint
- -12 m Af, melyen a telér csapásirányú hossza 350 m.

A bánya áthúzó szellőztetésének biztosítására, valamint tömedék leadás céljára a tárószintről légaknát, illetve a +89 m-es szintre tömedékaknát hajtottak ki. A bánya +89 m-es szintjét a mintegy 120 m hosszú és 250 ‰ lejtésű I. ereszke köti össze a +55 m-es szinttel. A +55 m-es szintről ugyancsak mintegy 120 m hosszú és 250 ‰ lejtésű II. ereszkét hajtottak a +20 m-es szintre, melyet később 120 m-rel meghosszabbítottak a -12 m-es szintig.

A 12 m Af szint alatti 3400 t fluorit-vagyont a bánya bezárásakor nem törölték a nyilván tartásból, hanem nem műrevalónak minősítették ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B).

A Pátka-lejtősaknai (Kőrakáshegyi) bánya

A Pátka-Lejtősaknai bánya elsősorban tarkaércet termelt. A lelőhely bonyolult alakú, tektonizált telér, melynek egy része vastag breccsás kőzetben alakult ki, a mélyebb részekben pedig két, egymást metsző telérből áll. Horizontális kiterjedése kicsi, egyes szinteken alig néhány tíz méteres.

A kutatás 1949-ben egy 35 m mély kutatóakna mélyítésével kezdődött. Ezt 1951-ben egy lejtősakna mélyítése követte, mellyel a mélységben összetört kvarctelért mutattak ki. A bányauzemet 1962-re termelésre előkészítették.

Az idők során a bányában a +106 m, +76 m, +39 m, +7 m, -31 m és -71 m tengerszint feletti magasságokban építettek ki szinteket. A +76 m-es színtről egy kb. 150 m mély vakaknát mélyítettek, melynek rakodó szintjei a +76 m, +39 m, +7 m, -31 m és -71 m voltak.

A bánya bezárásakor az alsó, -71 m-es szint alatt is ércesedést tapasztaltak.

Vágathajtás

Bár mindhárom bánya kis horizontális kiterjedésű, a működésük jelentős mennyiségű vágatot hajtottak bennük. Például a Pátka-szűzvári bányában 1951. és 1966. között mintegy 12,2 km vágatot hajtottak (3.1. táblázat).

A vágathajtáskor a jövesztés módszere a fúrás-robbantás volt. A jövesztett készletet kézzel rakodták csillébe, majd a szintes pályákon kézi csillézéssel, a lejtős pályákon kötélszállítással továbbították.

A szintes vágatokat és ereszkéket a kőzetviszonyoktól függően biztosítás nélkül hajtották ki, vagy fával (trapéz ácsolattal) biztosították. A fluoritos kitöltésű telérszakaszokon

időszak (év)	építőipari kutatás (fm)	feltárás (fm)	perspektivikus kutatás (fm)	összesen (fm)	vágathajtás helye
1951-53	1450,9	-		1450,9	tárószint
1954-60	1550,2	1650		3000,2	+121 szint
1951-60	3000	1650		4651,1	+89 szint
1961		174,3		174,3	+89 szint alatt
1962		340,9		340,9	+89 szint alatt
1963		539,6		539,6	+89 szint alatt
1964	310	482		792	+89 szint alatt
1965	318	86,6		404,6	+89 szint alatt
1966	130,2	453,8	239,2	823,2	+89 szint alatt
1967	-	-	-	-	+89 szint alatt

3.1. táblázat. Vágathajtás az egyes időszakokban, a Pátka-szűzvári bányában, folyóméterben (fm) kifejezve

(ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B)

a csapásvágatokat általában biztosítani kellett, a gránitban nem. A biztosítás nélküli vágatok kitörési szelvénye $4,18 \text{ m}^2$ volt a fabiztosításúaké $5,54 \text{ m}^2$. Egyes helyeken az utolsó időszakban sínből készült trapéz szelvényű biztosítószerkezeteket is alkalmaztak.

A feltörések és a légakna $2,68 \text{ m}^2$ kitörési szelvénnel hajtották, és 80 cm -enként beépített keretácsolattal biztosították, kétosztályos kivitelben. A szűzvári szállító aknát is négyszög szelvénnel mélyítették, járó-, szállító- és ellensúlyosztályos kiképzéssel. A biztosító szerkezet $2,4 \times 4,2 \text{ m}$ kitörési szelvénnel épített keretácsolat volt.

Fejtés

A három bányában a teléreket főtepásztá fejtésekkel termelték ki.

A fejtési blokkok előkészítése

A fejtési blokkok előkészítése és lefejtése a következő lépésekkel történt:

1. Az első lépés az alsó és a felső határt kijelölő alapvágatok kihajtása volt,
2. majd a két szint között egymástól $20\text{--}25 \text{ m}$ távolságra határfeltöréseket hajtottak úgy, hogy azok között főtepásztá fejtéseket lehessen kialakítani. A feltöréseket a fejtéselő-készítést követően közlekedésre, szellőztetésre, szállításra, anyagbeadására és a tömedék- anyagnak a fejtésbe való bejuttatására használták.
3. Ezt követően a két határfeltörés között az alsó alapvágat fölött $0,5\text{--}1 \text{ m}$ főtegyámot hagyva (szintes) gyámvágatot hajtottak, mely tulajdonképpen az első főtepásztául szolgált. A főtegyám feladata az volt, hogy a telér szilárd kőzeteinek robbantásos jövesztésekor az alsó alapvágatot megvédje. A fluoritban, mely kisebb szilárdságú volt, legfeljebb lazító robbantásokra volt szükség kis töltetekkel, így fluoritban a főtegyám visszahagyására általában nem volt szükség.
4. A két határfeltörés között félúton a főtegyámban ércledobó (csapoló) gurítót hagytak vissza.

A blokkok lefejtése főtepásztá fejtéssel

A főtepásztá fejtéssel a következő rendben termelték ki a telérnek a fejtési blokkban levő részét:

1. A fejtési pásztá magassága $2,2 \text{ m}$ volt. A pásztát fluoritban robbantás nélkül vagy csak gyenge lazító robbantásokkal fejtették. Szilárd kőzetben mindig robbantással jövesztettek, a pásztá homlokába fűrt vízszintes, biztosítás nélküli fejtésekben néha a gyámvágat főtéjében fűrt függőleges fűrőlyukak alkalmazásával,

2. A fejtési terméket lapáttal, illetve kapával és rakodótállal közelítették a feltörés döntő-osztályához, ahonnan csapoló nyíláson keresztül töltötték az alsó alapvágaton álló csillébe.

3. A pásztákat mindkét szárnyon 10 m hosszban kitermelték, és utána a fedű és fekü oldalból fejtőkalapáccsal meddőt fejtettek a pászták betömedékelésére. A hiányzó tömedék-anyagot a felső alapvágaton kézi erővel csillében szállították a fejtési feltörésig, melynek döntő osztályában ferde padozaton keresztül juttatták a fejtési pásztákba. Meddőt a bánya más helyeiről, esetleg a külszínről szállítottak a határfeltörősekhez. Néha kifejezetten tömedékelésre való meddő termelése céljából a fejtés közelében vágatot is hajtottak.

4. Tömedékelés után a második főtepásztá kialakítása ismét a fejtési feltörésből kezdődik és azok művelése így halad tovább, míg el nem éri a felső alapvágat védelmére hagyandó 1,5 m vastag talpgyámot.

Bányabeli szállítás

A bányákban mindent sínen szállítottak. A termékeket és a meddőt 600 mm nyomtávú 0,75 m³ úrtartalmú billenőszekrényes csillében, a tömedéket, a segédanyagokat és a berendezéseket szintén csillében vagy megfelelő pályakocsikon.

A csilléket és a pályakocsikat a szintes pályákon általában kézzel továbbították. Csak a legnagyobb forgalmú pályaszakaszokon építettek be kötélszállítást, például a szűzvári üzemben a tárónak az aknarakodó és a dúsítómű feladó helye, a törőberendezés töltőgaratja közti szakaszán. A kapacitásigény azonban ott is olyan kicsi volt (számított értéke négycsillés vonatokban 11 t/h), hogy egyhatású végnélküli kötélszállítás is megfelelőnek bizonyult.

A lejtős pályákon már a bányák megnyitásától kezdve szükséges volt kötélszállító berendezést alkalmazni. Ennek legegyszerűbb és egyben a legolcsóbb módja volt, és ez a kapacitás igényeknek is megfelelt, a véges kötélszállítás. Például a Pátka-szűzvári bányában □600 mm átmérőjű villamos hajtású egydobos vitlákkal szállítottak az ereszkékben. A szállító kapacitás a rövidebb I. ereszkében az aknaszállítás igényeinek megfelelően 8 t/h, a hosszabb II. ereszkében 5,5 t/h volt. Ezek nagyon kis kapacitások voltak, 1966-ban és 1967-ben a bányabeli szállító rendszer legszűkebb keresztmetszetei. Az aknaszállítás csak teherszállítás céljára szolgált, melyhez egyhatású, ellensúlyos berendezést használtak. A kétdobos □800 mm dobátmérőjű vitlát házilag mélységmutatóval láttak el és centrifugál kapcsolóval szereltek fel. A szállítóedény ugyancsak házilag készült egyszerű szkíp volt, egy csille rakományának megfelelő úrtartalommal. A berendezés számított teljesítőképessége 8 t/h volt.

Hasonlóan kis szállítókapacitású berendezések működtek a Pátka-lejtősaknai bányában is: a lejtős aknában 6 t/h, a függőleges vakaknában 9 t/h.

Külszíni termékszállítás

A Pátka-szűzvári üzemben és a Pákozdi Fluoritbányában termelt nyers termékeket a két bányából a Székesfehérvár-Bicske vasúti szárnyvonalon levő pátikai illetve a kiskaludai állomásokon kiépített rakodókra szállították. Kezdetben lovas kocsival, később tehergépkocsival. Mindkét bánya 4 kilométer távolságra esett a nevezett vasútállomásoktól. Később, 1959-ben üzembe helyezték a szűzvári előkészítőművet közvetlenül a táró portáljánál a tarkaérc és a gyengébb minőségű fluorit dúsítására. Így a szűzvári bányából kiszállított terméknél külszíni szállítással nem kellett számolni. A Pátka-lejtősaknai üzem 4 kilométerre volt az előkészítőműtől, a pákozdi bánya még távolabb.

A II. világháborút követően katonai célú vasúti kitérőt és leágazást létesítettek az üzem tőszomszédságában, mely az 1951. évi katonai térképen már szerepelt. Azonban ezt a kitérőt a bánya nem használta.

Energiaellátás

A bányauzemek működtetéséhez szükséges energiaellátást két formában biztosították: sűrített levegővel és villamos energiával. Sűrített levegő működtette fejtőkalapácsokat és a fúrókalapácsokat, melyeket a kőzetek jövesztéséhez használtak a robbantólyukak fúrásánál és a kisebb szilárdságú kőzetek mechanikai megbontásához és felaprításához. Villamos energiát használtak ezen kívül minden másféle célra, egyebek között a sűrített levegő előállítására szolgáló kompresszorok működtetésére is.

Egy-egy bánya sűrített levegő igénye legfeljebb 10 m³/perc volt. Ennek biztosítására a például a Pátka-szűzvári bányában két léghűtéses KL 20/32, majd később KL 300/32 típusú léghűtéses kompresszort telepítettek a táró bejárata melletti gépházban, melyek levegőszállítása egyenként 4,8 illetve 5 m³/perc volt. A sűrített levegőt szállító fővezeték □76 mm átmérőjű volt.

A bányauzemek villamos energia ellátását kétoldali betáplálással tudták biztosítani a Székesfehérvár és Tatabánya közti 20 kV-os távvezetékéről. A teljesítmény szint mai szemmel nézve (a munka kismértékű gépesítése miatt) alacsony volt, például a szűzvári üzemben két, egyenként 100 kVA teljesítményű, 21/0,4 kV feszültség-áttételű, párhuzamosan kapcsolható transzformatort építettek be.

Bányaszellőztetés, porvédelem

A bányákban a földalatti (beszálló) létszámok kicsik, legfeljebb néhány tízfősek voltak. Továbbá a bányákban dízel gépeket még nem alkalmaztak, kiszellőztetni való füstgáz csak

a robbantások következtében került a bánya levegőjébe. Ezért a szellőztetéshez szükséges légmennyiség is alacsony mértékű volt.

A bányaszellőztetéssel kapcsolatos olyan elemi bányaveszélyekkel, mint a sújtólég, a szénporrobbanás és az öngyulladás veszély, valamint a mérgező gázok, nem kellett számolni. A fűráskor és robbantáskor keletkező szilikátos kőporok miatt a 2443/1959. O.B.F. számú utasítás hatálybalépése után az Országos Bányaműszaki Főfelügyelőség (az akkori bányahatóság) porveszélyesnek minősítette a bányákat. Az üzemekben már jóval a minősítés előtt igyekeztek biztosítani a megfelelő műszaki porelhárítást. A kis légsebességek is kedvezőek voltak a porvédelem szempontjából.

A szellőztetés az 1960-as évekig természetes depresszióval történt. Az 1960-as évek elejétől bányahatósági előírásra állítottak üzembe fűszellőztető ventilátorokat. Például a Pátka-szűzvári bányában 200 m³/min levegőszállítású, 120 vommm (vízoszlop milliméter) depressziójú, házilag reverzálhatóvá alakított radiális ventilátort telepítettek a légakna mellett. A munkahelyek külön szellőztetése □300 mm átmérőjű légsővekkel történt, az energiaellátási lehetőségektől függően villamos vagy sűrített levegő meghajtású légsőventilátorokkal. A feltörések hajtásakor □150 mm átmérőjű légsőveket alkalmaztak, melyek vagy áthúzó légáramból, vagy más, nagyobb átmérőjű légsővekhez csatlakoztatva kapták a levegőt.

Vízmentesítés

A három velencei-hegységi bánya nem volt vízveszélyes. Vízhozamuk (100 liter/min nagyságrendű) sem volt jelentős, csupán néhányszor fordult elő kisebb-nagyobb hozamemelkedés, jellemzően aknamélyítéskor és ereszke hajtáskor. A vízmentesítésre az akkori szokásoknak megfelelően azt a módszert alkalmazták, hogy a fő vízmentesítő telepeket a bánya legmélyebb pontjára telepítették. Ez a biztonság és a költségek szempontjából is kedvező megoldás volt.

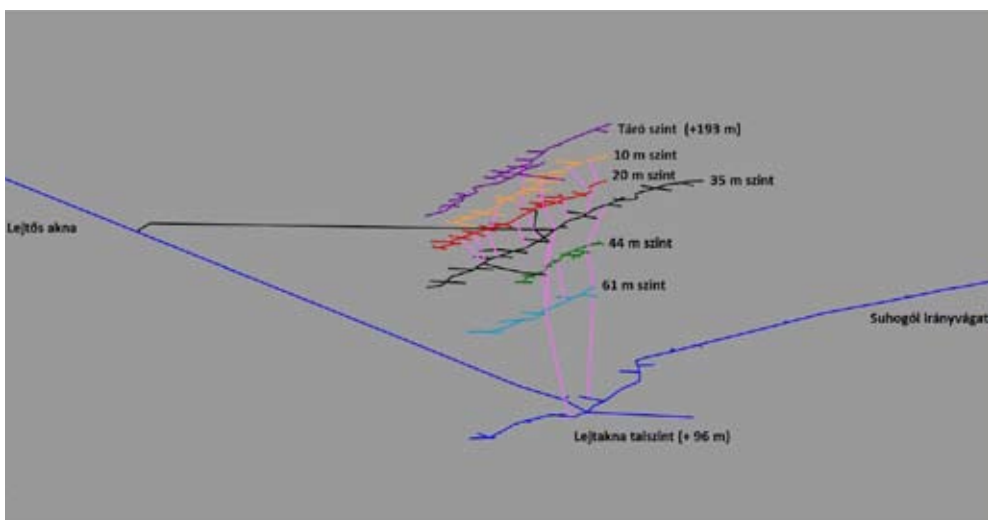
A lelőhelyek horizontális kiterjedése és a szintmagasság egyaránt kicsik voltak, így viszonylag gyakran kellett új szintet nyitni és új fő vízmentesítő telepet létesíteni.

Vízemelésre fekvő tengelyű centrifugál szivattyúkat alkalmaztak, melyeket a klasszikus biztonsági megfontolásból 1 méterrel az új csapásvágatok talpszintje fölött létesített szivattyúkamrákban telepítettek. A szivattyúk szállítómagassága kb. 100-120 m volt, így egyes magasabb szinteken korábban üzemelt fő vízmentesítő telepeket üzemben kellett tartani át-emelő szivattyútelepként.

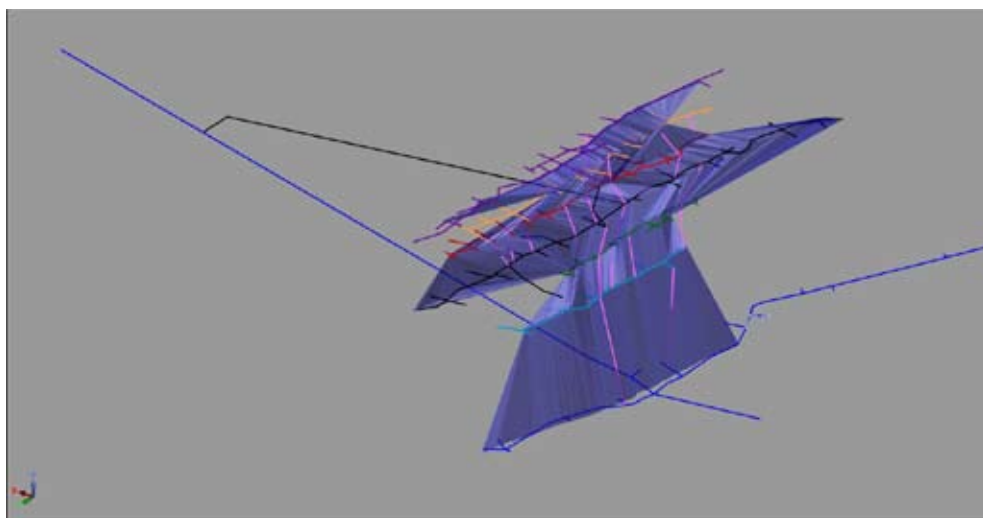
A bányák feltáró rendszereinek geometriai modellje

A bányák műszaki dokumentációit (a zárójelentéseiket, bányaművelési és különféle földtani térképeiket) alapul véve elkészítettük a három bánya vágathálózatainak térbeli modelljeit. A modellek a Gemcom Software cég Surpac programjával készült, és lehetőséget biztosít egyebek között a digitális adataival rögzített vágathálózat megjelenítésére, tetszőleges térbeli nézőpontból tekintve.

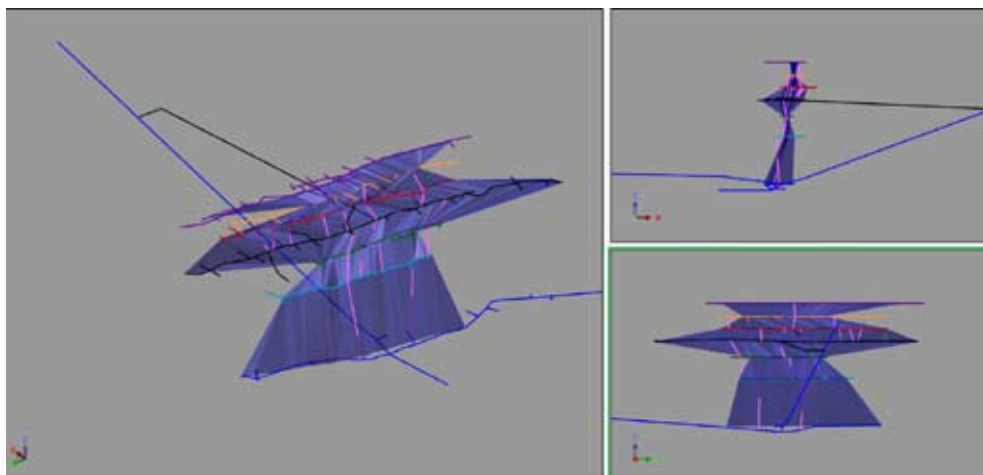
A Pátkai Fluoritbánya vágathálózatának modellje a 3.20-3.22., a Pátka-lejtősaknai üzemé a 3.23., a Pátka-szűzvári üzemé a 3.24, a három bánya vágathálózata együtt pedig a 3.25. ábrákon láthatók.



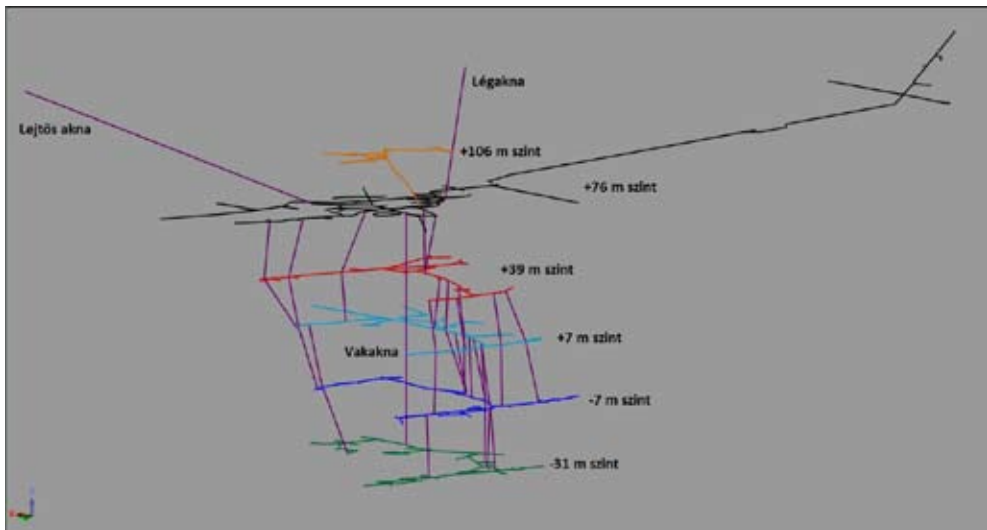
3.20. ábra. A Pákozdi Fluoritbánya vágathálózatának térbeli modellje
(Tompá Richárd munkája)



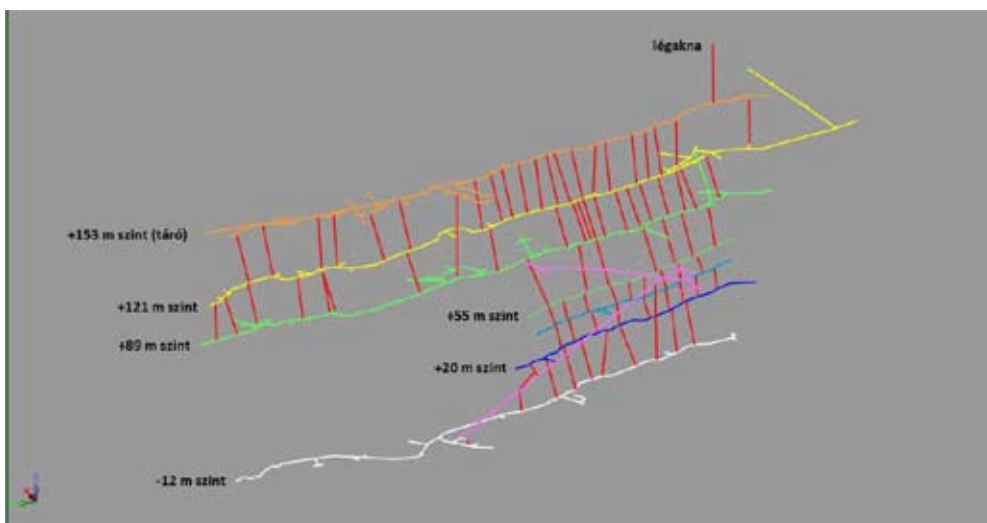
3.21. ábra. A Pákozdi Fluritbánya vágathálózatának és fluoritteléireinek térbeli modellje (Tompa Richárd munkája)



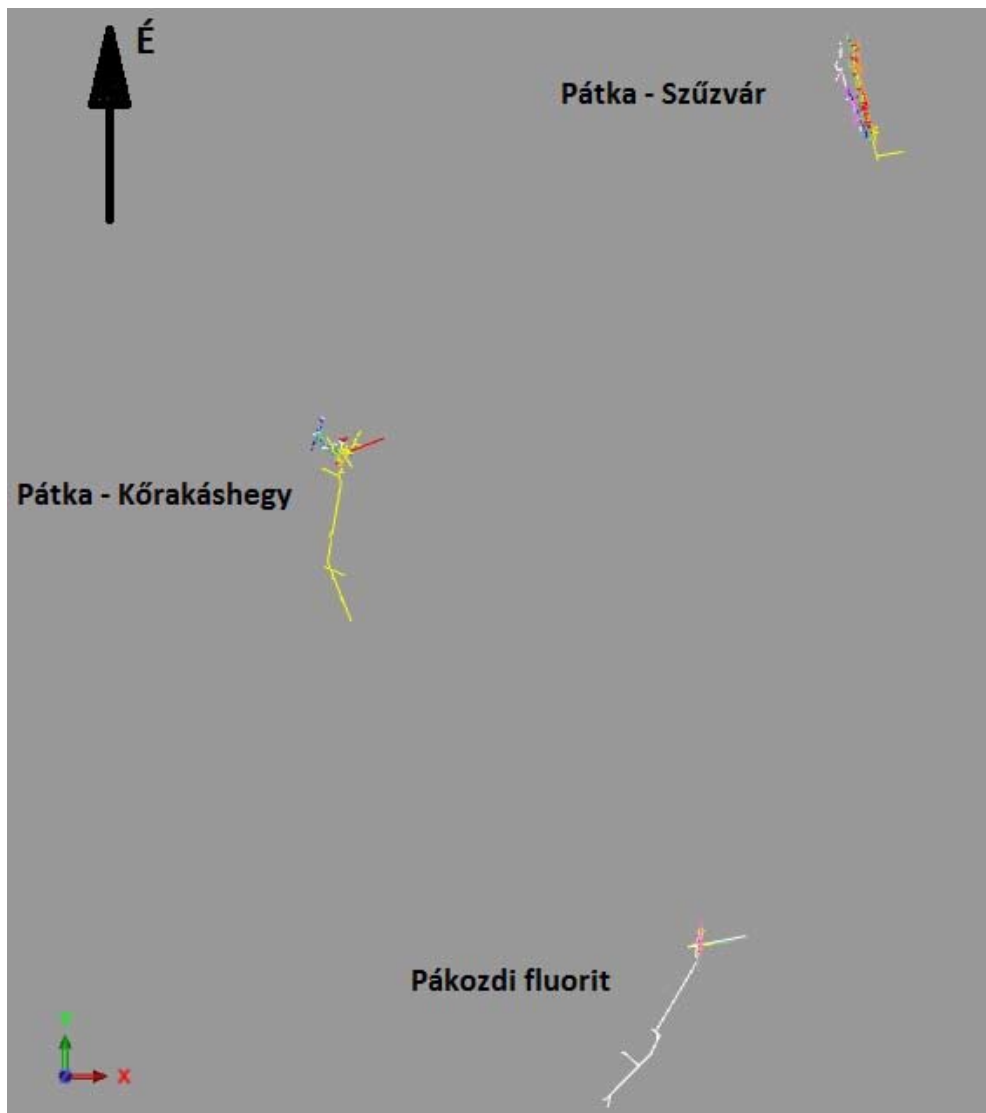
3.22. ábra. A Pákozdi Fluritbánya vágathálózatának és fluorit teléreinek térbeli modellje, különböző nézőpontokból nézve (Tompa Richárd munkája)



3.23. ábra. A Pátka-lejtősaknai üzem vágathálózatának térbeli modellje
(Tompá Richárd munkája)



3.24. ábra. A Pátka-szűzvári üzem vágathálózatának térbeli modellje
(Tompá Richárd munkája)



3.25. ábra. A két pátkai és a pákozdi bánya vágathálózata vízszintes vetületben. Megmutatja, hogy a szóban forgó térségben a bányászati termelő tevékenység milyen kis területet vett igénybe. A kőrakáshegyi és a pákozdi üzemekben a hosszabb (déli és délkeleti irányú) vágatok, melyek a telérek csapását követték, elsősorban kutatási célokat szolgáltak. (Tomba Richárd munkája)

A VELENCEI-HEGYSÉGI FLUORIT- ÉS ÉRCBÁNYÁSZAT RÖVID TÖRTÉNETE: 2. A BÁNYÁSZAT TERMÉKEI

MOLNÁR JÓZSEF

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet

E-mail: bgtnj@uni-miskolc.hu

A bányák nyers termékei

 A Pátka-lejtősaknai (Kőrakás-hegyi) bánya termékei

 A Pátka-szűzvári bánya termékei

 A Pákozdi Fluoritbánya termékei

Az előkészítőmű létesítése

A kibocsátott víz szennyeződései

A dúsítóművi meddő elhelyezése

A velencei-hegységi fluorit- és ércbányászat termékei

 Fluorit termelés

 Tarkaérc termelés

Összegzés

A Velencei-hegységi bányászat emlékezete ma

Ebben a fejezetben a pátkai és a pákozdi fluorit- és színesfém érc bányák termékeit feldolgozó flotációs előkészítést, magukat a termékeket, valamint néhány, a bányászkodással járó környezetvédelmi kérdést tekintjük át.

A bányák nyers termékei

A Pátka-lejtősalnai (Kőrakás-hegyi) bánya termékei

A kőrakáshegyi előfordulás főleg galenit-szfalerit ércet tartalmazott, de az ólom és cink egymás mellett kevés kalkopirit, antimonit és fakóérc is jelen volt. A hidrotermális ércesedést ezen kívül a Cd, Sb, Bi, Ga, Co, Ge, Mo, V és Cr nyomelemek kísérték. Az ércesedést az jellemezte, hogy a felsőbb szinteken nagyobb volt az ércek ólomtartalma, míg a réz a mélység felé haladva mutatott növekedést (SÓVÁGÓ 1981).

Geológiai készletszámítások szerint 1965. január 1-jén a feltárt ércvagyon 180000 tonna volt, 1,23 % ólom és 4,82 % cink tartalom mellett (MAGYAR GEOLÓGIAI SZOLGÁLAT, MGSZ 2006, SÓVÁGÓ 1981)

A bánya termékeit természetesen dúsítani kellett, ezért az előkészítőművet az utolsóként felhagyott Pátka-lejtaknai bánya bezárásáig üzemben tartották.

A Pátka-szűzvári bánya termékei

A Pátka-szűzvári lelőhelyen a fluorit és az érc minősége is nagyon szeszélyesen ingadozott. A gyengébb minőségű termékek dúsításának igénye már a kezdetektől felvetődött, és 1959-től a helyben (a táró bejáratánál) épült előkészítőműben erre lehetőség is volt.

A fluorit minősége 5 %-tól 95 % CaF_2 tartalomig változott. Ezért a gyengébb minőségű fluoritot 1959. augusztusától flotációs úton dúsították. A fluorit átlagos minősége a +70 m-es szint fölötti részen átlagosan 50%, alatta 52% volt. A dúsabb területeken a +70 m-es szint felett helyenként 92-94 % CaF_2 tartalmú anyagot is bányásztak, a mélyebb szinteken a legjobb minőség csak 80 % volt. A fluorittal együtt barit is jelentkezett, melynek mennyisége helyenként a 6 %-ot is elérte (SÓVÁGÓ 1981).

A telér érces szakaszának is jelentős volt az érctartalma (Pb 5,35 %, Zn 0,56 %). A galenites szakaszokban figyelemre méltó volt az ezüst tartalom, amit a fakóércek jelenléte idézett elő. A felszínközeli mállás következtében az érces szakaszokon cerusszit, piromorfit, cinnabarit, malachit és azurit is keletkezett (SÓVÁGÓ 1981).

A Pákozdi Fluoritbánya termékei

A Pákozdi községtől északnyugatra külszíni árkolásos kutatási eljárással 1951. szeptemberében megtalált fluorit telérből (feltárt hossza 160 m, átlagos és maximális szélessége 1,8 m illetve 4 m volt) 1955-1956-ban 20-25 fős létszámmal a hazai kohók részére átlagosan 40-50 % CaF_2 tartalmú ércet termeltek. Az ipari mértékben is hasznosítható telérrészt már a kezdetekkor külszíni fejtéssel leművelték. Sajnos a termék átlagos CaF_2 tartalma meglehetősen alacsony volt, és a fluorit minősége is szeszélyesen változott. Az átitatott gránitos részek 10-20 %-os CaF_2 tartalmától a 92-95 %-os tisztaságú, kristályos pátos szerkezetű, tömör fluorit kitöltésig a minőség széles skáláját találták. Ezért a pákozdi fluoritvagyon dúsításának igénye is már a kezdetektől fogva felmerült, és a gyengébb minőségű nyers terméket az előkészítőmű 1959. évi üzembe helyezésétől kezdve Pátka-Szűzvárra szállították (SÓVÁGÓ 1981).

Az előkészítőmű létesítése

Mindhárom lelőhely fluoritvagyonának nem elhanyagolható része olyan gyenge minőségű volt, hogy az dúsítás nélkül még az alacsonyabb minőségi követelményű kohászati felhasználásra sem volt közvetlenül, nyers termékként alkalmas. Továbbá a magasabb meddőtartalom a szállítás fajlagos költségeit is megnövelte. Az ólom és cink érceit pedig természetszerűleg dúsítani kell.

A dúsítást a bányáknyers termékeinek aprításával, őrlésével és flotálásával tervezték.

A Nehézipari Minisztérium Ércbányászati Igazgatóságának Szakmai Kollégiuma 1953. októberében döntött egy napi 25 tonna feldolgozási kapacitású ércelőkészítő üzem létesítéséről, mely a fluorit és a tarkaérc dúsítására egyaránt alkalmas volt. Az üzem vízigényét a három bánya közül a legegyszerűbben Pátka-Szűzváron tudták biztosítani, ezért az üzemet oda telepítették. A beruházásokat 1953-ban visszafogták, emiatt több bányászati kutatást és a dúsító tervezését is. A terv 1956-ban készült el. Az előkészítő üzem tervezése és kivitelezése meglehetősen vontatottan haladt, a megvalósulás üteme csak 1957. után gyorsult fel. 1959. közepéig felépült az előkészítő üzem a szociális létesítményekkel (kazánház, fürdő, öltöző). Emellett átadásra került a laboratórium, az irodaépület, valamint 2 db. kétlaklós ikerház üzem vezető beosztású dolgozói részére. Az előkészítő üzem 1959. augusztus 15-én fluorit flotálással kezdte meg munkáját. A próbaüzem 1959. végéig tartott. Ezt az időt használták fel arra, hogy a technológiai paramétereket üzemi méretekben is meghatározzák. A flotációs üzemben kéthetes váltásokkal dolgozták fel a fluoritos és a tarkaércet (KUN 1989, SÓVÁGÓ 1981).

Hamarosan kiderült azonban, hogy az előkészítőmű kapacitását jócskán alulméretezték. Az 1960-1961-es évek műszaki és gazdasági tapasztalatai alapján úgy döntöttek, hogy a 25

t/nap feldolgozó kapacitást 140 %-kal, 60 t/nap-ra növelik. A bővítés tervezését az Országos Érc- és Ásványbányák (OEÁ) Tervező Irodája, az ÉRÁTI végezte. Az ércelőkészítő üzem bővítését 1962-ben kezdték meg, és még abban az évben november 17-én be is fejezték. A flotáló csarnok mögött felépített épületben kapott helyet a Krupp golyósmalom és az alapflotálást végző 1000-es cellasor. A gépi berendezéseket Recskről szállították Pátkára. A velencei-hegységi bányászat fénykora erre az időszakra tehető, akkor kb. 200-220 fő dolgozott ekkor a bányáüzemekben és az előkészítőben.

1964-ben, 5 évvel az előkészítőmű üzembe helyezése és 8 évvel a bezárása előtt az üzem kezdeményezésére a Bányászati Kutatóintézet (BKI) elvégezte a pátkai komplex érc (tarkaérc) nehézsuszpenziós hidrociklonos elődúsítására irányuló kísérleteit. Az eredményeket 1964. decemberében egy kutatási zárójelentésben foglaltak össze. A hidrociklonos elődúsítás ugyan nem valósult meg, de 1966. januárjától az őrlésszétválogatási körfolyamban az osztályozás már gumibéléssel ellátott hidrociklonok segítségével történt a gereblyés osztályozók helyett (SÓVÁGÓ 1981).

Az előkészítőműnek nemcsak a vízigénye volt magas, hanem a villamos energia igénye is. Gyakorlatilag azonos volt a Pátka-szűzvári bányáéval, melyhez hasonlóan az üzemet is két, egyenként 200 kVA teljesítményű, 21/0,4 kV áttételű, párhuzamosan kapcsolható transzformátor biztosította tervezték (ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI KUTATÓ SZOLGÁLAT ÜZEMVEZETŐSEGE, PÁTKA 1966).

Az előkészítő üzem 1967. szeptember 30-ig felváltva végezte a pákozdi és pátkai fluorit, illetve a körakáshegyi és szűzvári tarkaérc flotációs úton történő dúsítását. 1967. szeptemberét, a szűzvári bánya bezárását követően már csak a Lejtőszaknán termelt érc feldolgozását végezték. 1972. december 20-án ez a bányáüzem is befejezte az érctermelést, az előkészítő üzem ezt követően még egy rövid időn át üzemelt. 1973. január 20-án fejezték be a készletlén tárolt érc feldolgozását ezzel a bányászati és előkészítési munkák a Velencei-hegységben teljesen befejeződtek (SÓVÁGÓ 1981).

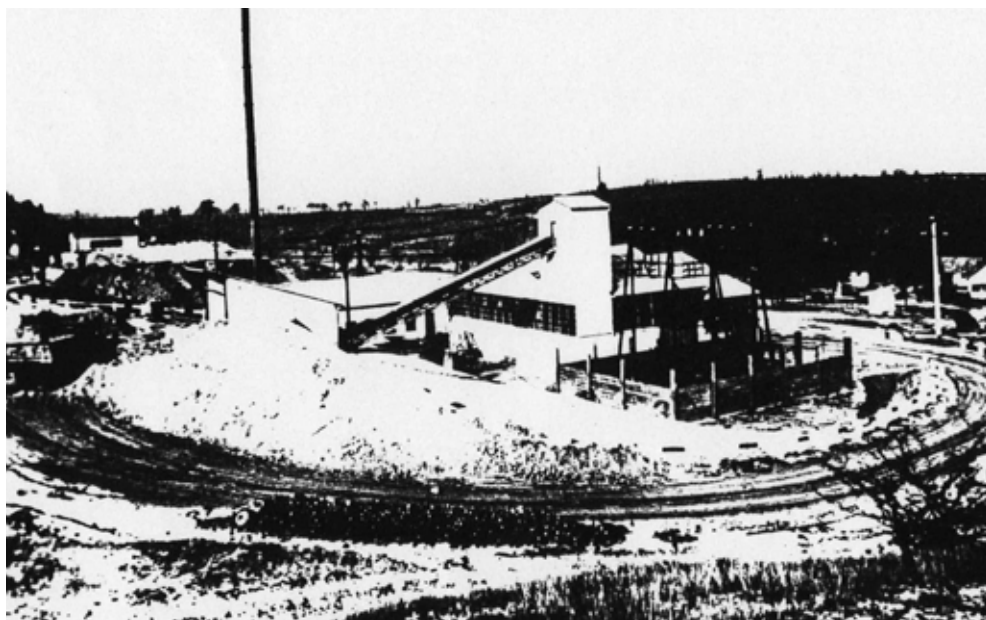
A bányák az üzem megnövelt kapacitását is biztonsággal kihasználták. Még 1966-ban, a Pátka-szűzvári bánya bezárásának évében is 95 %-os kihasználtsággal való üzemelését tervezték (ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI KUTATÓ SZOLGÁLAT ÜZEMVEZETŐSEGE, PÁTKA 1966).

A 4.1.-4.9. ábrákon az előkészítőmű korabeli fényképpelvételei láthatók. A 4.1.-4.3. ábrákon az üzemi terület, a 4.4.-4.7. képek az üzemcsarnok belsejében készültek, a 4.8.-4.9. szintén az üzemi területet mutatja, nem sokkal a bezárás előtt.

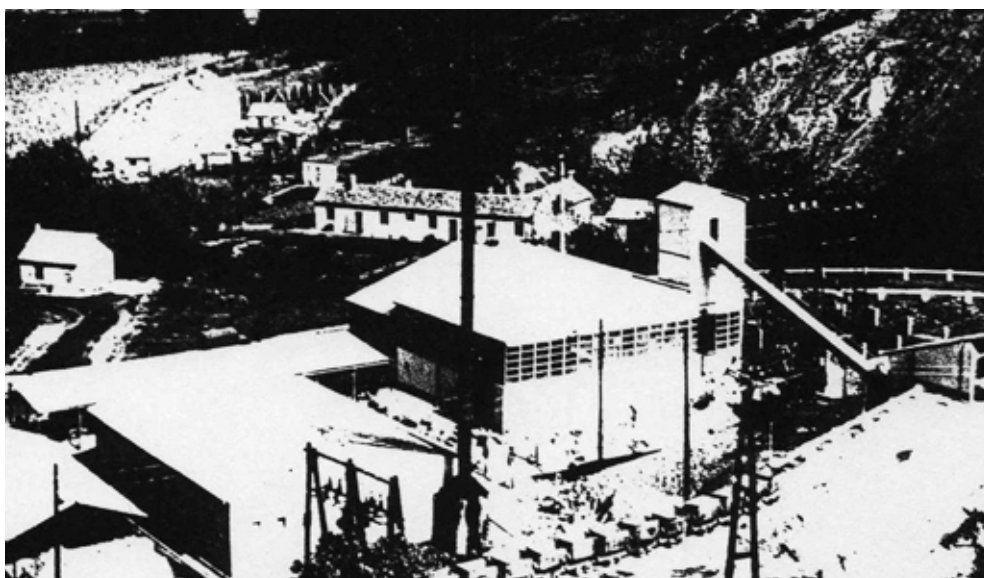
A 4.10.-4.16. ábrák a dúsító mű maradványait mutatja romos állapotukban.



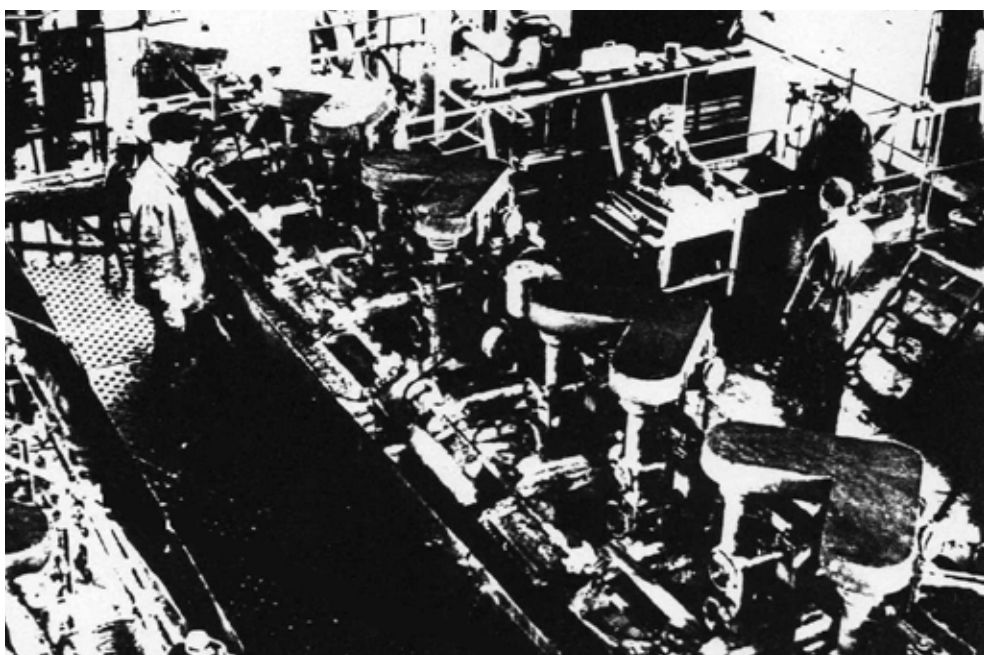
4.1. ábra. A flotáló távlati képe 1959-ben. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



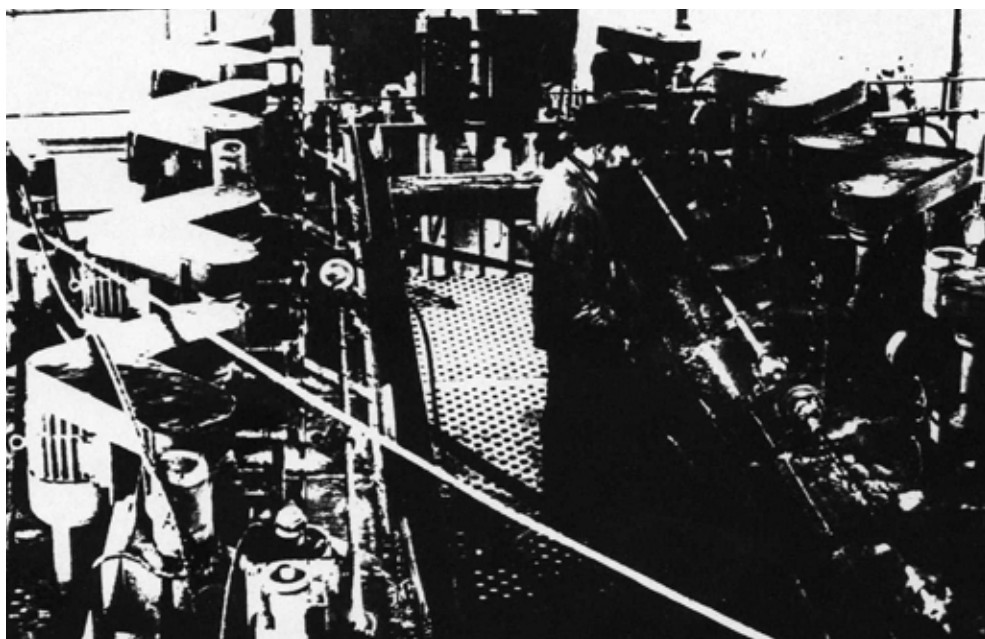
4.2. ábra. A fotáló távlati képe 1959-ben. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



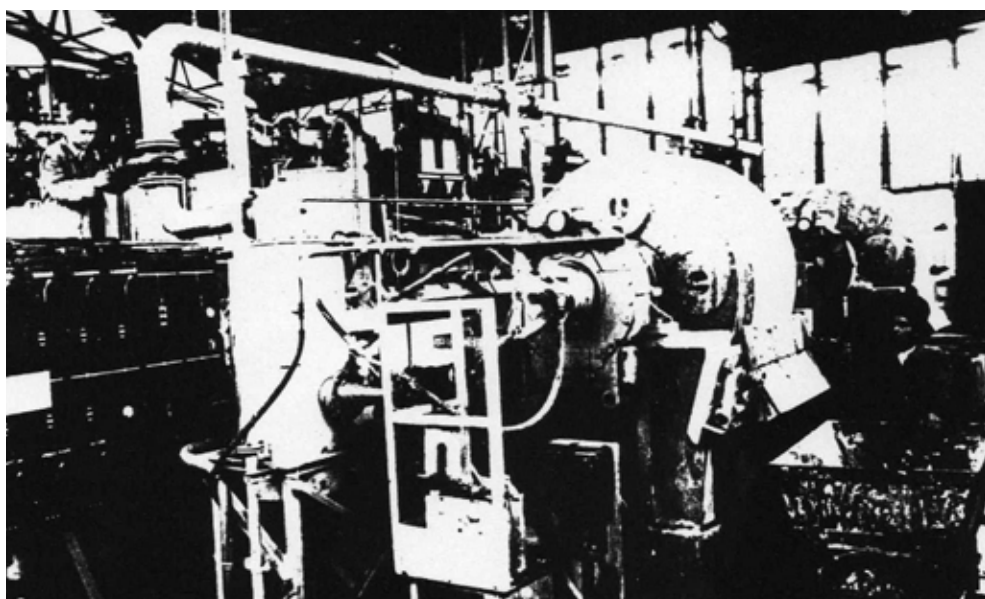
4.3. ábra. A flotáló távlati képe 1959-ben. Forrás: Sóvágó (1981)



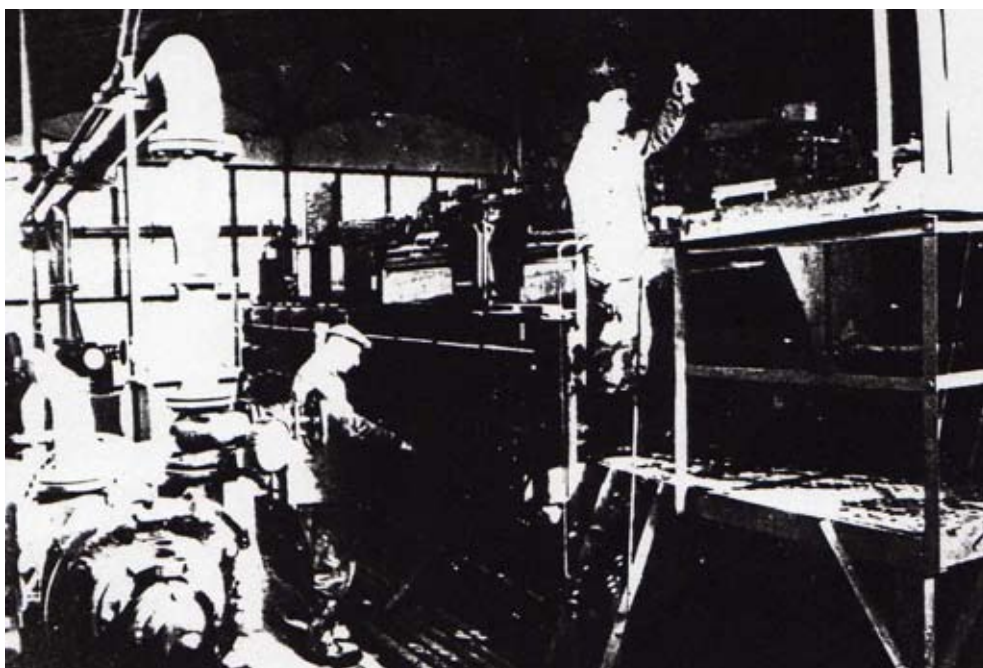
4.4. ábra. flotáló csarnok gépei. Forrás: Sóvágó (1981)



4.5. ábra. A flotáló csarnok gépei. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.6. ábra. A flotáló csarnok gépei. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.7. ábra. A flotáló csarnok gépei. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.8. ábra. Az üzem távlati képe 1971-ben, háttérben a szüztvári készenléti lakásokkal.
Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.9. ábra. Az üzem távlati képe 1971-ben. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.10. ábra. A flotáló üzemépület maradványai (Sóvágó Gyula felvétele)



4.11. ábra. A flotáló üzemépület maradványai (Sóvágó Gyula felvétele)



4.12. ábra. A flotáló üzemépület maradványai (Sóvágó Gyula felvétele)



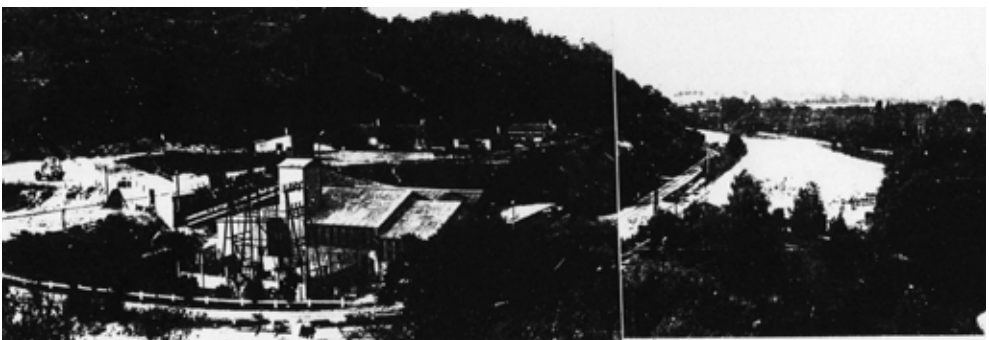
4.13. ábra. A flotáló üzemépület maradványai. A kép felirata az eredeti közlési helyén:
„Pátka-szűzvári bányánál. Untitled. Lovasberény, Magyarország.
URL: <https://ssl.panoramio.com/photo/10613338>. Letöltve: 2013. október 5.



4.14. ábra. A flotáló mű fürdőépülete (Sóvágó Gyula felvétele)



4.15. ábra. Pátka-szűzvári létesítmények maradványai.
A kép felirata az eredeti közlési helyén: „Pátka-szűzvári bányánál.
Pátkai bánya”. URL: <https://ssl.panoramio.com/photo/10613271>.
Letöltve: 2013. október 5.



4.17. ábra. Kőrgátas meddőhányó. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.16. ábra. A Pátka-szűzvári dúsító helye, ahogy a természet közel négy évtized múlva ismét birtokba vette. A kép felirata az eredeti közlési helyén: „Pátka-szűzvári bányánál. 2010.07.11. Egyszer volt bánya Pátka-Szűzvár. Itt volt az ércelőkészítő valaha”.

<http://www.vasutallomasok.hu/kepek/p0027/s0027543.jpg>.

Letöltve: 2013. október 5.



4.18. ábra. Völgyzárógátas meddőhányó. Forrás: SÓVÁGÓ (1981)



4.19. ábra. Az üzemi bekötőút melletti flotációs meddőhányó (Sóvágó Gyula felvétele)



4.20. ábra. Az üzemi bekötőút melletti flotációs meddőhányó (Sóvágó Gyula felvétele)



4.21. ábra. A fenyves-völgyi flotációs meddőhányó (Sóvágó Gyula felvétele)



4.22. ábra. A fenyves-völgyi flotációs meddőhányó (Sóvágó Gyula felvétele)



4.23. ábra. A fenyves-völgyi flotációs meddőhányó (Sóvágó Gyula felvétele)

A kibocsátott víz szennyeződése

A tanulmányozott dokumentációk szerint a végmeddő vizének oldott fém tartalma időnként jócskán meghaladta az akkor megengedett határértéket. Például az 1960-as évek végén az oldott Zn tartalom a megengedett 5 mg/l határérték helyett elérte a 85 mg/l értéket. Ezért például 1970. I. negyedévében megváltoztatták a flotálás technológiáját.

A flotálásnál használt vegyszerek közül a H_2SO_4 mennyiségét csökkentették, míg a CuSO_4 mennyiségét növelték. A Zn flotálást megelőző ólomflotálás enyhén lúgos közegben történt. A lúgos közeg pH értékét mészhidráttal és szódával állították be. A pH növekedésével az oldott Zn tartalom megfelelő mértékben csökkent.

A technológiai paraméterek módosítása után az üzem a környezetét (befogadó) a megengedett mértéken felül már nem szennyezte (SÓVÁGÓ 1981).

A dúsítóművi meddő elhelyezése

Napjainkra ugyancsak környezetvédelmi kérdéssé vált a dúsítóművi meddő elhelyezése. A velencei-hegységi bányászat flotációs meddője döntően kvarcból és másféle szilikátokból

áll, de tartalmaznia kell a flotálással ki nem választott ólom, cink és másféle fémek vegyületeit is.

A meddőt kezdetben az előkészítőmű üzemi területén helyezték el egy gáttal körülkerített szögletes alaprajzú területen az üzemi bekötőút mellett (nem mellesleg közel a Rovákjapatakhoz). Ezért körgátas meddőhányónak is nevezték. Majd amikor a gátat már nem lehetett tovább magasítani, a szomszédos Fenyves-völgyben rakták le a meddőt. Ezt Fenyves-völgyi és völgyzárógátas tározónak egyaránt nevezték.

A finomra örölt flotációs meddő elhelyezésekor általában külön gondot okoz a felület kiporzása. A körgátas meddőhányónál ez 1970-ig nem okozott problémát, mert a meddőt zagy formájában töltötték a hányóra. Viszont amikor a zagyt a Fenyves-völgyi tározóba szállították, öntöző rendszerrel kellett gondoskodni a körgátas tározó felszínének nedvesen tartásáról (SÓVÁGÓ 1981).

A bányák fellelt műszaki dokumentációi nem szólnak arról, hogy a tározók alá aljzatszigetelést építettek volna be.

A 4.17. és 4.18. ábrákon a körgátas és a völgyzárógátas meddőtározók korabeli fényképfelvételei láthatók. A 4.19.-4.20. ábrák az üzemi bekötőút melletti körgátas, a 4.21.-4.23. ábrák pedig a Fenyves-völgyi tározók képeit mutatják. Látható, hogy a lerakott meddő felszíne azóta is szabadon van, növényzet nem nőtt be.

A velencei-hegységi fluorit- és ércbányászat termékei

A bányák és az előkészítőmű termékfajtáinak és azok mennyiségének összeállítása a következő dokumentumok alapján történt:

- A három bánya bezárásakor készített zárójelentések:

- 1..A Pátka-szűzvári bánya zárási dokumentumai (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B és ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968),

- 2..a Pákozdi Fluoritbánya zárási dokumentuma (PÁKOZDI FLUORITBÁNYA ZÁRÓJELENTÉSE), valamint

- 3..a Pátka-lejtőszaknai lelőhely készletbecslése (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1964) és a bánya zárási dokumentumai (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1973)

- Az Országos Érc- és Ásványbányák 25 éves fennállásának ünnepére készített összefoglalót, mely áttekinti egyebek között a velencei-hegységi fluorit- és tarkaérc, valamint a mátrai színesfémérc bányászatot (KUN 1989). Ugyancsak áttekintő jellegű a Velencei-hegység bányászatának 1949. és 1973. közötti történetét feldolgozó mű (SÓVÁGÓ 1981).

Fluorit termelés

A Pákozdi Fluoritbánya 1952. és 1961. között, a Pátka-Szűzvári Bánya 1954. és 1967. között termelt fluoritot, melynek évenkénti mennyisége a 4.1. és a 4.2. táblázatokban olvasható. A két bánya nyers termékeinek tömege a táblázatokban szereplő éves adatok szerint összesen 76870 t volt. A Pátka-Szűzvári Bányából 13637 t nyers fluoritot szállítottak el, melynek átlagos CaF_2 tartalma 65,7 m% volt. Előkészítésre a II. osztályú fluoritból adtak fel, melynek minősége a 4.3. táblázatban szerepel időszakban (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B, ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968). A Pákozdi Fluoritbánya termeléséből csak működésének utolsó két évben flotáltak koncentrátumot, a többit nyers termékként szállították el. Sajnos a pákozdi termékeknél az I. és a II. osztályú termékek tömege nem határozható meg, mert a minőséget a dokumentációkból egyes esetekben nem lehetett megbízhatóan megállapítani (PÁKOZDI FLUORITBÁNYA ZÁRÓJELENTÉSE).

Más forrásokból képet alkothatunk a pákozdi termékek minőség szerinti megoszlására, mely szerint „a pákozdi bányából összesen 7926 tonna I. osztályú, 114 t II. osztályú és 10573 t előkészítésre alkalmas ércet termeltek ki (SÓVÁGÓ 1981)”.

A pákozdi fluoritvagyon 1961-ben, a pátka-szűzvári 1967-ben merült ki. Értékesítettek összesen 21,8 kt nyers, és 8,4 kt dúsított fluoritot. A tarkaérc fluorittartalma a bányameddőben és a flotációs meddőben maradt (KUN 1989).

év	nyers fluorit termelés (t)
1952.	1614,8
1953.	2285
1954.	687,6
1955.	2423
1956.	2186
1957.	1606
1958.	1871
1959.	1136
1960.	2635
1961.	2238
összesen	18682

4.1. táblázat. A Pákozdi Fluoritbánya nyers fluorit termelése
1952. júniusától 1961. októberéig.

Az I. és II. osztályú fluorit nincs különválasztva, mert a minőség egyes esetekben nem volt megbízhatóan megállapítható.

(Forrás: Pákozdi Fluoritbánya zárójelentése)

év	I. osztályú fluorit termék tömege (t)	II. osztályú fluorit termék tömege (t)	összes fluorit termelés (t)	szállított nyers fluorit mennyisége (t)
1954.	2420	-	2420	1883
1955.	1110	1042	2152	1969
1956.	282	960	1242	1020
1957.	1571	629	2100	2655
1958.	1509	188	1697	2003
1959.	2152	515	2667	2152
1960.		529	529	15
1961.	65	1095	1160	75
1962.	632	5021	5653	672
1963.	620	6517	7137	508
1964.	656	8549	9205	656
1965.	29	6380	6409	29
1966.		8212	8212	
1967.		7505	7505	
összesen:	11046	47142	58188	13637

4.2. táblázat. A Pátka-Szűzvári Bánya nyers fluorit termelése az 1954-1967. időszakban (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B, ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968)

év	a feladott nyers fluorit száraz tömege (t)	a feladott nyers fluorit CaF ₂ tartalma (m%)	a koncentrátum tömege 5 m% nedvességtartalom mellett (t)	a koncentrátum CaF ₂ tartalma (m%)
1959.	619	22,24	88	89,37
1960.	501	39,07	182	90,90
1961.	1035	24,59	239	91,36
1962.	4586	25,36	1111	89,95
1963.	5832	23,91	1311	91,72
1964.	8112	18,98	1412	91,14
1965.	5920	23,82	1309	93,36
1966.	7555	17,72	1265	93,65
1967.	6889	21,85	1505	92,89
összes	41049	21,70	8422	

4.3. táblázat. Fluorit koncentrátum termelés a Pátka-Szűzvári bányából kitermelt nyers termékből (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B, ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968)

év	a termelt színesérc tömege (t)	a termelt színesérc ólomtartalma (m%)	a termelt színesérc cinktartalma (m%)
1961.	1476	3,07	1,08
1963.	9818	2,07	1,71
összesen:	11294	2,21	1,62

4.4. táblázat. A Pátka-szűzvári bánya színesfémérc termelés az 1961. és 1963. években (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B, ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK 1968)

Tarkaérc termelés

A Pátka-szűzvári bányában termelt színesfémérc tömege, valamint ólom- és cinktartalma a 4.4. táblázatban olvasható. Ebből az ércelőkészítő műben 1961. évben 50,16 t 70,00 % Pb-tartalmú ólomkoncentrátumot és 22,40 t 48,65 % Zn-tartalmú cinkkoncentrátumot állítottak elő. Az ólomszínpor mennyisége az 1963. évben 208,25 t volt 67,07 m% Pb-tartalommal, a cinkszínporé 202,71 t, 50,47 % Zn-tartalommal (ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT 1967B).

A velencei-hegységi tarkaércflotálás összesített fémmérlege a 4.5. táblázatban olvasható (KUN 1989 nyomán).

	nyersér c	ólomszínpo r	cinkszínpo r	végmedd ő	vesztésé g
<i>Kőrakáshegyi bánya</i>					
mennyiség (t):	138400	1302,2	9051,3	128000	
ólom tartalom (m%):	0,68	55,58	1,45	0,07	
cink tartalom (m%):	4,06	8,70	54,47	0,37	
ólom termelés (t):	948,1	723,8	131,6	89,8	2,9
cink termelés (t):	5624,3	113,6	4930,8	482,3	97,6
ólom kihozatal (%):		76,3	13,9	9,5	0,3
cink kihozatal (%):		2,0	87,7	8,6	1,7
<i>Pátka-Szűzvár bánya</i>					
mennyiség (t):	11300	258,5	225,1		
ólom tartalom (m%):	2,21	67,63	-		
cink tartalom (m%):	1,62	-	50,28		
ólom termelés (t):	249,7	174,8	-		
cink termelés (t):	183,0	-	113,2		
ólom kihozatal (%):	-	70,0	-		
cink kihozatal (%):	-	-	61,6		

4.5. táblázat. A velencei-hegységi tarkaércflotálás összesített fémmérlege
(KUN B. (1989) nyomán)

A velencei-hegységi bányákban a tarkaércet kedvezőtlen bányaműszaki adottságú és kis termelési kapacitású bányákban termelték magas önköltséggel. Ezért, hogy a flotálóműben előállított ólom- és cinkszínpor koncentrátumokat kedvezőbb gazdasági feltételekkel tudják hasznosítani, a gyöngyösoroszi ólom- és cinkszínporral együtt értékesítették azonos feltételekkel. Így ír erről az Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat 25 éves jubileumi kötete:

„Az igen kis kapacitású, rendkívül bonyolult bányabeli – a pákozdi fluorit esetében közúti – szállítás miatt a nyersércet sok költséggel termelték, gazdaságos üzemet csak jó minőségű érc biztosíthatott volna. Az ólomcinkércből termelt ólom- és cinkszínpor a *Gyöngyösoroszi*ban termelttel azonos dotációt, szubvenciót kapott, és azokat a *Gyöngyösoroszi*ban termelt színporokkal együtt exportálták. A bánya fenntartása így sem látszott gazdaságosnak. 1972-ben a termelést abban a reményben szüntette meg az OÉÁ vezetősége, hogy a folyamatos üzemből 210 kt/év-re felfejlesztett gyöngyösoroszi üzem a kieső termelést pótolni tudja. Az ércelőkészítő üzem 1973. január-februárban leszerelték, és *Rudabányára* szállították, hogy ott rézszínport termeljenek vele (KUN 1989).”

Összegzés

A velencei-hegységi fluorit- és ércbányászat történetére tekintve megállapítható, hogy az 1948. és 1972. közötti kutatási és bányászati tevékenység rövid életű volt, és méretét (az ásványvagyon és a termelési kapacitást) tekintve kicsi. A telérek – bár helyenként fluoritban, valamint cink- és ólomércben dúsak – vékonyak, kis kiterjedésűek, a fluorit és az érc minőségében változékonyak, és helyenként erősen tektonizáltak voltak. A mai értelemben vett gépesített tömegtermelés kialakítására a külföldi példákat is tekintve nem alkalmasak.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy a bányászkodás bő 23 éve alatt a bányabeli kutatással csak a felszíntől számított 100-150 méteres mélységig ismerték meg az akkor művelt teléreket, melyeket akkor ki is termeltek. A bányászat az akkori mércével mérve az 1960-as évek végén, illetve a kőrákáshegyi bányában, vagy ahogy akkor nevezték, a lejtaknai üzemből 1972-re az akkori mérce szerint főleg azért vált gazdaságtalanná, mert több tényező, például a szállító rendszerek bonyolultsága, nehézkessége és kis kapacitása, a nyers termék kis fluorit tartalma, a viszonylag kicsi ásványvagyon, stb. gazdaságos művelést nem tett lehetővé (SÓVÁGÓ 1981). A megkutatott, feltárt és fejtesre előkészített ásványvagyon elfogyott. A bányászat megszűnt, vele a kutatás is, így a mélyebben fekvő ásványvagyonról nem sokat lehet tudni.

Lehet, hogy kissé korán minősítették az 1950-es évek elején érchegységnek a Velencei-hegységet, de a bányabeli kutatással kapcsolatos leírások utalnak arra, hogy a művelt telérek tulajdonságai bizonyos tekintetben hasonlítanak a recki Lahóca-hegyi lelőhelyre (SÓVÁGÓ 1981). Talán megérne egy felderítő célú kutatást végezni a felhagyott bányászati területen 150 méternél nagyobb mélységben, hogy van-e jelentősebb ércesedés a mély szinten, esetleg a gránittest és mellékközetek határán a kontakt zónában további ércesedés.

A Velencei-hegységi bányászat emlékezete ma

Magyarországon régóta szokás az, hogy a bányász településeken megünneplik a szeptember 6-i bányásznapot és a december 4-i Borbála napot egyaránt. Még azokon a településeken is, ahol a bányászkodás már régen megszűnt. Ennek a hagyománynak a nyomait kutatva tekintettük át Pákozd nagyközség, valamint Lovasberény és Pátka községek hivatalos honlapjait (PÁKOZD NAGYKÖZSÉG HIVATALOS HONLAPJA 2013, LOVASBERÉNY KÖZSÉG HIVATALOS HONLAPJA 2013, PÁTKA KÖZSÉG HIVATALOS HONLAPJA 2013). A három honlap egyike sem említi a település történetében, hogy ott valaha bányászkodtak volna, továbbá a települések életéről szóló beszámolók között sem akadtunk sem bányásznapi sem Borbála-napi megemlékezésekről szóló tudósításokra. Az irodalomkutatás viszonylagos eredménytelenségéből valószínűsíthető, hogy a közel negyedszázados bányászat a nevezett települések lakóinak emlékezetében nem hagyott maradandó nyomokat. Talán túl rövid ideig tartott, és már régen is volt. Szerencsére emlékezetes, súlyos baleset nem fordult elő.

Figyelemre méltó tény az is, hogy a magyarországi ásványi előfordulások között a Velencei-hegységet, főleg annak nyugati területét, a székesfehérvári Öreg-hegytől Pákozdon és Pátkán át Sukoróig és Nadapig ma is jeles fluorit előfordulásnak tekintik. Persze nem bányászati, hanem ásványtani, mineralógiai értelemben (GEOMÁNIA – MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNY-LELŐHELYEK 2013 és SZAKÁLL 2011). Ez a honlap is számos, nagyon szép ásvány fotót közöl (GEOMÁNIA, FLUORIT GALÉRIA 2013).

FÖLDTANI FELÉPÍTÉS ÉS NYERSANYAGOK

MÁDAI FERENC

Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet

E-mail: askmf@uni-miskolc.hu

Nagyszerkezeti helyzet

Földtani egységek

Utómagmás tevékenység

Az ércesedés kora

A velencei fluoritos ércesedések teleptani, ásványos jellemzői

Kőrakás-hegy

Pátka-Szűzvár

Pákozdi Fluoritbánya

László-tanya

További fluorit előfordulások

A teleptani viszonyok összegzése

E fejezetben áttekintést adunk a Velencei-hegység főbb földtani jellemzőiről, fókuszálva a fluoritos előfordulásokra. Így részletesen tárgyaljuk a hidrotermális fázisok eredményeként kialakult ásványtársulásokat, a fluoritos ércesedést is okozó fázis korára vonatkozó vizsgálatokat és elméleteket. Irodalmi adatok alapján adunk egy részletes összesítést a három bányában – Pátka-lejtősaknai (kőrakás-hegyi) Bánya, Pátka-Szűzvár Bánya, Pákozdi Fluoritbánya – termelt nyersanyagok teleptani tulajdonságairól.

Nagyszerkezeti helyzet

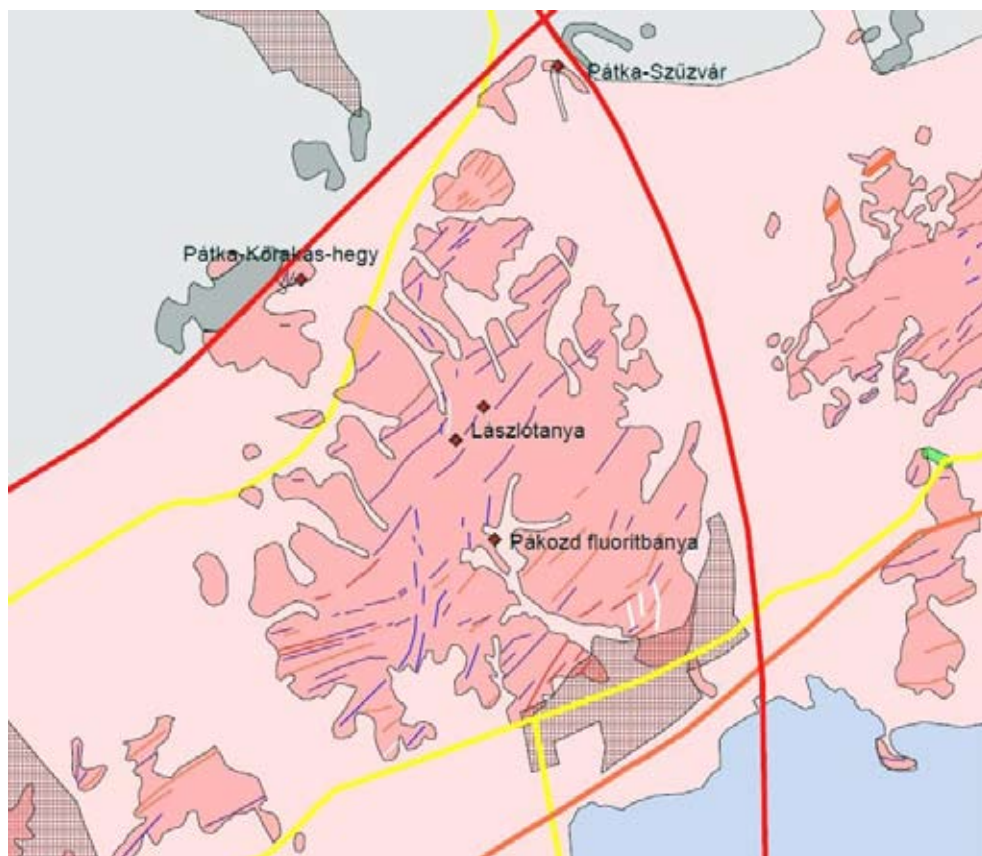
A Velencei-hegység az ALCAPA nagyszerkezeti főegység szegélyéhez közel, a Periadriai-Balaton vonalrendszerétől északra, a Pelsoi összetett egységen belül a közép-dunántúli egységben helyezkedik el (HORVÁTH et al. 2004). E vonalrendszer a Kárpát-medencét felépítő két fő tektonikai egységet (ALCAPA, Tiszai egységek) választja el (HORVÁTH et al. 2004), mely a triástól kezdve meghatározó szerkezeti zóna. Az ALCAPA főegység az oligo-miocén során mintegy 500 km-es K-i elmozdulással távolodott el az alpi kollíziós zónától a Periadriai-Balaton zóna mentén. Az eltávolodás során több kisebb allochton egység nyíródott le (KÁZMÉR & KOVÁCS 1985), mint ahogy a Velencei-hegység is (BENKÓ 2008).

A hegység két nagyobb szerkezeti egységre osztható (HORVÁTH et al. 2004): a nyugati nagyobb része (kb. 40 km²) a variszkuszi gránit intrúzió szegélyén palaköppennyel, a keleti kisebb részén mészkalkáli neutrális, paleogén korú magmás komplexum található, mely a gránitba, illetve palába nyomult. A hegység két részét az ÉNY-DK-i csapású Nadapi-vonal választja el. A gránit vonulat két nagyobb egységre osztható a közel ÉÉNY-DDK-i csapású Pákozdi-vonal mentén: 1. a nyugati Pákozdi-Pátkai egységre, melyhez Székesfehérvár felé még további kisebb kibúvások sorolhatók; 2. a Nadap-Sukorói egységre, mely a gránittest ÉK-i vonulata a Meleg-hegy, Gécsi-hegy, Sukoró területén (lásd 5.1 ábra). A nyugati egység tartalmazza azokat a kvarc-fluorit-polimetallikus teléreket, melyeken a múlt század második felében komolyabb bányászati tevékenység folyt.

A hegységet északról a Lovasberényi-vonal, keletről a Váli-vonal, míg délről a Periadriai-Balaton nagyszerkezeti vonal határolja. A gránit és pala képződményeket nyugat és észak felé, valamint a felszínen lévő tömbök között miocén és negyedkori üledékek fedik.

Földtani egységek

A Velencei-hegység nagyobb kiterjedésű földtani egységei a gránit intrúzió, a palaköpeny, valamint keleten a paleogén magmás komplexum. Ezt a földtani képet további kis intrúziók és több fázisban megjelent hidrotermális telérek bonyolítják.



5.1 ábra. Földtani szerkezeti vázlat a Velencei-hegység nyugati területéről
(GYALOG & HORVÁTH (1999) térképe alapján)

A hegység nyugati egységének fő tömegét alkotó gránit ópaleozoós üledékekbe nyomult (Lovasi agyagpala formáció, O-D-C). Az agyagpala a karbon során anchimetamorf átalakulást szenvedett, gyűrt, takarós szerkezetbe rendeződött, valamint a gránittal érintkező széles sávban kontaktizálódott.

A Velencei gránit formációt S-típusú, posztorogén biotitos monzogranit épít fel (BUDA 1981, 1985, UHER & BROSKA 1994). A gránitot a metamorfózis nem érintette. A gránit ásványi összetétele aránylag egyszerű: kvarc, ortoklász, plagioklász (oligoklász) és biotit a közetalkotó ásványai, járulékosan a következő ásványok jelennek meg benne: apatit, cirkon, rutil, magnetit, ilmenit, allanit, xenotim, titanit (BUDA 1985, BUDA & NAGY 1995). A gránit kristályosodása 680°C-on történt (BUDA 1993), radiometriai koradatok alapján késő-karbon

– kora-perm korú (280-300 Ma) (BALOGH et al. 1983). Hasonló korú gránit plutonitok ismeretek a Periadriai nagyszerkezeti vonal mentén: Eisenkappel az Alpokból, eltemetett rögök a Pannon-medencében (Sárvár Sá-I, Sá-3, Buzsák Bu-É1, Dinnyés Di-3 fúrásokból) (BENKÓ 2008).

A pala és a gránit kontaktusán andaluzitos csomópala képződött. A kontaktzóna a gránittest keleti (Nadap-Sukorói egység) szegélyén ismert, máshol a kontaktus már csak tektonikus. A megmaradt kontaktzóna ásványai andaluzit, turmalin, muszkovit, biotit, kvarc. A gránittest felső kontaktzónájában kvarc-földpát összetételű pegmatitok képződtek 300-400 és 500-600 °C közötti hőmérsékleten, 2 kbar nyomáson (BUDA 1969, 1985, MOLNÁR 1997).

A gránit kihűlésének idején, a kristályosodás késői fázisában törték át a gránittestet a maradékolvadék különböző differenciátumai, melyekből aplit, mikrogránit és gránit-porfir telérek keletkeztek.

Az aplit telérek szerkezete egyszerű: finomszemű kvarc és földpát építi fel. A telérek vastagsága eléri az 1 m-t (VENDL 1914), hosszuk néhány száz méter. Az aplit telérek az ÉK-DNY-i csapású dilatációs hézagokat töltötték ki a gránitban.

A gránit-porfir telérek szintén ÉK-DNY-i csapásúak, de előfordulnak ettől keleti irányba forduló csapással is. Szélességük eléri a 25 m-t, összetételükben a finomszemcsés alapanyagban centiméteres kvarckristályok mutatkoznak. A Pákozdi-Pátkai egységben a gránit-porfir alapanyaga zöldes-sárgás színű, míg a Nadap-Sukorói egységben szürkés-rózsaszín (HORVÁTH et al. 2004).

A területen ismert néhány, maximum 1 m vastagságú lamprofir telér (Budakeszi pikrit formáció) a Pákozdi-Pátkai egység délkeleti részén. A telérek flogopitjából mért radiometrikus korok 69 Ma-t adtak (BALOGH 1985), mely késő-krétának felel meg. Az alkáli-ultrabázikus lamprofir telérek összetétele moncsikit-spesszartit és beforszit, csapásuk É-D-i, így a kompresszióra merőleges repedésrendszerekben képződtek. Hasonló kőzetek ÉK felé ismertek több helyen (Vál, Mátyás, Csabdi, Budapest, Budakeszi), majd Szlovákia felé ennek folytatásában is (HORVÁTH et al. 2004).

A spesszartit telérek szövete apró porfíros, fő kőzetalkotó ásványai plagioklász, kevés káliföldpát, valamint színes ásványként kearsutit és diopszidos klinopiroxén. Opak ásványai ilmenit és magnetit (HORVÁTH et al. 2004). JANTSKY (1957) e kőzetet kerzantitként említi.

A moncsikit telér aprószemcsés, kissé porfíros szövetű, fő kőzetalkotó ásványai olivin, klinopiroxén, flogopit, analcim, kalcit és klorit.

Egy másik alkáli-ultrabázikus karbonatit telérkőzet (beforszit) idősebb korról ($77,6 \pm 3$ Ma) ismert a Sukorótól Ny-ra mélyült St-1 térképező fúrásból (Balogh et al. 1983). A kőzet

közel fele karbonát ásványokból – dolomit, Fe-magnezit – áll, valamint flogopit, savanyú plagioklász, K-földpát és kvarc alkotja. A fűrés környezetének felszínét megemelkedett RFF (450-530 ppm), Nb (1390 ppm) koncentráció jellemzi. DOBOSI & HORVÁTH (1988) a kőzet térbeli kapcsolatát az Alcsútdoboz Ad-2, Diósd Di-1 és Vál-3 fűrésokből ismert alkáli ultrabázikus kőzetekhez köti, melyekhez foszforit, fluorit, RFF, Nb-Ta, Pb-Zn mobilizációk kapcsolódnak.

A Nadapi-vonaltól ÉK-re húzódik a paleogén vulkáni egység (Nadapi andezit formáció), melynek fő tömegét közepes-magas K-tartalmú, enyhén tholeiites mészkalkáli andezit (BENEDEK et al. 2004) és bazaltos andezit (Kapolnásnyéki tagozat) alkotja és amelyeket szubvulkáni diorit testek (Cseplekhegyi diorit tagozat) törtek át. E magmatitok késő-eocén–kora-oligocén korúak (BALOGH et al. 1983; BAGDASZARIAN 1989). A paleogén vulkanizmus az Apuliai mikrolemez és az Európai lemez kollíziójához kapcsolódik, melynek magmás kőzetei Recsktől a Velencei-hegységen, Zalai medencén át a Nyugati-Alpokig követhetők (BENEDEK 2002).

A paleogén vulkanit is az ópaleozoós Lovasi agyagpalába nyomult. A palában a paleogén vulkanizmus kontakthatása kovásodást, alunitosodást, limonitosodást, pirofillit képződést okozott (GASZTONYI & SZABÓ 1978, BAJNÓCZI et al. 2002).

Utómagmás tevékenység

A gránit testeket több fázisban hidrotermális folyamatok alakították át. BENKÓ (2008), BENKÓ et al. (2010, 2012) munkái alapján e hidrotermális események a karbontól a paleogénig terjedő időszakban több szakaszban történtek.

A pegmatitos fázis előfordulása csekély mértékű, a pegmatitok kisebb fészkeket, miarolitós üregeket alkotnak, melyek fő alkotói JANTSKY (1957) megfigyelései alapján káliföldpát és kvarc, alárendelten biotit és muszkovit jelenlétével. Legnagyobb méretű kifejlődése a székesfehérvári „aplitfejtőben”, kisebb testjei a Pákozdi-Pátkai egységben – Zsellérek legelője, Pákozdi Fluoritbánya környéke, Tompos-hegy –, valamint a sukorói Ördög-hegy és a Gécsi-hegy környékén jelentkeztek (NAGY 1980).

Pneumatolitos fázishoz sorolta JANTSKY (1957) a palaköpeny turmalinosodott részeit, a turmalinos gránitot, gránitporfir és aplit testeket, a fluoritosodott, turmalinosodott, muszkovitosodott, albitosodott gránitot, valamint a molibdenites kvarcteléreket.

Fluoritosodott gránit a hegység keleti részén, a sukorói Olasz-kőfejtőben és az Enyedi-kőfejtőben mutatkozik (NAGY 1980). Molibdenit az alsó- és felső retezi kőfejtőből, majd az ide telepített Retezi-lejtőszaknából ismert (0,03%), de kimutatták az ördög-hegyi lejtőszaknában, a nadapi kutatótáróban, valamint a Pákozdi Fluoritbányában is. Volfrám-tartalmú

ásványokat a nadapi kőfejtőből (volframit), illetve az Antónia-hegy környékéről mutattak ki (NAGY 1980), amik szintén a pneumatolitos fázishoz sorolhatók.

A gránitos területek keleti részén a hidrotermális teléreképződés a kőzet erőteljes elbontódásával járt, a kvarcon kívül minden fő kőzetalkotó ásvány elbontódott, a kvarc pedig rezorbeálódott (FÉLEGYHÁZI 1968). A nyugati területen a hidrotermális átalakulás gyengébb: a földpátokra csak kezdődő kaolinosodás jellemző.

A hidrotermális fázishoz kötődve a Pákozdi-Pátkai és Székesfehérvári egységben ismernek azok a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek, melyek a bányászat során termelt fluoritot is hordozták. A telérek fő ásványai kvarc, fluorit, galenit, szfalerit, kalkopirit. Szövetük szalagos-zónás és breccsásodott. Kokárda szövetű érc kiválások is gyakoriak, ami az ércesedés több fázisára, valamint ismétlődő tektonikus aktivitásra utal. A kvarc-fluorit-polimetallikus telérek a Pákozdi-Pátkai egység délnyugati szegélyén (Tompos-hegy) DNY-ÉK-i csapásúak, majd ettől északkeletre, a Pákozdi Fluoritbányánál É-D-i csapásúra fordulnak. Tovább észak felé (Lászlótanya) már ÉÉNY-DDK-i csapást mutatnak, és ez folytatódik a Pátka Szűzvári bányában is.

FÉLEGYHÁZI (1968) szerint a pákozdi típusú ércesedés egy hasadékhálózat mentén alakult ki hidrotermális elbontással, átkvarcosodással, helyenként erős fluoritosodással. A szűzvári típusút jól követhető hidrotermális telérek jellemzik szabályos kvarcszegéllyel (salband). A Kőrakás-hegyi ércesedésre breccsás ércetek kialakulása jellemző, melyek egy szabálytalanul felnyílt gránit kupolába nyomultak.

BENKÓ (2008) kén izotóp mérései a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek galenitjéből és szfaleritjéből azt mutatják, hogy e telérek szulfidásványai 250°C körül kristályosodtak ki. A telérek kora hosszú időn át vitatott volt, a kérdést külön fejezetben tárgyaljuk.

A Nadap-Sukorói egységben a Meleg-hegy nyugati oldalán kvarc-baritos erek ismertek, melyek közül a legvastagabbat az 1940-es évek végén megtalálták és utána teljesen le is művelték.

A gránit posztmagmás hidrotermális átalakulása kvarc-molibdenites stockwerkes ereket alakított ki a Nadap-Sukorói egységben. Képződésük 1-2,4 kbar nyomáson, 280-300 °C hőmérsékleten történt (MOLNÁR 1997).

Hidrotermális tevékenység a paleogén vulkanizmushoz is kötődik, melynek nyomai a Nadap-Sukorói egységben, főleg a Meleg-hegy környezetében ismertek. Ez az aktivitás a gránitban illites, illetve illit-kaolinites átalakulást okozott (BENKÓ et al. 2010).

A Meleg-hegy oldalában és tetején kovás breccsában, a gránit és pala kontaktusa mentén enargit, kalkopirit, fakőérc, galenit, molibdenit, antimonit, cinnabarit tartalmú ércesedés ismert (VARJÚ 1974), helyenként jelentős Au dúsulással (KUBOVICS 1958). A gránitba nyomult

andezit telérekhez molibdenites ércesedés kötődik. Színesérc indikáció a palában is kialakult kaolinites-alunitos jelleggel, melynek ásványai szfalerit, galenit, fakóérc, kalkopirit, molibdenit és termésarany (BÖJTÖSNÉ-VARRÓK 1967).

Az ércesedés kora

A kvarc-fluorit-polimetallikus ércesedés kora máig nem teljesen egyértelmű. Egyes kutatók (VENDL 1914; JANTSKY 1957; MIKÓ 1964) ezt az ércképző fázist a gránitos magmatizmushoz (felső-karbon) kötötték. Mások, elsőként FÖLDVÁRI (1947), majd KASZANITZKY (1959) és KISS (1954) vetette fel, hogy az ércesedés a paleogén vulkanitok kialakulásához köthető.

Geokémiai vizsgálatok alapján – melyek a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek kalcitjából származtak – ÓDOR (1985), HORVÁTH et al. (1983), HORVÁTH & ÓDOR (1984) vetették fel e telérek kapcsolatát a felső-kréta korú alkáli-ultrabázikus lamprofir telérekkel. Ezt a kvarc-fluorit-polimetallikus telérekből vett kalcit és a lamprofir telérek kalcit fészkein mért szén és oxigén izotópok összehasonlítására alapozták, valamint a fluoritból és a lamprofirból származó ritkaföldfém elemsor koncentrációk hasonló lefutására.

Ugyanakkor már HORVÁTH et al. (1989) felvetette a triász kort is, melynek közvetlenül a területen nincsenek kőzetei, viszont andezites telérek ismertek ebből a korból, a Polgárdi mészkőből (BALOGH et al. 1983; BAGDASZARJAN 1989) és a szabadbattyáni ércesedésből (DUNKL et al. 2003).

BENKÓ (2008) doktori munkájában több módszer – hidrotermálisan képződött agyagásványok kora, galenit Pb-izotópokból számított abszolút kor, fluid zárvány vizsgálatok – eredményeként a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek korára felső-triászt (227-213 Ma) határozott meg. A gránitos egységekben hidrotermálisan képződött agyagásványokat összetételük alapján három csoportba sorolta:

1. illit-kaolinit-szmektites a gránitból,
2. illit-dickites a gránitból, és
3. illites a gránitból illetve andezit telérekből.

Az 1. csoport mintái döntően a Pákozdi-Pátkai és Székesfehérvári gránitos egységből származtak, olyan mintákból, melyek a kvarc-fluorit-polimetallikus előfordulásokat kísérik (Pákozdi Fluoritbánya, Suhogói lejtősakna, Pátka Szűzvári bánya, Pátka Kőrakás-hegy). E típusból az agyagásvány koradatok (K/Ar) triász kort adtak.

A 2. típus a Nadap-Sukorói egységből vett mintákon – pala-gránit kontaktushoz közel – döntően felső-kréta kort adott. A 3. típusból a minták paleogén kora jól illeszkedik az andezites vulkanizmus korához.

BENKÓ (2008) szerint a triász korú fluidum mozgás a hegység egész területét érinthette. A paleogén andezites vulkanizmushoz kapcsolódó hidrotermális átalakulás viszont a gránit komplexum keleti szegélyzónájára jellemző. A kréta kort adó illit-dickites átalakulást kevert kornak tartja, ami szerint nem köthető önálló hidrotermális eseményhez.

Ez alapján legalább két, a gránit magmatitok képződéséhez közvetlenül nem köthető hidrotermális esemény (triász, illetve paleogén korú) jelentkezett a területen, melyek közül a korábbi eseményhez köthető a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek képződése.

BENKÓ (2008) a kvarc-fluorit-polimetallikus ércesedés triász korának másik, geokémiai bizonyítékának véli a Pb-izotóp arányok értékeit. Ezen arányok alapján a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek jó egyezést mutatnak a D-alpi régióban ismert MVT típusú Pb-Zn ércesedések (Bleiberg-Krauth, Mezica, Salafossa, Raibl, Gorno, Auronzo, Lafatsch) hasonló adataival (BENKÓ 2008), melyek triász korúak.

A Pb-izotópokon BENKÓ (2008) mért kor értelmezése ugyanakkor ennek ellentmond. A CUMMINGS & RICHARDS (1975) modell szerint számolt korok fiatal szélsőértéke (286 Ma) jó egyezést mutat a kőzetben mért korokkal (üde biotit kor: 275-280 Ma; BUDA 1985), illetve U/Zr arányból számolt korról (285 Ma; BUDA szóbeli közlése in BENKÓ 2008). A STACEY & KRAMERS (1975) modellel számolt kor 300 Ma körüli, ami szintén közeli a gránit magmatizmus korához.

A kvarc-fluorit-polimetallikus telérek önálló ércesedési fázisára lehet következtetni a fluid zárványok, zárvány síkok tanulmányozása alapján is. MOLNÁR et al. (1995), MOLNÁR (1996, 1997, 2004) szerint a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek zárvány együttese az oldatok összetétele és a fázisarányok alapján különböznek a gránitos magmatizmushoz, illetve a paleogén vulkanitokhoz köthető hidrotermális telérek zárvány együtteseitől.

A velencei fluoritos ércesedések teleptani, ásványos jellemzői

A Velencei-hegységben a Pákozd-Pátkai egység hordozta azokat az ércesedéseket, melyek műrevaló ásványvagyont eredményeztek: Pákozd-i Fluoritbánya, Pátka-Szűzvár fluorit-színesérc bánya, Pátka-lejtőszaknai (Kőrakás-hegyi) színesérc bánya, illetve további reménybeli vagyont, melynek kutatása technikai okokból lehetetlenült el (Suhogói lejtőszakna).

Kőrakás-hegy

A Kőrakás-hegyi bánya a hegység északnyugati peremén létesült, a gránit-pala kontaktus közelében. A kontaktus tektonikus, a pala itt kontakt metamorf hatásra csomós palává alakult, melyben kvarc, muszkovit, biotit, andaluzit fejlődött ki. A bánya alapvetően színesércet

(döntően szfalerit és galenit) adott, fluorit-tartalma alárendelt volt és csak kísérő ásványként jelent meg, illetve néhány telérszakaszon mutatkozott jelentősebb mennyiségben (KREISCHER et al. 1973).

Az előforduláson a legmélyebb feltárás a felszíntől számított 230 m (-71 m Af) mélységen folyt. A felszínen a telér sejtesen kioldott kvarctelérként mutatkozott, melyben már VENDL (1914) is említett fluorit nyomokat. 1948-ban Földvári Aladár kitűzése alapján a kutatást aknával kezdték, kezdetleges módszerrel. A kezdő aknából Jantsky Béla javaslatára hajtott tárókkal a 30 m-es mélységben érték el a galenitben gazdag telért, mely 60 cm vastag volt. A galeniten kívül a telérben szfalerit, kalkopirit és kevés antimonit jelentkezett.

1951-ben erre az eredményre alapozva lejtőszaknát telepítettek, mely a teléres zónát északkelet felől közelítette meg. A lejtőszakna hidrotermálisan bontott, berezitesedett gránitot tárt fel, melynek repedései, elválási felületei fluoritosodtak, halványlila színt adva a felületeknek (JANTSKY 1957). A fő telért a lejtőszaknával a +76 m Af szinten érték el, ahonnan aknával további, +39, +7, -31 és -71 m Af szinteket létesítettek.

A kőrákás-hegyi fő érctest egy 150-200 m hosszú, igen változékony vastagságú és lefutású hidrotermális telér, csapása közel É-D-i (ÉÉK-DDNy). A terepszint magassága 150 m Af körül mozog, a fő telér a +76 m Af szint feletti zónában ismert. A fő telér mellett két leágazást is találtak, melyek csak a mélyebb szinteken ismertek. Egyikük 80 m hosszú, 0,8-4 m vastagságú és ÉNY-DK-i csapású, míg a másik 120 m hosszan követhető, változékony szélességű (maximum 7 m) és ÉK-DNY-i csapású.

A felszínig követhető É-D-i főtélér vastagságában és minőségében is szeszélyesen változó. Ez a telér a lejtőszakna talpszintjén (+76 m Af) a középső szakaszán közel függőleges, É-ra és D-re viszont fokozatosan elhajlik. Feljebb kelet felé elcsavarodik és a Földvári által nyitattott aknában ér a felszínre. A felszíni 20-25 méteres szakasza erősen kilúgzott, töredezett, galenites fészkeket, lencséket tartalmazott (KREISCHER et al. 1973).

A +7 m Af szinten a főtélér kedvező kifejlődésű volt: 80 m hosszan mutatkozott összefüggő ércesedés, melynek utolsó feltárt 10-12 métere volt fluoritos. A főtélér minősége a +7 m Af és +76 m Af között az aknától északra gyengébb minőségű ércet adott, az aknától délre a felszínig követhető, a +76 és +106 m Af szintek között jó minőségű volt.

Az ÉNY-DK-i telér kiterjedése és minősége a főtélérnél egyenletesebb, különösen jó minőségű volt a -31 és +39 m Af szintek között. Ez volt a bánya legjobb szakasza úgy mennyiségben, mint minőségben (KREISCHER et al. 1973). A +39 m Af szintből nyitott feltörésben a telér 11 m után vető mentén irányt váltott, majd a pala határon eltűnt.

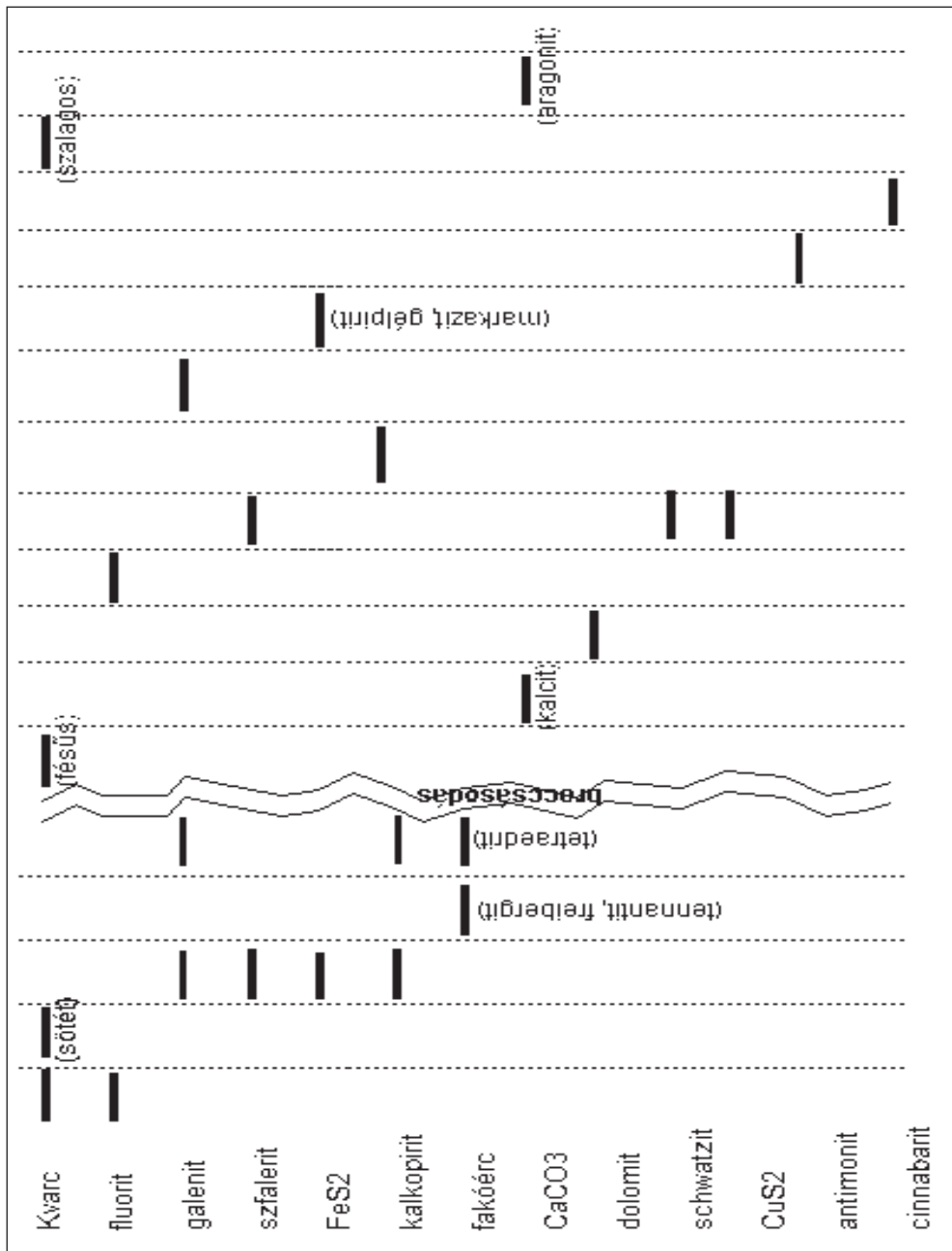
Az 1966-ban a -70 m-es szinten felfedezett ÉK-DNY-i telér szintén a +39-m Af szint felett 8-10 m-rel a pala kontaktussal elnyíródik. A -70 m Af szinten ezt a telért 120 m hosszan, a -31 m-en 140 m hosszan tárták fel. E telér szintén a -31 és +39 m Af szintek között adott jó minőségű ércet. A +7 m Af szinten 120 m hosszan dús cinkben gazdag ércesedés mutatkozott (Zn: 3-8%; Pb: 0,2-1%). A +39 m Af-en feltárt 80 m hosszú, átlagosan 2 m széles telér utolsó feltárt 5 m-e volt fluoritos (KREISCHER et al. 1973).

A telérek vastagsága változó, az átlagos vastagság 3 m körüli. A +76 m Af szint felett az érc uralkodóan galenites, melyet szfalerit kísér kevés antimonittal. A telérekben lefelé a galenit-tartalom csökken, a szfalerit válik uralkodóvá, mellettük megjelenik a fakóérc és a kalkopirit is. A lelőhely legalsó szintjei döntően szfaleritesek, alárendelten pirittel és kvarccal.

A telérek anyaga legtöbbször breccsás szerkezetű, az érces anyag többnyire a breccsa cementáló anyagában jelentkezett, de a telérkvarcos klasztokban is megtalálható volt (KREISCHER et al. 1973). A többszöri felnyílás és ércképződés eredményeként ismétlődő, kokárda-szerű kiválások alakultak ki. A kisebb teléreket kvarcszegély (salband) övezi.

Az ércesedés ásványparagenezisét és kiválási sorrendjét NAGY (1980) vizsgálati nyomán az 5.2. ábra mutatja. A fő ércesedés Kiss János szerint egy fázisban történt (KISS 1954). A kiválási sorrendben a szfalerit megelőzte a galenitet, a szfaleritbe kisebb mennyiségben réz és vas épült be. NAGY (1980) adatai szerint a szfalerit 1500-6000 ppm rézet, 1000-2000 ppm higanyt és 1500-6000 ppm ólmot is tartalmazott. A galenit ezüst- (300 ppm), réz- (400-6000 ppm) és antimon-tartalma (400-4000 ppm) viszonylag magas (NAGY 1980). Az ezüst és antimon dúsulása a fakóérc zárványokhoz, a réz a kalkopirit zárványokhoz köthető. A hőmérséklet csökkenésével a galenit és szfalerit helyett további ércásványok váltak ki, illetve szorították ki a korai kiválású társulást. Magasabb hőmérsékleten döntően kalkopirit, alacsonyabb hőmérsékleten fakóérc, kalkozin, ritkábban pirit helyettesíti a cink- és ólom szulfidokat (KISS 1954). A fluorit döntően a kovás telérektől függetlenül, hintésekben, ereken jelentkezik xenomorf kristályokat alkotva, képződése a fő ércképződésnél későbbi.

A Kőrákás-hegyi bányában az 1965-ig a megkutatott (földtani?) vagyon 180 000 t ércet tartott nyilván 1,23% Pb és 4,81% Zn átlagos minőséggel (FÜLÖP 1984). A Kőrákás-hegyen az ércesedés és a fluoritosodás egymáshoz kapcsolódott, bár a lelőhely fluoritban szegény volt, viszont a bányászat befejezési szakaszában a palaburokban jelentős kvarc-fluorit indikációt találtak (CSÁSZÁR et al. 1978).



5.2. ábra. A kőrös-hegyi ércesedés kiválási diagramja NAGY (1980) után

Pátka-Szűzvár

A Pátka-szűzvári telér a hegység északi peremének közelében, a Zámolyi töréshez közel helyezkedik el. A telér mellékközete zónás-földpátos, zöldes biotit fészkeket tartalmazó gránit. A telér mentén szabálytalanul változóan limonitos, kaolinites elváltozás jelentkezik. A hidrotermális bontott zóna vastagsága a telér mentén 10-15 m-t is elér, néhol viszont igen vékony. A telért a felszínen általában vastagabb lösztakaró fedi, melynek vastagsága a 40 m-t is eléri (FÉLEGYHÁZI 1968).

A lelőhelyen a fluorit-tartalom a mélység felé csökkenő, a színesércké kissé növekvő tendenciát mutatott (5.1. táblázat) (MIKÓ 1964). A Kőrakás-hegyi bányával szemben ezt a bányát elsősorban a fluorit-tartalma miatt művelték, a színesérc mennyisége másodlagos volt. A felszínre kibukkanó 40 cm vastag kvarctelért, melynek ércásványai üregesen kilúgzódtak, és kalkopirit, galenit nyomokat mutattak, már Vendl Aladár megemlítette 1914-es kutatása során. A részletes kutatás kezdetén, 1951-ben a telér kibúvásának kitermelése után 1 m-es mélységben galenites-cerusszitos ércet találtak.

szint	Pb-tartalom (%)	Zn-tartalom (%)	fluorit-tartalom (%)
+ 89 m Af	2,4	nyomokban	55
+ 55 m Af	2,5	0,5	4,5

5.1. táblázat. A Pátka-Szűzvár bánya +89 m Af és +55 m Af szintjein az érc ólom-, cink, és fluorit-tartalma (MIKÓ 1964)

A szűzvári szintes kutatótárót 1951-ben kezdték el hajtani észak felől, déli irányba. A táró bejáratának szintje 154 m Af volt. A telért 45 méternél érték el. A telér 500 m hosszan volt követhető, közel É-D-i csapású, nyugat felé dől 70-80°-ban, dölése aránylag egyenletes.

A táró közepétől 75 m mély vakakna létesült, melyből 35 és 70 m mélységben (+120 m; +89 m) indultak kutatóvágatok mindkét irányba. E három kutatószinten végzett feltárások alapján a telér északon a Zámolyi törés mentén tektonikusan érintkezik a palával. A gránit-pala kontaktkushoz közeledve egyre töredezettebbé válik, 5-10 m-es elvetési távolsággal. A telér a déli végén szétseprűződik és elmeddül a kvarcporfirban (FÉLEGYHÁZI, 1968).

A szintes táró (154,2 m Af) 200 m hosszú északi szakaszán a telért 30-40 méterenként K-Ny-i csapású, 70-80°-os északi dőlésű vetők szabdalták 10-15 m-es elvetési távolsággal. A telér itt 10-50 cm között ingadozó vastagságú és csak néhány méteres szakaszán dúsult fluoritban. A vakaknától délre egy 300 m-es szakaszon a telér jóval kevésbé tektonizált, jól kö-

vethető, a vetők menti elvetési távolság 1 m-nél kevesebb. A déli szakasz első 60 méterében a 20-40 cm vastag telérben fluoritos és meddő kvarcos szakaszok váltakoznak. A további 100 méteres szakasz a leggazdagabb fluoritban, majd tovább a növekvő tektonizáltság mellett elvékonyodik és elmeddül.

A tárószintben a telér a fedő oldalon sejtiesen kilúgzott, a fekvő oldalon viszont vastkos (tömeges) érces volt. A telér szerkezete a mélység és csapás mentén is lencsék, lencse alakú testek sorozataként jelentkezett, erősen változó vastagsággal (JANTSKY, 1957).

A telér szélessége az északi szakaszon 40-60 cm, a jól követhető déli szakaszon hosszabb távolságon 80-100 cm volt.

A +120 m Af szinten a táró a vakaknától északra az első 90 m közepes vastagságú meddő kvarcos telért, utána aplit telért harántolt, majd egy erősen zavart zóna után ércben gazdag, galenites szakaszba futott, mely a gránit-pala határig terjedt. E szakasz közepes vastagságú, de nem perspektivikus Pb-ércet mutatott (FÉLEGYHÁZI 1968). E szint déli szárnya volt a bánya fluoritban legdúsabb szakasza: 120 m hosszan 0,8 – 1 m széles, 80-90%-os tisztaságú fluoritot adott. A további szakaszon néhány fluoritos szakasz kivételével a telér meddő kvarcos volt.

A +89 m Af szint északi szakaszán az első 60 méteren 20 cm széles kovás kitöltésű telér volt, majd egy 100 méteres szakaszon 40-60 cm széles, műrevaló galenites telérbe ment át. A déli szakaszon az első 80 m teljesen meddő volt, majd kis vastagságú kvarc-fluoritos és tisztán kvarcos szakaszok váltakoztak. A további szakasz fluoritban viszonylag dús volt, de a +120 m-es szinten kapott minőséget nem érte el.

A + 55 m Af szintet csak déli szakaszon nyitották meg a fluorit megkutatására. Ezt a szintet a vakakna talpától ereszkével, a dús fluoritos csapás utolsó harmadánál érték el. Itt egy 50 m-es jó minőségű fluoritos szakaszt találtak, mely észak felé fluoritos-galenites szakaszban folytatódott, majd ezt ismét fluoritos szakasz követte.

A +40 m Af szintet újabb ereszkéből a fluoritos csapás utolsó északi harmadéban érték el. Itt északra egy 40 m hosszú fluoritos szakaszt találtak, dél felé egy 61 m hosszú, gyengébb szakasz után ismét műrevaló fluorit következett.

A +20 m Af szinten az ereszkétől északra 10-30 cm vastag kvarc-fluoritos telért követtek, dél felé szeszélyes minőségű, majd feljavuló, jó minőségű, 120 m hosszú szakasz következett, melynek utolsó 20 métere galenitet is tartalmazott.

A legmélyebben feltárt, -12 m Af szinten az ereszke a fluoritban dús szakaszt jóval északabbra érte el, így 70 m meddő szakaszon kellett visszahaladni. Ettől délre közepes és jó minőségű telérszakaszok követték egymást. Ezen eredmények alapján a szint alá fél szintma-

gassággal becsült, C2 kategóriába sorolt tömböket becsültek, melyeket már nem termeltek ki. Ez a 3400 t ásványvagyon maradt reménybeli készletként nyilvántartva, a föntebbi szintek vagyonát 1966-ig letermelték, az ásványvagyon nem műrevalónak nyilvánították (FÉLEGYHÁZI 1968).

A -12 m Af szinten az északi szakasz felderítő kutatása erősen bontott, kilúgzott telérszakaszt talált. A kilúgzás felfelé haladó volt, így a fentebbi szinteket is érinthette, ezért vélhetően a +89 m Af alatti szinteken a gránit-pala kontaktushoz közeli szakasz érce kilúgzódott.

A telér kitöltésében mutatkozó típusok: tiszta fluoritos, fluoritos-kvarcos, érces-kvarcos, érces-fluoritos, meddő limonitos-kvarcos. A galenit bontódása során gyakran képződött cerusszit és piromorfit.

A telért kísérő mellékkőzet csak kevésbé fluoritosodott, a telér mentén maximum 15 m szélességű limonitos, illit-kaolinit-szericites bontott zóna, illetve kovásodás jelentkezett. Tektonikus mozgások miatt a fluoritos telér több helyen erősen felaprózódott, világos színű „fluorithomokká” alakult át. A dús fluoritos szakaszok helyenként 1 m-t is meghaladó vastagságúak, ahol döntően tektonikusan felaprózódott tömegeket alkotott. Az ép fluorit üregeiben hexaéder alakú fennőtt kristályok is mutatkoztak (KISS 1954). E teleptani jellemzők a -12 m Af szintig nem változtak (FÉLEGYHÁZI 1968).

Szulfidos ércásványként a lelőhely főleg galenitet, kisebb részben kalkopiritet, fakóércet és szfaleritet tartalmazott. A +120 m Af szinten a déli szakaszon fluoritra jó minőségű telér kezdetben fekete, mangándendrit- és karbonát zárványos fluoritot, később kékeszöld kristályos fluoritot tartalmazott. A +89 m Af szinten a fluorit már érces-fluoritos kvarctelérben mutatkozott.

A fekete Mn-nal szennyezett fluorit indiumban gazdagabb, míg a halványzöld fluorit nyomokban Y-t és Be-t tartalmazott (FÖLDVÁRINÉ 1967).

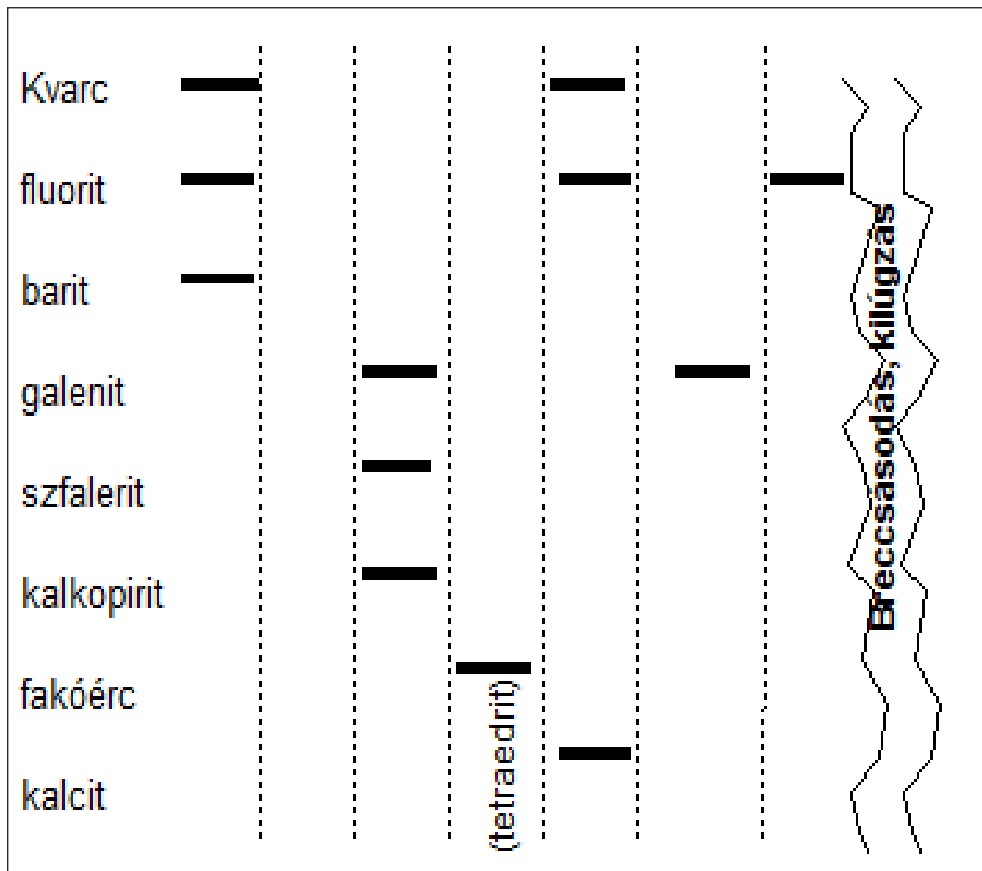
A telér szimmetrikus szerkezetű, a galenit a telér középső részét foglalja el, így a kiválás fiatalabb a fluoritnál. Más szakaszokon a galenit a fluorittal együtt válik ki. A +89 m Af szinten a szfalerit megelőzte a fluorit kiválását (KISS 1954).

NAGY (1980) után a szűzvári bánya kiválási sorrendjét az 5.3. ábra mutatja. A szulfidok közül itt a galenit volt a meghatározó ércásvány. Az ércásványok Kiss János szerint többnyire egymástól elkülönült szigeteket alkottak, szorosabb kapcsolat csak a fakóérc és a galenit között volt tapasztalható, ahol a fakóérc kiszorította a galenitet. A kalkopirit szegélyében gyakran kovellin fejlődött ki. A szűzvári lelőhelyre jellemző a szulfidok utáni másodlagos ásványok megjelenése: cerusszit, piromorfit, cinnabarit, malachit, azurit, kovellin. Ép, vagy

kevéssé átalakult galenit alig található, legfeljebb a telérkvarcba, vagy fluoritba zárva (Kiss 1954).

A kőrakás-hegyi ércesedéssel összehasonlítva a szűzvári fluoritos-galenites típusú a másik szfalerites-galenites, alárendelten kalkopirites ércesedéssel szemben. A szűzvári galenitre nem jellemző a kalkopirit zárványok jelenléte, ezért Cu-tartalma NAGY (1980) elemzése szerint 1000 ppm alatti. Ugyanakkor Sb-tartalma ennek is jelentősebb (2500 ppm), amit a galenitet átszövő fakóérc erek okoznak (5.3. ábra).

A déli szakasz a feltárt -12 m Af szintig fluoritra a dőlés mentén minőség csökkenést nem mutatott (HORVÁTH et al. 2004).



5.3. ábra.

A Pátka szűzvári ércesedés kiválási diagramja NAGY (1980) után

Pákozdi Fluoritbánya

A pákozdi fluoritos lelőhely felszíni kibúvásokból már régóta ismert volt. A Pákozdi-Pátkai egység területén húzódó telérek itteni központi részén jelent meg csak felszínen a fluorit (JANTSKY, 1957). Az előfordulás kutatása 1949-ben kezdődött, majd a termelés 1951-1961 között folyt.

A teléres zóna a felszínen 60 m hosszan volt nyomozható, árkolással további 100 m-en át 30-50 cm vastag telérszakaszokban sikerült feltárni.

A változó vastagságú telér egy közel É-D-i (7-9°) csapású, nyugat felé 80° dőlésű, kvarc és fluorit erekkel átjárt zónában húzódik.

A telér gránitban halad, K-i oldalát biotit nélküli, berezitesedett gránit, Ny-i oldalát biotitos, üde gránit szegélyezi (JANTSKY 1957).

A földalatti kutatások 1952-ben kezdődtek egy táró hajtásával, mellyel 9-12 m mélységben (+194 m Af) tárták fel a telért, majd azt csapásban 160 m hosszan követték. A feltárás eredményeként itt egy 4-10 m széles, fluoritosodott zónát találtak, mely szakaszonként lencsésen kitágult, illetve beszűkült. A zóna kaolinosodott vetőkkel sűrűn szabdalt, viszont csapásban jól követhető volt.

A felszínhez való közelsége miatt a teléres zóna felső részét külfejtéssel művelték 1952 és 1956 között.

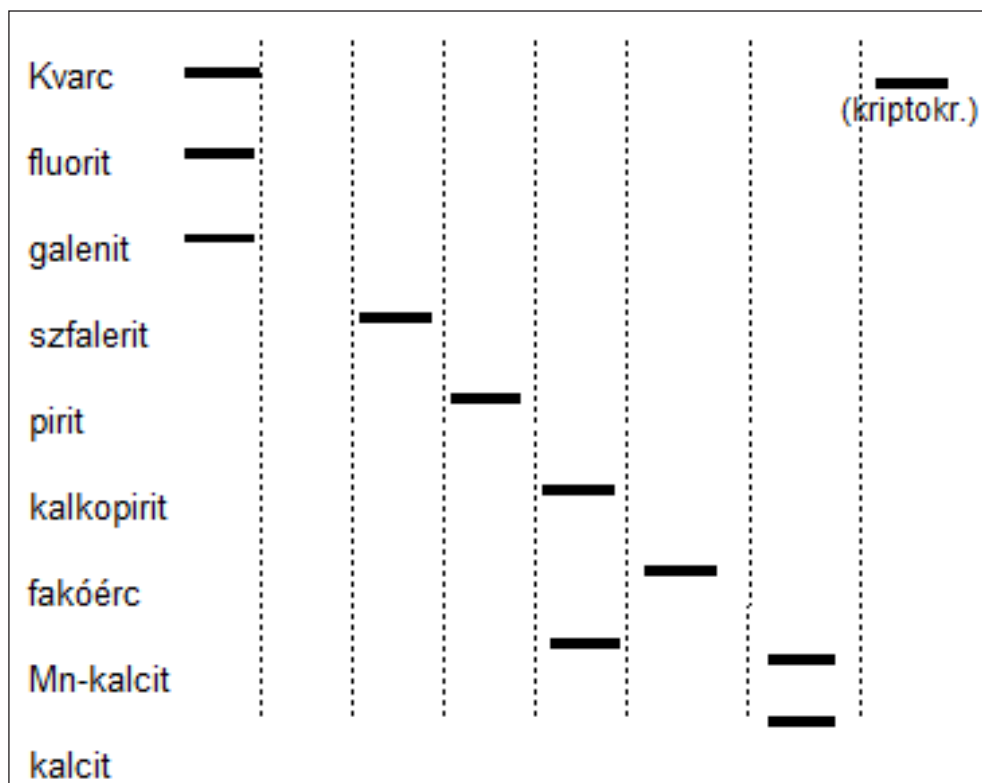
A mélyebb szintek kutatására a Balla-patak völgyéből egy lejtősaknát indítottak, amivel a telért a táró alatti részen kívánták elérni, de a lejtősakna túl mélyre haladt és már meddő kvarceret harántolt, majd abból észak és dél felé a kvarceret követve hajtottak ki csapásvágatokat. A lejtősakna a táró alá 97 m-rel mélyebb szintre érkezett meg. A lejtősakna szájától számítva a 158. méternél fluoritos, kalkopirités kvarcos zónát, majd 180 m-nél ismét fluoritos, kalkopirités kalcit erek vékony övét harántolták. A lejtősaknából indított kutatóvágatban a kvarctelér a gránit és gránitporfir határán húzódott, a gránit felőli oldala néhol fluoritosodott.

A felszínhez közeli tárót és a mélyebb szinti csapásvágatot a legerősebben fluoritosodott szakasznál feltöréssel, illetve a táróból 20 m-es vakaknát mélyítve kötötték össze. Az aknából hajtott vágatokkal sikerült a telért részletesebben megismerni. A +183 m Af szinten a fluoritos zóna 4,8 m széles volt, majd lefelé fokozatosan kivékonyodott: +167 m Af-en 1 m széles, +158 m Af-en már csak 1 m, +149 m Af-en már csak kvarc-fluoritos erek mutatkoztak.

A pákozdi telér ásványtanilag nem változatos: főleg kvarc és fluorit építi fel, különböző generációkban. A fluorit a kvarcnál általában idősebb. A pátos, durvább szemű fluorit is

kvarc zárványokat tartalmaz elszórtan, vagy kisebb fészkekben. A telér vastagodását a fluorit tisztulása nem kísérte. A telér mentén a gránit is mm-cm-es vastagságú fluoritos erekkel van átjárva, ami miatt a szegélyező gránit is műrevaló nyersanyag volt (fluoritosodott gránit). Fennőtt fluorit kristályok sehol sem mutatkoztak a pákozdi bányában. A fluorit színe zöld, haragoszöld, zöldeskék volt, ritkán lila. Ércesedés nem jellemző, csak nyomokban fordult elő (galenit, szfalerit, kalkopirit, kalkozin nyomokkal megjelenő kvarc, manganokalcit és kalcit). A kiválási sorrendet NAGY (1980) után az 5.4. ábra mutatja.

Mivel a lejtőszakna 97 m-es mélységben meddő kvarctelérbe ért, a pákozdi bányát teljesen leműveltnek tekintették, bár a bezárás után nem tisztázódott, hogy a mélyebb szinteken nem jelenik-e meg ismét a fluorit, holott ilyen típusú előfordulásoknál ez várható (CSÁSZÁR et al. 1978).



5.4. ábra.

A pákozdi fluoritbánya ércesedésének kiválási diagramja NAGY (1980) után

László-tanya

Fluorit a részletesen ismertett három leművelt bányabeli előfordulás mellett megjelenik még a László-tanyai telérekben, mely előfordulás a szűzvári és a pákozdi bányák közötti területen ÉÉNy-DDK-i csapással jelentkezik.

A László-tanyánál a pákozdi bánya északi folytatásában fluoritos kitöltésű, és ezzel párhuzamos szulfidos kvarcteléreket árkoztak az 1960-as években (MIKÓ 1964). A fluoritos telér nem egy felhasadásos repedés mentén alakult ki, hanem összetöredezett, fluoritos teléreként jelentkezik, az egyes erek 1-3 cm vastagságot érnek el. Az itteni fluorit halványkék, kékes színű, helyenként felmorzsolódott.

A szulfidos telér galenites és kalkopirités a felszínen malachitos volt. Az itteni fluorit kristályok is tartalmaznak apró plagioklász és kvarc zárványokat, valamint gyakoriak a folyadék- és gázzárványok is (ÓDOR & SZEREDAI 1964).

2013-ban e telérek északi folytatásában ásványgyűjtők újabb felszíni kibúvásban találtak fluoritos ereket.

További fluorit előfordulások

JANTSKY (1957) felvetette, hogy a suhogói telér, a székesfehérvári szőlők telérei, az Ősi-hegy teléreinek mélyebb szakaszait mélyfúrásokkal kellene kutatni.

A pákozdi és a szűzvári fluoritbánya területén az 1960-as években végzett geofizikai, geokémiai, fúrásos és bányászati telérkereső kutatások során további ipar jelentőségű ásványvagyont nem sikerült találni (HORVÁTH et al. 2004).

A Nadap-Sukorói egységből fluorit kisebb fészkekben molibdenitet kísérve Sukoró környékén és a Bence-hegyen ismert, melyet pneumatolitos eredetűnek tartanak (HORVÁTH et al. 2004).

Kis mennyiségben, barittal és színesércekkel együtt jelentkezett fluorit általában a hegység hidrotermális teléreiben, melyekben ipari értéket a fluoritnak csak a telérek komplex hasznosítása hozhatna (HORVÁTH et al. 2004).

Már JANTSKY is említi 1957-ben, majd RADOVITS 1971-ben, hogy a fluoritos telérektől kiindulva a gránitot övező palaköpeny kutatása reménybeli lehet. Jantsky a Kőrakás-hegy és a szűzvári lelőhely (Varga-hegy) közötti palaterületet említi, Radovits pedig a Kőrakás-hegytől északnyugatra lévő palákat. Meg kell jegyezni, hogy ezen a területen a pala és a gránit érintkezése tektonikus.

A teleptani viszonyok összefoglalása

A három ismert, részben letermelt, de lényegében meg nem kutatott lelőhelyen túl jelentősebb fluoritos előfordulás a későbbi kutatások során nem vált ismertté. A mélyebb szintű szűzvári fluorit továbbkutatása, az Ősi-hegy mélyebb szakaszainak, illetve a palaköpeny alatti területek kutatása fluoritra földtanilag lehetséges, és valószínűleg eredményre vezető, de gazdasági szempontból jelentősége nem becsülhető meg.

A Pákozd-Pátkai egységben ismert kvarc-fluorit-polimetallikus telérek genetikai, teleptani besorolása máig nem egyértelmű. Fluorit több olyan utómagmás folyamat eredményeként képződhet, melyre utaló genetikai bélyegeket lehet találni a vizsgált területen. A fluorit széles hőmérsékleti skálán (500-70 °C) képződhet, főként pneumatolitos és hidrotermális fázisban (pl. FÖLDVÁRI VOGEL 1975).

A területen mind a pneumatolitos, mind a hidrotermális fázisnak találhatók nyomai, ráadásul nem csak egy magmás tevékenységhez kötődően.

Mint a terület genetikájára vonatkozó legfrissebb eredmények (MOLNÁR, BENKÓ 2008, 2012) mutatják, hidrotermális eredetű képződmények legalább három magmás tevékenységhez köthetők: egyrészt a késő-karbon gránit magmatizmushoz, másrészt a paleogén andezites vulkanizmushoz, harmadrészt triász korú magmás tevékenységhez. Utóbbi kőzetek közvetlenül nem ismertek a területen, de találhatók ilyen korú andezites telérek a Polgárdi mészkőben és a szabadbattyáni ércesedésben (BAGDASZARIAN 1989, DUNKL et al. 2003).

Ezen felül ismertek a területről alkáli ultrabázikus, karbonatit telérek, melyek geokémiai hasonlóságot mutattak a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek kalcitjával (HORVÁTH & ÓDOR 1984). Karbonatitokhoz kötődő fluoritos ércesedés több helyen is ismert a világban (pl. Okurusu, Namíbia).

A pneumatolitos fázishoz kismértékű fluoritosodást hozott a Velencei-hegységben is, de ennek teleptani jelentősége csekély. A pneumatolitos fázishoz kapcsolódó fluoritosodás leggyakrabban ónérc dúsulást kísér (FÖLDVÁRI VOGEL 1975), viszont a Velencei-hegységben ón anomália csak alárendelten mutatkozik, a pneumatolitos fázis inkább turmalinosodást, molibdenitesedést hozott.

A leggazdagabb fluoritos telérek polimetallikus (főleg galenit és szfalerit) ércesedésekhez kapcsolódnak. A képződési hőmérsékletre vonatkozó vizsgálatok 280-390 °C (dekrepitációs kísérletek, MIKÓ 1967), 250 °C (fluidum zárvány mérések, BENKÓ 2008) értékeket mutattak.

A gránit magmatizmusához köti a kvarc-fluorit-polimetallikus ércesedést az az adat, amit a Pb/Pb izotóp mérésekből származó koradatok adtak (BENKÓ 2008).

Bár vannak geokémiai alapú érvek amellett, hogy ez az ércesedési fázis a késő-kréta alkáli ultrabázikus magmás tevékenységhez kapcsolható, ennek ellentmond, hogy ilyen telepekben a fluoritosodás a magmatit kontaktuson alakul ki (RUNDKVIST 1986), ami a jelentős fluorittartalmú telérek (Pátka-Szűzvári bánya, Pákozdi Fluoritbánya) nem teljesül.

Komplex geokémiai vizsgálatai alapján BENKÓ (2008) a kvarc-fluorit-polimetallikus ércesedést felső-triász korú eseményhez kötötte. Kérdéses, hogy ekkora tömegű, teléres megjelenésű ércesedést – amit a leművelt, részletesen megismert és dokumentált három bánya is jelentett – tudott-e létrehozni olyan magmás olyan magmás tevékenység, melynek közvetlen közetei a területen nem ismertek.

A fluid zárványok, zárvány síkok tanulmányozása (MOLNÁR et al. 1995; MOLNÁR; 1996, 1997, 2004) ugyanakkor szintén azt erősíti meg, hogy a kvarc-fluorit-polimetallikus telérek képződése nem kötődik a gránitos magmatizmusához, illetve a paleogén vulkanitokhoz, hanem ezektől eltérő eseményhez tartozik. A karbon korú gránit magmatizmusához kötődő hidrotermális rendszer oldata $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-NaCl}$ rendszerrel írható le, a fázisarányok változóak, a zárványok heterogén befogásúak. A kvarc-fluorit-polimetallikus telérek zárványai ettől markánsan különböznek: homogén oldatból képződtek, zárvényaikban a fázisarányok állandóak, az oldatok $\text{H}_2\text{O-NaCl}$, illetve $\text{H}_2\text{O-NaCl-CaCl}_2$ rendszerrel jellemezhetők. A paleogén eseményhez köthető oldatok szintén eltérőek, ezek felforrást mutatnak változó fázisarányaik alapján, ami sekély mélységben lejátszódott fázis

A PÁTKAI SZŰZVÁRI-MALOM FLUORIT-KVARC-POLIMETALLIKUS ÉRCESÉDÉSÉNEK ÁSVÁNYPARAGENEZISE

SZAKÁLL SÁNDOR¹, FEHÉR BÉLA², KRISTÁLY FERENC³, ZAJZON NORBERT⁴

^{1,3,4}Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet

²Herman Ottó Múzeum Ásványtára

E-mail: ¹askszs@uni-miskolc.hu, ²feherbela@upcmail.hu, ³askkf@uni-miskolc.hu,

⁴nzajzon@uni-miskolc.hu

Előzmények

Vizsgálati módszerek

Elsődleges ásványok

Másodlagos ásványok

Ólomtartalmú szulfidokból (döntően galenitből) képződtek

Réztartalmú szulfidokból (döntően kalkopiritből) képződtek

Cinktartalmú szulfidból (szfalerit) képződtek

Egyéb szulfidokból, illetve más elsődleges ásványokból képződtek

Kitekintés a Velencei-hegység többi fluorit-kvarc-polimetallikus ércesedésére

A minták forrásai, köszönetnyilvánítás

A Szűzvári-malom gránitban elhelyezkedő hidrotermás eredetű, fluorit-kvarc-polimetallikus ércesedése ásványtani-teleptani szempontból sok tanulsággal szolgál. Az ismert telérek részint fluoritban, részint kvarcban dominánsak, több-kevesebb szulfidos komponens hozzájárulásával. A szulfidok közül a galenit a legelterjedtebb ércásvány, melyhez kevesebb kalkopirit és szfalerit társul. Ezeknél sokkal ritkábbak a tetraedrit-tennantit, illetve a bizmutin-aikinit sor tagjai. Utóbbiakat első alkalommal sikerült hazai ércesedésből kimutatni.. Az érctelep a tektonikai hatásokra minden bizonnyal több ritmusban erősen összetöredezett, ennek eredményeként a teléralkotó ásványok, főleg a fluorit esetenként jelentős mértékben szétmorzsolódott. Az ilyen módon összetöredezett telérásványokat későbbi kiválású másodlagos ásványok cementálják össze.

A tektonikai mozgásokkal megviselt érctelep felszín közeli zónái jelentős teret nyújtottak a kémiai mállási folyamatoknak, melyek során változatos másodlagos (szupergén) ásványtársulás jött létre. Az elsődleges (hipogén) szulfidok különösen a kvarc-domináns telérekben lúgozódtak ki erőteljesen. A helyükön létrejött üregrendszereket másodlagos ásványok foglalják el. Ennél valamivel kisebb arányú volt a szulfidok átalakulása a nagyobb fluorit-domináns telérekben. Mivel az ércesedésben a galenit a leggyakoribb szulfid, tömegében az ólomtartalmú másodlagos ásványok uralkodnak, így különösen a cerusszit és a piromorfit. A kalkopirit kémiai mállása a talajvízszint alatti redukzív jellegű cementációs zónában döntően covellint és digenitet, míg az efölötti oxidatív környezetben (oxidációs zóna) főleg azuritot és malachitot eredményezett. A legtöbb fémeket hordozó tetraedrit-tennantit sorozat mállásából fentiekhez képest még cinnabarit, oxiplumboroméit, mimetezit és bayldonit jött létre. Külön kell emlétenünk az általában kis mennyiségben megjelenő, de nagy kémiai variabilitást mutató, többnyire szupergén eredetűnek tartott APS (az alunit szerkezeti rokonságába tartozó alumínium/vas-foszfát-szulfát) ásványokat. Ezekről a plumbogummit kivételével a korábbi munkák még nem tesznek említést. Felépítésükben eddig a következő elemeket rögzítettük: Cu, Zn, Pb, Fe, Al, Ca, Sr, Ba, As, Sb, S, P. Nyilvánvaló, hogy ezek egy része nem a szulfidokból, hanem bizonyos kőzetalkotókból származik. Leggyakoribb közöttük a plumbogummit. Az APS-ásványok további vizsgálatokra érdemesek, hiszen egyrészt sokféle helyettesítési jelenséget mutatnak, másrészt az ércesedés genetikájának pontosabb megértéséhez adhatnak plusz információkat.

Előzmények

A Szűzvári-malom melletti polimetallikus ércesedésre Vendl (1914) hívta föl először a figyelmet, aki a szulfidokkal hintett kvarctelér felszíni kibúvását megtalálta. Erre a telérre hajtottak tárót 1951-ben, melyet csapásban követve feltárták az 1967-ig bányászott, fluorit-

ban és esetenként szulfidokban gazdag zónákat. A táróval megismert ércesedés paragenetikai viszonyaival először KISS (1954) foglalkozott behatóbban. Megfigyelése szerint a galenit döntően cerusszittá, kisebb mennyiségben piromorfittá alakult át a felszín közelében. Kalkopirit átalakulásából covellin, azurit és malachit, míg feltehetően a fakóércből cinnabarit és egy bindheimtszerű sárga, porszerű ásványt említett. Megfigyelte a kvarctelér szimmetrikus felépítését, az ércásványok kiválási sorrendjét a kvarctelér egyes zónáinak szulfidoktól különböző jellegét. ZSIVNY (1953) a formákban gazdag cerusszit kristályok morfológiai vizsgálatáról értekezett. ERDÉLYI (1955) említést tett egy arzénben gazdag, citromsárga prizmák formájában megjelenő másodlagos ásványról, melyet mimetezitnek tartott. JANTSKY (1957) ásványtani szempontból lényegesen nem tesz hozzá a fenti megfigyelésekhez, viszont telep-tani szempontból részletesen jellemzi az ércesedést. Véleménye szerint a fluoritosodás, kovásodás és a szulfidok képződése egymásba nyúlva és szakaszosan többször ismétlődve történhetett. A táró kezdeti szakasza gazdag volt szulfidokban, kitöltését főleg galenit, alárendelten kalkopirit, fakóérc és szfalerit alkotta. A későbbi munkálatokkal viszont fluoritban gazdag szakaszokat értek el. Az 1960-as évektől napjainkig kevesen foglalkoztak az ércesedéssel ásványtani szempontból. SZAKÁLL ET AL. (2000) röntgen-pordiffrakciós vizsgálattal erősítették meg a bindheimit (=oxiplumboroméit) jelenlétét. ZAJZON ÉS SZENTPÉTERY (2000), illetve ZAJZON ET AL. (2004) pedig plumbogummitot mutattak ki piromorfittal szoros együttesben.

Vizsgálati módszerek

Az utóbbi néhány évben az ércesedés ásványtani vizsgálatát a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetének laboratóriumaiban végeztük. A fázisok fizikai jellemzőit és morfológiáját először sztereomikroszkóppal tanulmányoztuk. Az elektronmikroszkopos vizsgálatok egy JEOL JXA 8600 Superprobe mikroszondán (15 kV, 20 nA, E2V Scientific Instruments EDX detektor) készültek. A morfológia részleteinek megfigyelése szekunder elektronképpel történt. A kémiai komponensek megállapítása visszaszórt elektronképen, a félkvantitatív kémiai elemzés EDX detektorral készült. Néhány ásványról mennyiségi elemzés (WDS) készült a pozsonyi Földtani Intézetben (Szlovákia).

Az ásványfajok azonosítását röntgen-pordiffrakciós technikával az alábbi készüléken végeztük: Bruker D8 Advance, Cu K-alfa sugárzással (40kV, 40mA), Göbel-tükörrel előállított párhuzamos nyaláb geometriában, Vantec-1 helyzetérzékelő detektorral. A mérést 2-70 fok (2-theta) szögtartományban rögzítettük, 0,007 fok (2-theta) lépéssel és 80 másodperces gyűjtési idővel. A preparátumot sztereo-mikroszkóp alatt szeparált, néhány mg mennyiségű mintából készítettük, achátmozsárban porítva. A méréshez Si-egy kristályból gyártott alacsony szórású

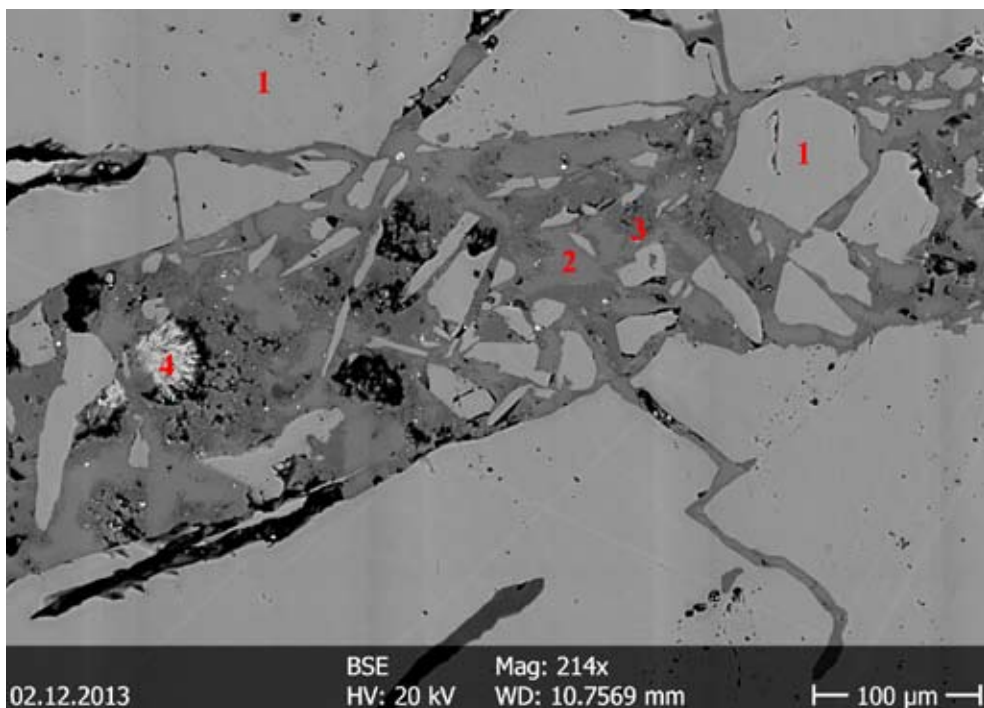
mintatartót használtunk. A kiértékelést a Bruker DiffracPlus szoftver-csomagjának EVA moduljában végeztük, Search/Match algoritmust és a PDF-2(2005) adatbázist használva.

Két mintáról (kintoreit, digenit) kis mennyisége miatt 114,6 mm átmérőjű Gandolfi-kamerával készült röntgen-pordiffrakciós felvétel. Mérési körülmények: Seifert ISO-Debyeflex 1001 típusú röntgen-generátor, Co-cső szűrő nélkül, 30 kV gyorsító feszültség, 30 mA csőáram és 48 órás expozíciós idő.

A vizsgált minták a Herman Ottó Múzeum Ásványtárában (Miskolc), illetve a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet gyűjteményében (Budapest) vannak nyilvántartásba véve.

Elsődleges ásványok

A legkorábbi érces képződmények, – melyeket molibdenit és pirit képvisel – minden bizonnyal a gránit posztmagmás folyamataihoz kapcsolódnak. Ehhez analógiát szolgáltathat a Retezi-táró hasonló genetikájú ércindikációja (MOLNÁR 1997). Ezt követte a nagy tömegű, éveken át bányászat tárgyát képező fluorit-kvarc-polimetallikus ércesedés kialakulása.



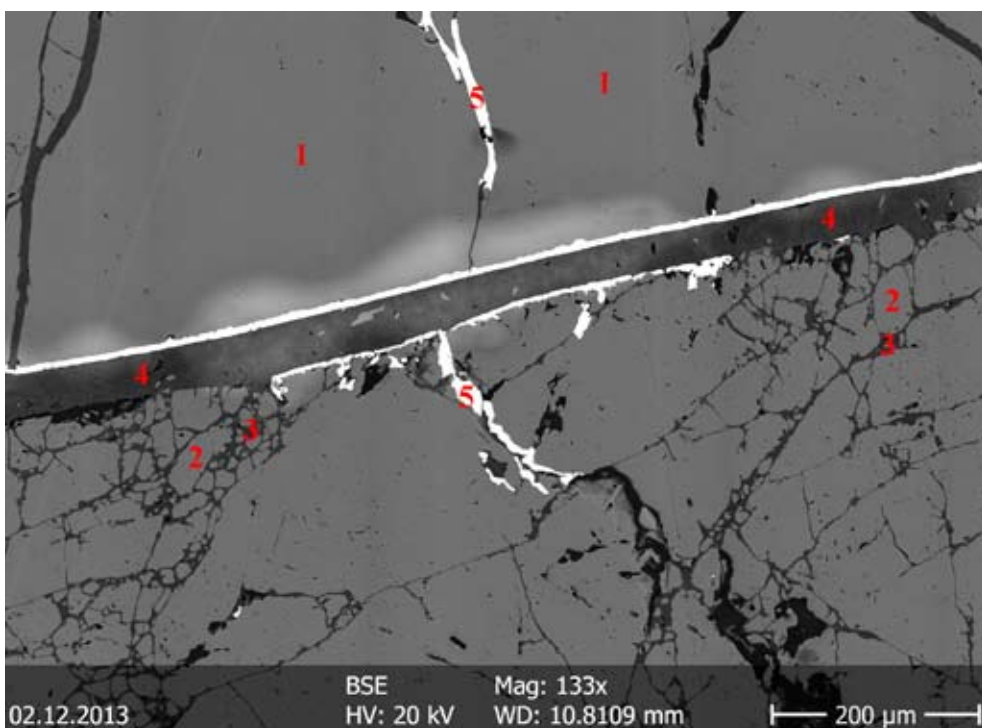
6.1. ábra. Kalcittal (3) Mn-tartalmú kalcittal (2) cementált fluorit-töredékek (1), a karbonátos erekben tűs-sugaras Mn-oxid (4). BSE felvétel.



6.2. ábra. Hexaéderes fluorit kristályok. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet gyűjteménye. Fotó: Lantos Z.

Ennek létrejöttét korábban gránithoz kötődő hidrotermás folyamatoknak tulajdonították (JANTSKY 1957). Ezzel szemben a velencei-hegységi fluoritok RFF-eloszlásával kapcsolatos vizsgálatokat alapul véve HORVÁTH ET AL. (1989) szerint feltehetően alkáli ultrabázisos képződményekkel függ össze jelenlétük. Legújabbban viszont dél- és kelet-alpi MVT típusú Zn-Pb-(fluorit)-érctelepekkel rokonítják a velencei-hegységi lelőhelyeket (BENKÓ et al. IN PRESS). Az alábbiakban a két folyamat során létrejött elsődleges ásvány együttest mutatjuk be.

Barit - rombos BaSO_4 : a szulfidoktól kilúgozódott kvarctelér kisebb üregeiben 1-3 mm körüli szemcsékként vagy hasonló méretű táblás kristályok formájában jelenik meg. Legtöbbször másodlagos ásványokkal van eltakarva, de az is előfordul, hogy ilyeneket zár magába (lásd 6.12. ábrát). Ennek megfelelően bizonyos, hogy több kiválási ritmusban képződött. Ritkán 2-4 mm-es, táblás barit kristályok utáni kvarc átalakok vagy sokkal inkább perimorfózák (bekérgezéses átalakok) jelentek meg a kovás telérek repedéseinek falán. Ezek az egykori kristályok morfológiáját megőrző kérgek belül üregesek és bennük baritnak már nem találtuk nyomát.

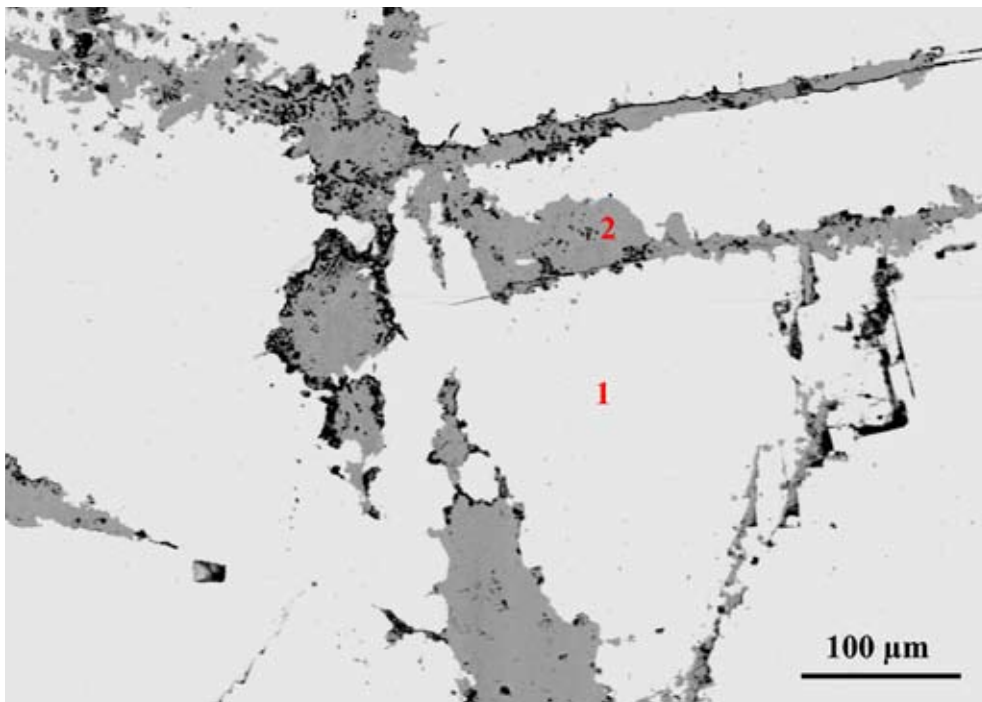


6.3. ábra. A lila-fehér színzónás fluorit sávhatárán vastag, szulfidhintéses kvarc (4) és piromorfit (5) kiválása figyelhető meg. A napfényben fehér színű sávban (alsó zóna) az erősen repedezett fluoritot (2) vékony kvarcerek hálózák be (3), ezzel szemben a lila színű sávban (felső zóna) sokkal kevesebb a repedés (1), és ezzel együtt a repedéskitöltő ásvány. BSE felvétel.

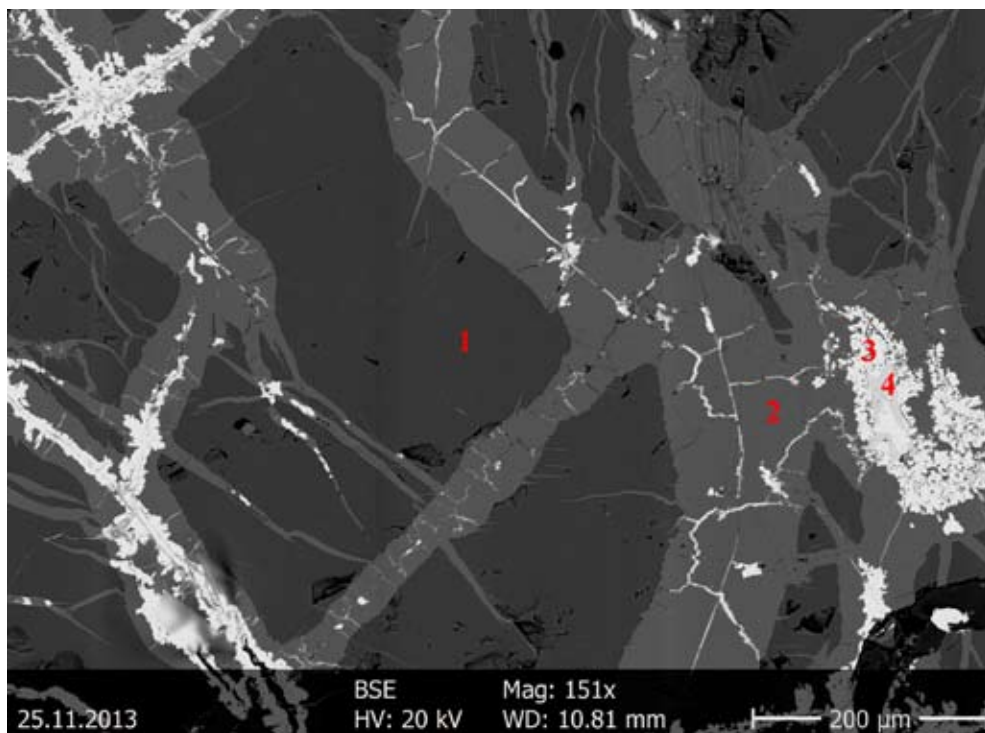
Fluorit - köbös CaF_2 : az alábbi, bányászattal egykorú adatok döntően JANTSKY (1957) és KISS (1954) publikációiból származnak. A fluoritot a táró bevezető szakasza után találták meg először nagyobb mennyiségben. Később, különösen a 35 m-es szinten a D-i vágat volt gazdag fluoritban, mely esetenként kvarccal együtt, egyedül vagy galenittel szoros együttesben volt megfigyelhető. Az É-i vágat ezzel szemben sokáig meddő kvarctelért követett, melyben a fluorit esetenként fészkesen jelent meg. A 70-es szinten ipari mennyiségű fluorit csak gyéren volt található. Tisztább minőségben csak a 35-ös szint legdúsabb szakaszainak alján volt megfigyelhető. Pátos tömegeit a tektonikai mozgások erősen megviselték, ezért sokszor erősen összetöredezett. Olyannyira, hogy számos feltárásban könnyen morzslódó, finom szemcsés anyagként jelent meg. Ha azonban későbbi kvarc, cerusszit vagy piromorfit kiválások a törmelékszemcséket összecementálták, akkor gyakran fluoritbreccsa jött létre

mintákon jelentkeznek. Utóbbiakon Pesty is gyakran észlelt a színzónák határán vékony kvarckiválásokat. Megállapította, hogy napfény hatására még a teltebb színű példányok is hamar kifakultak. A durvább vagy finomabb szemcsék halmazává szétesett fluorit erősen kifakult, piszkosfehér színűvé vált.

A fluoritot és a vele hasonlóan több ritmusban képződött kvarcot a kristályhatárokon szinte mindig másodlagos ásványok körítik, leginkább cerusszit és piromorfit. Az erősen összetöredezett fluoritot plusz még a hasadási síkok mentén is átjárják a másodlagos ásványok későbbi kiválásai (6.4. ábra). A szulfidokban gazdag fluoritos testekben a szulfidok intenzív oxidatív átalakulását maga a fluorit is megszenvedte, részben emiatt is válhatott porózussá, repedezetté, végül morzsalékossá. Sokszor megfigyeltünk ilyen környezetben jelentős visszaoldódási jelenségeket. A fluorit és kvarc időbeli egymásutániségát nehéz meghatározni, minden bizonnyal több ritmusban képződtek, ahogyan ezt már JANTSKY (1957) is megjegyezte. A szöveti képek alapján a legtöbbször mégis a fluorit tartható idősebbnek, a kvarc és főleg a szulfidok fiatalabbnak. Erre utalhatnak a részben felemésztett kristályhatárú fluoritok kvarccal körülvéve (lásd a 6.30. ábrát).



6.5. ábra. Galenit (1) hasadási síkjai mentén kivált piromorfittal (2). BSE felvétel.



6.6. ábra. Galenit (3), cerusszit (4) és digenit (2) kalkopirit (1) repedéseiben.
BSE felvétel.

Galenit - köbös PbS: az uralkodó szulfid a telérekben, a szöveti képek alapján döntő része feltehetően a fluorit fő tömege után keletkezett. A fluorit-galenites telérkitöltéseknek leginkább a belső zónájában jelenik meg, míg a szegélyi részeken a fluorit dominál, amint Kiss (1954) is említette. Jellegzetesek a vaskos fluoritban lévő tömeges, sokszor lencse alakú, több dm-es halmazai. Legnagyobb tömegeit a 35-ös szintről ismerjük. Sokszor többé-kevésbé már átalakult, csak a nagy kovás és fluoritos tömegekben lévő vaskos halmazai maradtak valamennyire épségben. Tömeges megjelenésében kevés és kicsiny üreg figyelhető meg benne, melyek falán csak ritkán jelennek meg 1–2 mm-es hexaéderei. Az anyag átalakulása a hasadási síkok és a kristályhatárok mentén anglesit kiválásával kezdődött, majd cerusszittal és piromorfitval folytatódott (6.5. ábra). Ezek itt a leggyakoribb másodlagos ólomásványok. A cerusszit sokszor teljesen felemészti a galenitet, a szulfidoktól kilúgozott üregrendszereket esetenként teljesen kitölti. Kiss (1954) szerint a galenitet olykor fakóérc emészti fel, melyet emiatt az ércesedés szulfidos záró tagjának tartott.

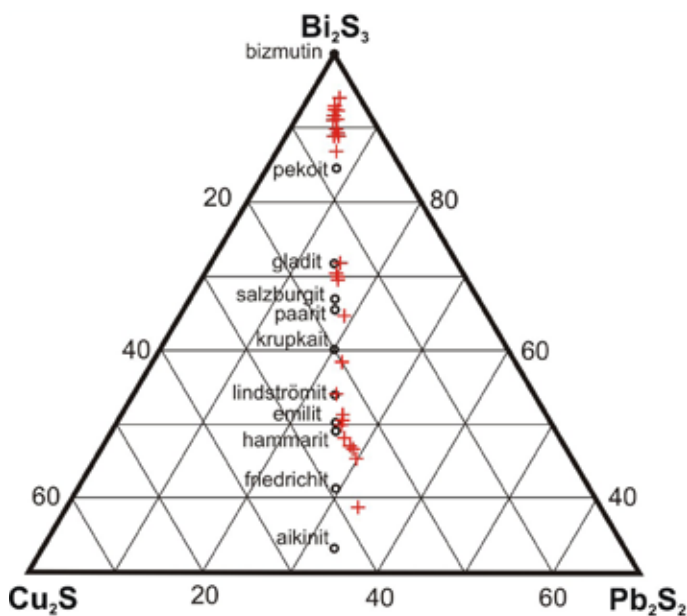
Kalcit - trigonális CaCO_3 : ritkán jelenik meg fehér, 2–4 mm-es romboéderekként a gránit repedéseinek falán egymással szorosan összenőve. Egyes törmelékes fluoritok cemen-tálásában is részt vesz. Említésre érdemes, hogy a fekete fluoritot finom, Mn-oxidoktól fekete kalcit erek hálózják át. Viszont más színű fluoritokban nem találtunk kalcitot.

Kalkopirit - tetragonális CuFeS_2 : általában 1–2 mm-es, ritkábban cm-t elérő fészkek, vagy a tömeges kvarcban 1–2 mm-es diszfenoidos termetű kristályok formájában jelenik meg. Olykor szfalerittel és galenittel szoros együttesben észlelhető. A szöveti képek alapján a kalkopirit az idősebb kiválás. A tektonikusan összetört kalkopirit repedéseiben ugyanis sokszor megfigyelhető a galenit (6.6. ábra). Jellemzően kalkopirit társaságában jelennek meg a tetraedrit – tennantit sor (ezek elsősorban a repedésekhez kapcsolódnak), illetve az aikinit – bizmutin sor (ezek jobbára önállóan észlelhetők) tagjai. A kalkopirit a kristályok szegélyén és a repedésekben kezdődően kisebb-nagyobb mértékű átalakulásokat mutat a következő ritmusban: digenit ® covellin ® azurit ® malachit/rosasit, illetve linarit ® brochantit irányában. Ezek az átalakulási termékek sokszor övszerűen veszik körül a még ép kalkopiritet. Különösen a felszín közeli zónákban gyakori a kalkopirit teljes mennyiségének másodlagos ásványokká alakulása.

Kvarc - trigonális SiO_2 : az uralkodó telérkitöltő a fluorittal együtt vagy önállóan. Szinte mindig vaskos, durva kristályos megjelenésű. Zömök sajátalakú kristályai általában 1–2 mm-esek. Egyes repedések falán romboéderekkel dominált, szorosan egymás mellé nőtt kristályai elérik az 1–3 cm-t. Minden bizonnyal több ritmusban vált ki. A szulfidhintéses kvarctelések felszíni szakaszain, ahol a szulfidok kioldódtak jellegzetesek sejteskvarc típusú megjelenései. A likacsok falát itt gyakran másodlagos ásványok kérgezik be.

Molibdenit - hexagonális MoS_2 : a lejtőszakna kihajtása során néhány pegmatitos eret harántoltak, melyben gyéren hintve mm alatti molibdenitet és piritet említett JANTSKY (1957).

Aikinit - rombos PbCuBiS_3 – bizmutin - rombos Bi_2S_3 sorozat tagjai: 0,1–0,5 mm-es, acélszürke tús halmazaik a kovás telérkitöltések kalkopirittal hintett példányaiból ritkán kerültek elő. Az ezekről készült WDS-elemzések mérési eredményeit a Bi_2S_3 – Pb_2S_2 – Cu_2S háromszögdiagramban ábráztuk (6.7. ábra). Ebből látható, hogy a Cu-Pb-tartalmú bizmutintól hammaritig terjedő (illetve friedrichithez közel álló) kémiai összetételeket rögzítettünk. Egy-egy kémiailag hasonló fázis általában 5–15 μm -es doménekből áll, és ezek együttese építi föl az egyes aggregátumokat (6.8. ábra). Több elemzési pont található a bizmutin–pekoit között, illetve a gladit, emilit és hammarit elméleti összetételénél. De egy-két elemzési ponttal dokumentáltunk paarit, krupkait és lindströmit sztöchiometriát is. Ilyen jellegű megjelenései az aikinit–bizmutin sorozatnak, – bár általában kevesebb ásvánnyal dokumentálva – jól ismertek. Legjobban tanul-



6.7. ábra. Az aikinit – bizmutin sor tagjai a Bi_2S_3 – Pb_2S_2 – Cu_2S háromszög-diagramban (piros kereszttel jelölve az általunk észlelt összetételek)

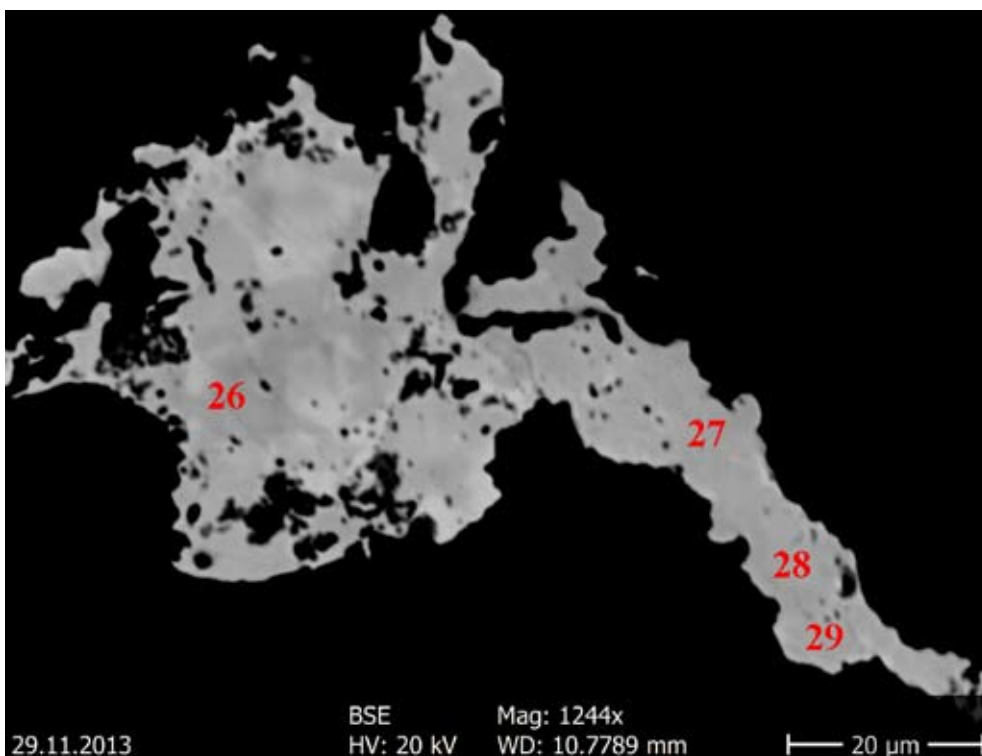
mányozott lelőhely közöttük az ausztriai Felbertal ércesedése (TOPA ET AL. 2002). A Kárpát-övezetből a romániai Borsabánya ércesedéséből írtak le hasonló ásványokat (COOK 1997).

Pirit - köbös FeS_2 : hintve, mm alatti szemcsék és vékony erek formájában ismert más szulfidokkal együtt, de nagyobb mennyiségben nem észleltük. Ezzel szemben csak piritet figyeltünk meg a pegmatitos kvarc molibdenites érkitöltéseiben.

Rodokrozit - trigonális MnCO_3 : romboéderes termetű sziderit kristályok felszínét olykor párhuzamosan összenőtt, 40-70 μm -es fehér romboéderek borítják be, melyek az EDX-spektrum szerint Mn-karbonátok, kevés Ca-tartalommal.

Szفالerit - köbös ZnS : jóval kisebb elterjedésű a galenitnél. A 70-es szinten a fluoritnál korábbi kiválásnak tartotta JANTSKY (1957). Sötétbarna, vaskos tömegei sokszor mutatnak erőteljes visszaoldódási jelenségeket, mégis másodlagos Zn-tartalmú ásványokkal itt ritkán találkozhatunk (ilyen pl. a rosasit). Szegélyén esetenként vékony bevonatként smithsonit figyelhető meg. Mállásából sárga CdS-os hintéseket ismerünk.

Sziderit - trigonális FeCO_3 : lapos romboéderes, belül olykor üreges, 0,1–0,5 mm-es kristályai ritkaságok. Ezek az EDX-spektrumok szerint a Fe mellett kevesebb Ca-ot és Mn-t tartalmaznak. Esetenként 0,5–1 mm-es gömbös halmazokként is megjelent, melyek azonban



6.8. ábra. Hammarit, emilit és krupkait elemzési pontok egy PbCuBi-szulfidos aggregátumban. BSE felvétel.

jobbára már goethitté oxidálódtak. Szinte állandó Mn-tartalmukból adódóan minden bizonyos mállásukból képződtek a másodlagos Mn-oxidok.

Tetraedrit - köbös $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ és tennantit - köbös $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$: ércmikroszkópos megfigyelései alapján KISS (1954) tetraedritről tett említést, melyet galenitben vagy annak szegélyén figyelt meg és az utolsóként kivált szulfidnak tartott. Magunk a kovás telérkitöltések kalkopirit hintéses példányaiban észleltük gyakrabban, de mindig kis mennyiségben, jobbára 1–2 mm-es fészkekben. Emellett megfigyeltük a tektonikusan összetört kalkopirit repedéseinek kiválásai között is. Mikroszondás elemzéseink alapján mind a tetraedrit, mind a tennantit jelen van az Sb-As változó dominanciájával. Figyelemre méltó, hogy ezüstöt magunk az elsődleges szulfidok között eddig csak a tetraedritben mutattunk ki (2–3 tömegszázalékban) a szűzvári érces területen. Mállásukból covellin, oxiplumboroméit, azurit, malachit és feltehetően cinnabarit képződött. Ezek mellett részben a tennantit mállástermékei lehetnek a ritkán észlelhető arzenátok (mimetezit és bayldonit) is.

Másodlagos ásványok

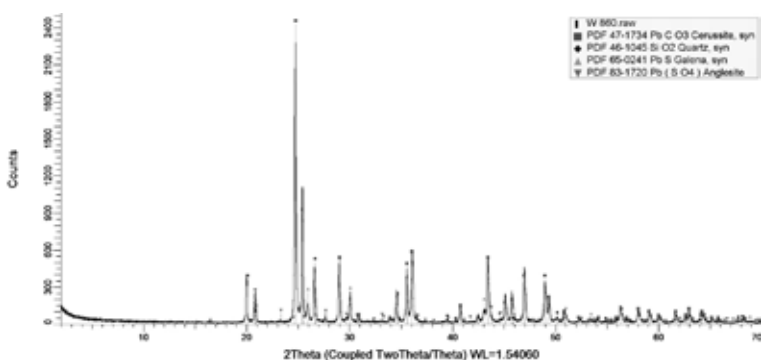
Ólomtartalmú szulfidokból (döntően galenitből) képződtek

Akantit - monoklin Ag_2S : fekete, fénytelen, porszerű bevonatait mállott galenites fészkek repedéseiben mutattuk ki EDX-elemzéssel. Minden bizonnyal a galenit Ag-tartalmából képződhetett.

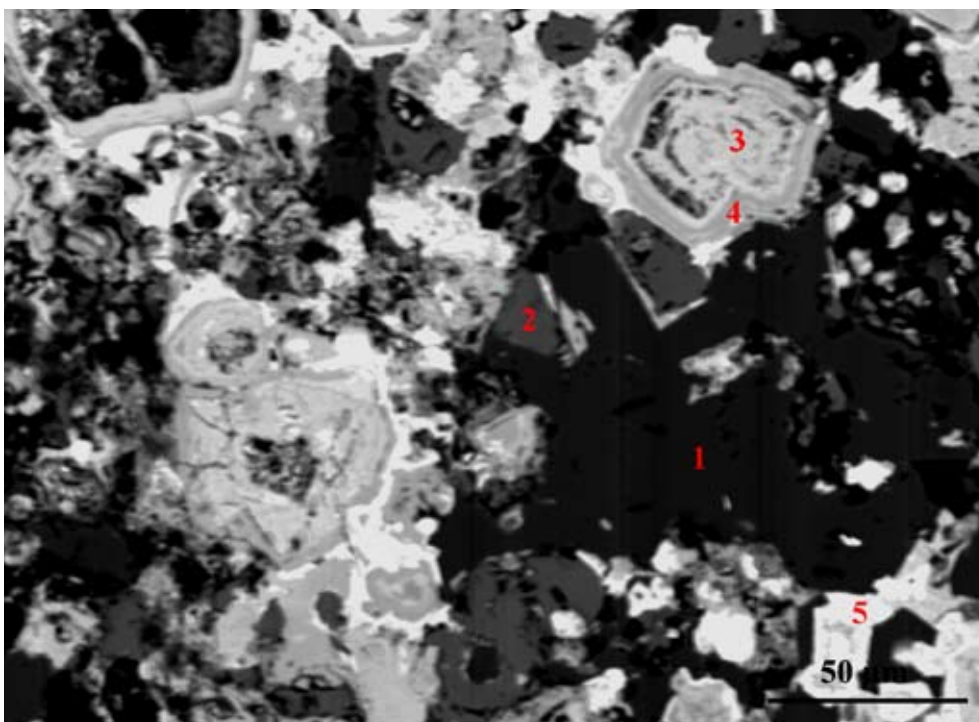
Anglesit - rombos PbSO_4 : a korábban kérdőjelesen említett anglesitet számos röntgen-pordiffrakciós felvételen megtaláltuk, igaz kis mennyiségben (6.9. ábra). A galenit kezdődő mállása során képződik, döntően a hasadási síkok mentén vagy a kristályok szegélyén vékony, filmszerű bevonatok formájában jelenik meg.

Beudantit-trigonális $\text{PbFe}^{3+}_3\text{AsO}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$ vagy segnitit-trigonális $\text{PbFe}_3\text{H}(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_6$: sárgászöld bekérgezések egyik komponense malachittal-azurittal-cerusszittal a kilúgozott kovás üreghrendszerekben. 10-30 μm -es kristályai olyan romboéder-metszetek, melyeken a BSE-felvételeken jól látható a kémiai zónásság (6.10. ábra), amit EDX mérések alapján a változó As-Sb-S-tartalom okoz. Az egyes zónák pontos ásványtani meghatározásához WDX-elemzésekre van szükség. Jelenlétét XRPD-felvétel is megerősíti (lásd még a 6.27. ábrát).

Cerusszit - rombos PbCO_3 : a legelterjedtebb másodlagos ásvány. Sokszor a galenittömegek teljes mennyisége cerusszitosodott. Kezdeti lépésként a hasadási síkok és a kristályok szegélyéből indulva behálózza a galenitet, illetve a kísérőásványokat, később pedig felemészti a maradék szulfidot is. Az üregekben gyakoriak formákban gazdag, táblás, prizmás, tűs vagy dipiramisos termetű, 5–10 mm-t elérő kristályai (6.11. ábra). Ezek színtelenek, rózsaszínűek, sárgások, vagy a galenit maradványaitól sötétszürkék, feketék. A lapokban gazdag szűzvári kristályokon ZSIVNY (1953) 33 forma lapjait azonosította. A kristályok jelentős része iker.



6.9. ábra. Anglesit, cerusszit, galenit és kvarc röntgen-pordiffrakciós felvétele.



6.10. ábra. Beudantit/segnitit kémiaiailag zónás kristályai (3-4), cerusszit (5), fluorit (2) és kvarc (1) társaságában. BSE felvétel.

Kintoreit Pátka, Szűzvár		Kintoreit ICCD 47-1878				
d(Å)	int.(%)	d(Å)	int.(%)	h	k	l
5.95	e	5.96	90	1	0	1
3.67	k	3.67	60	1	1	0
		3.52	20	1	0	4
3.10	e	3.07	100	1	1	3
2.97	kg	2.97	40	2	0	2
2.85	kg	2.81	40	0	0	6
2.55	kg	2.53	50	0	2	4
2.37	gy	2.37	20	2	2	1
2.28	kg	2.30	20	2	0	5
		2.25	50	1	0	7
1.99	kg	1.97	40	3	0	3
1.83	gy	1.83	40	2	2	0

6.1. táblázat. A kintoreit röntgenpordiffrakciós adatai.



6.11. ábra. Cerusszit ikerkristályok. Képszélesség: 1,2 cm.
Fotó és gyűjtemény: Tóth L.

Leggyakoribb kísérői: piromorfit, plumbogummit és oxiplumboroméit. A cerusszit gyakran észlelhető vékony erekként a fluorit hasadási síkjai, repedései vagy kristályhatárai mentén is.

Kintoreit - trigonális $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_6$: vajszínű, 0,1 mm-t elérő romboéderek szoros összenövéséből álló 0,8-1 mm-es aggregátumok a kilúgozódott kvarctelér üregeiből egy alkalommal kerültek elő. Meghatározása XRPD-felvétellel (6.1. táblázat) és elektron-mikroszkopos elemzéssel (6.2. táblázat) történt. Az ideális összetételhez képest a Pb-t Cu, Zn, Ca, míg a P-t As és kisebb mennyiségben S helyettesíti. Ezek a helyettesítések arányaiiban hasonlóak az ausztráliai típuslelőhelyen leírtakkal (PRING ET AL. 1995).

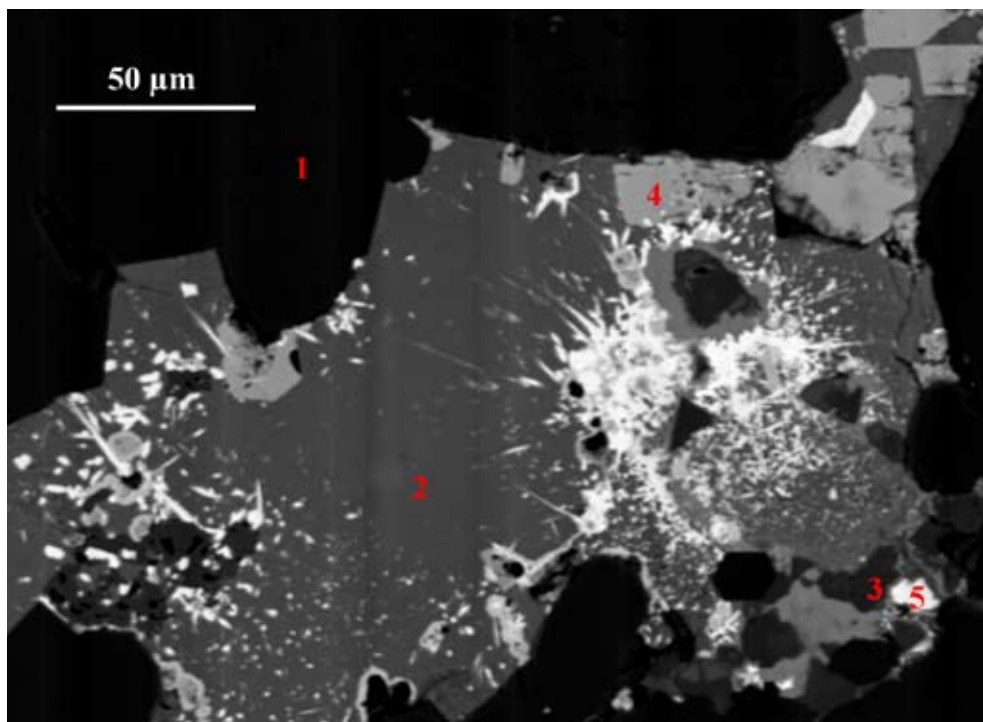
Linarit - monoklin $\text{PbCu}(\text{SO}_4)(\text{OH})_2$: leggyakoribb megjelenése világoskék bekérgezések kalkopirit mállási szegélyén. Ennél ritkébbak 0,1 mm-es prizmás kristályai földes brochantittal együtt a kilúgozódott kvarctelér üregeiben. Röntgen-pordiffrakciós felvétel és EDX-spektrum a fázis meghatározásának alapja.

	1. minta	2. minta	3. minta
SO ₃	0,23	1,48	1,11
P ₂ O ₅	14,44	12,79	14,37
As ₂ O ₅	5,68	5,53	4,26
SiO ₂	0,09	0,46	0,00
Al ₂ O ₃	0,59	0,28	0,52
Fe ₂ O ₃	29,70	29,03	29,98
CaO	0,04	0,42	0,02
CuO	0,06	0,26	0,38
ZnO	0,70	0,32	0,31
PbO	35,02	34,33	34,79
K ₂ O	0,00	0,01	0,00
Összesen	86,55	84,91	85,74
Kationszámok 10,5 oxigénre			
	1. minta	2. minta	3. minta
S	0,02	0,14	0,11
P	1,54	1,39	1,54
As	0,37	0,37	0,28
Si	0,01	0,06	0,00
ΣT	1,94	1,96	1,93
Al	0,09	0,04	0,08
Fe	2,82	2,80	2,85
Ca	0,01	0,06	0,00
Cu	0,01	0,03	0,04
Zn	0,07	0,03	0,03
ΣB	3,00	2,96	3,00
Pb	1,19	1,18	1,18
K	0,00	0,00	0,00
ΣA	1,19	1,18	1,18

6.1. táblázat. A kintoreit röntgenpordiffrakciós adatai.

Mimetezit - hexagonális Pb₅(AsO₄)₃Cl: citromsárga prizmás kristályait először Erdélyi (1955) említette. 0,1 mm-t elérő kusza tűs halmazai a kilúgozódott kvarctelér üregrendszereiben jelennek meg másodlagos ásványok társaságában (6.12. ábra). Ritkábbak sárga, 0,5–1,5 mm-es, zömök prizmás vagy dipiramisos kristályai.

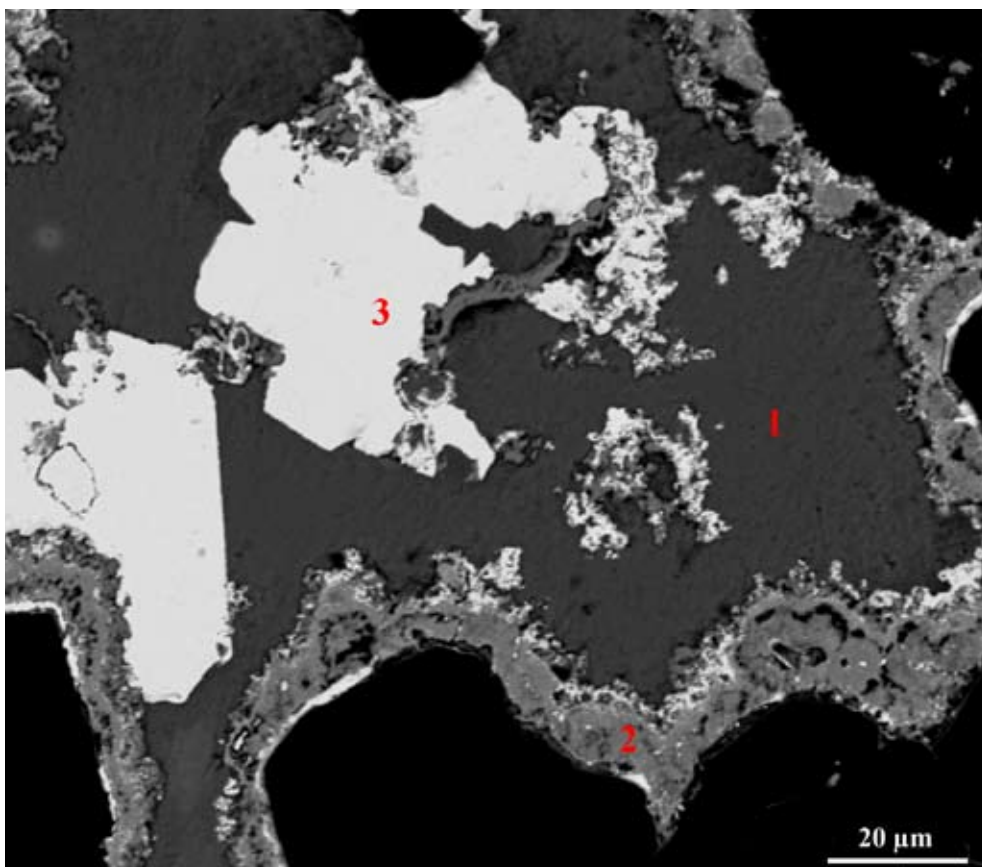
Osarizawait - trigonális PbCuAl₂(SO₄)₂(OH)₆ és/vagy beaverit-(Cu) - trigonális Pb_{0,5}(Cu²⁺,Fe³⁺)₃(SO₄)₂(OH)₆: fakó zöldessárga, porózus anyagú bevonatok, sejtes szövettű üregkitöltések jellegzetes komponensei cerusszit, plumbogummit, piromorfit, azurit és malachit szoros együttesében a kilúgozódott kvarctelér felszíni feltárásaiban. Jellegzetesek malachittal és cerusszittal kísért kéregszerű megjelenései (6.13. ábra). Az EDX-spektrumok alapján kimutattunk Al- és Fe-domináns típusokat, azonban pontosabb meghatározásukhoz WDX-elemzések szükségesek.



6.12. ábra. Tűs mimetezit halmazai baritban (2) beudantittal/segnitittel (4), fluorittal (3) kvarccal és cerusszittal (5) körülvéve (1). BSE felvétel.

Oxiplumboroméit (=bindheimit) - köbös $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_6(\text{O},\text{OH})$: először KISS (1954) tett említést egy „bindheimitszerű” sárga ásványról. Ennek jelenlétét műszeres vizsgálatokkal SZAKÁLL ET AL. (2000) igazolták. Halványsárga, porszerű halmazai és 1–3 mm körüli szabálytalan aggregátumai legtöbbször cerusszit felületén vagy cerusszit zárványaként ismertek.

Piromorfit - hexagonális $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$: feltehetően több ritmusban képződött nagy gyakoriságú másodlagos Pb-ásvány. A kilúgozódott kvarctelésekben leginkább cerusszit vagy plumbogummit társaságában ismerhető fel. A korábbi generáció zöld, míg a későbbi szintelen vagy barna színű. ZAJZON ET AL. (2004) részletesen foglalkoztak a piromorfit különböző megjelenési típusaival, melyek: barna prizmás kristályok sokszor jellegzetes hordó alakkal, ezek párhuzamos összenövéséből álló rostos jelleget mutató aggregátumokkal; világoszöld prizmás kristályok; barnásszürke földes, vagy tömeges megjelenés szoros összenövésben plumbogummittal. Ezen típusok mellett sokszor előfordul szintelen, nyúlt prizmás vagy tűs



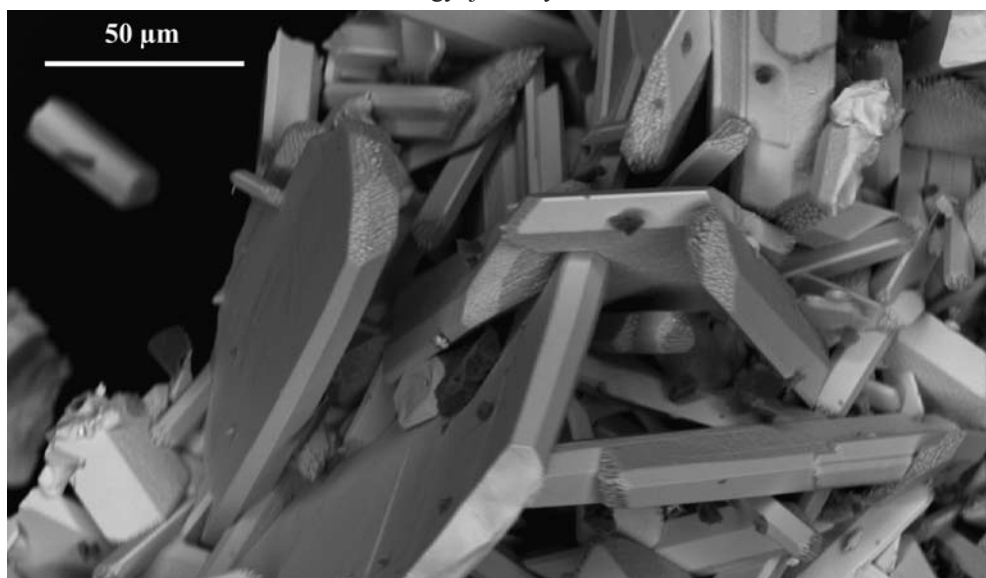
6.13. ábra, Osarizawait/beaverit-(Cu) kéreg (2) malachitot (1) körít, benne cerusszit látható (3). BSE felvétel.

kristályok sugaras vagy legyezős halmazaként (6.14. ábra). Külön kell megemlítenünk egy szintelen, léces kristályokból álló kifejlődését, mellyel eddig csak egy alkalommal találkoztunk (6.15. ábra). Ezek az irodalmi adatokkal való összehasonlítás alapján (MILLS ET AL. 2012) {10-10} szerinti ikerkristályok lehetnek.

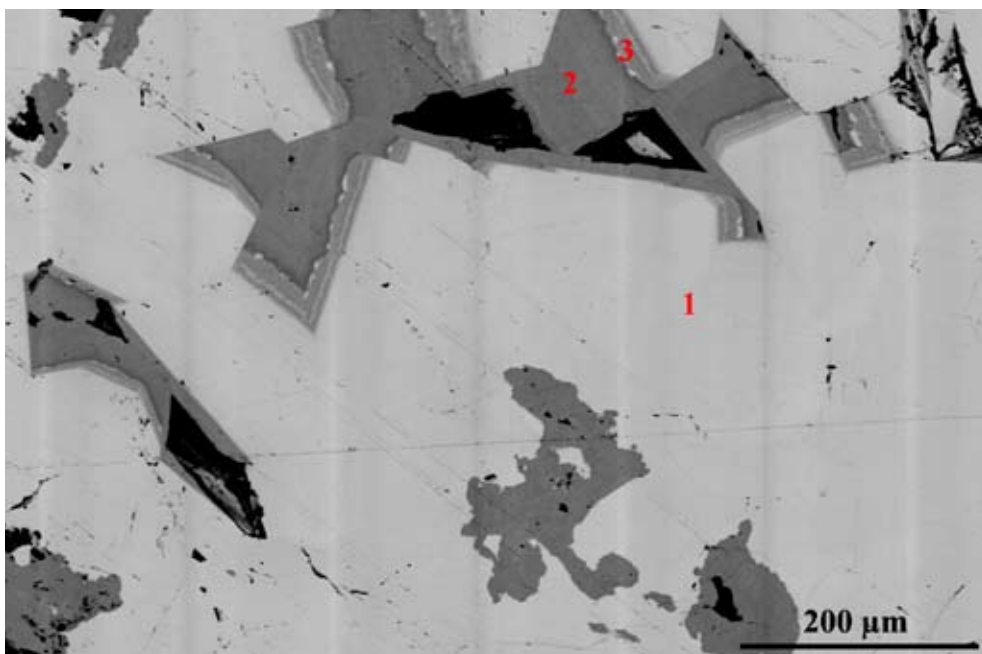
A piromorfit ezek mellett a galenit mállásánál a hasadási síkokkal párhuzamosan elhelyezkedő, másodlagos ásványokkal kitöltött repedések egyik gyakori alkotója. Esetenként Ca-tartalmú, melyben a Pb helyettesítése Ca által sokszor ritmusosan történik (6.16. ábra). A lila-fehér csíkos fluorit hasadási síkjait behálózó piromorfitban viszont Sr helyettesíti a Pb-t 2–3 tömeg% erejéig. Ebben a megjelenésében fehér, porszerű halmazokként jelenik meg.



6.14. ábra. Piromorfit nyúlt prizmás kristályai. Képszélesség: 2 mm.
Fotó és gyűjtemény: Tóth L.

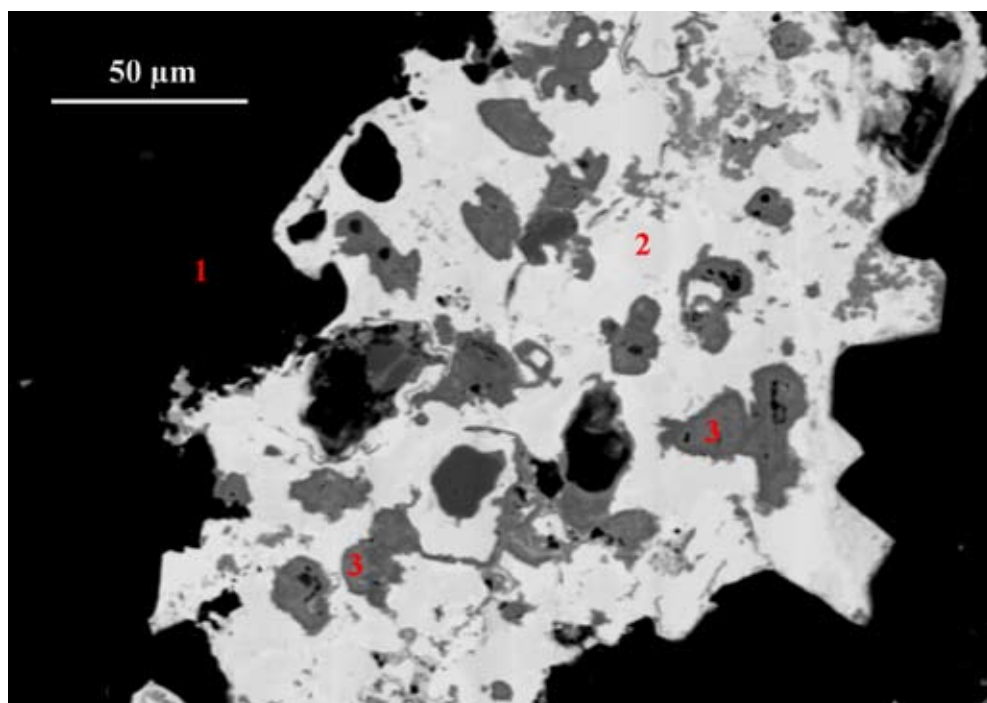


6.15. ábra. Piromorfit {10-10} szerinti léces termetű ikerkristályai. BSE felvétel.



6.16. ábra. Kémiai zónasság Pb @ Ca helyettesítés miatt piromorfitban (2-3), az egész galenitben (1). BSE felvétel.

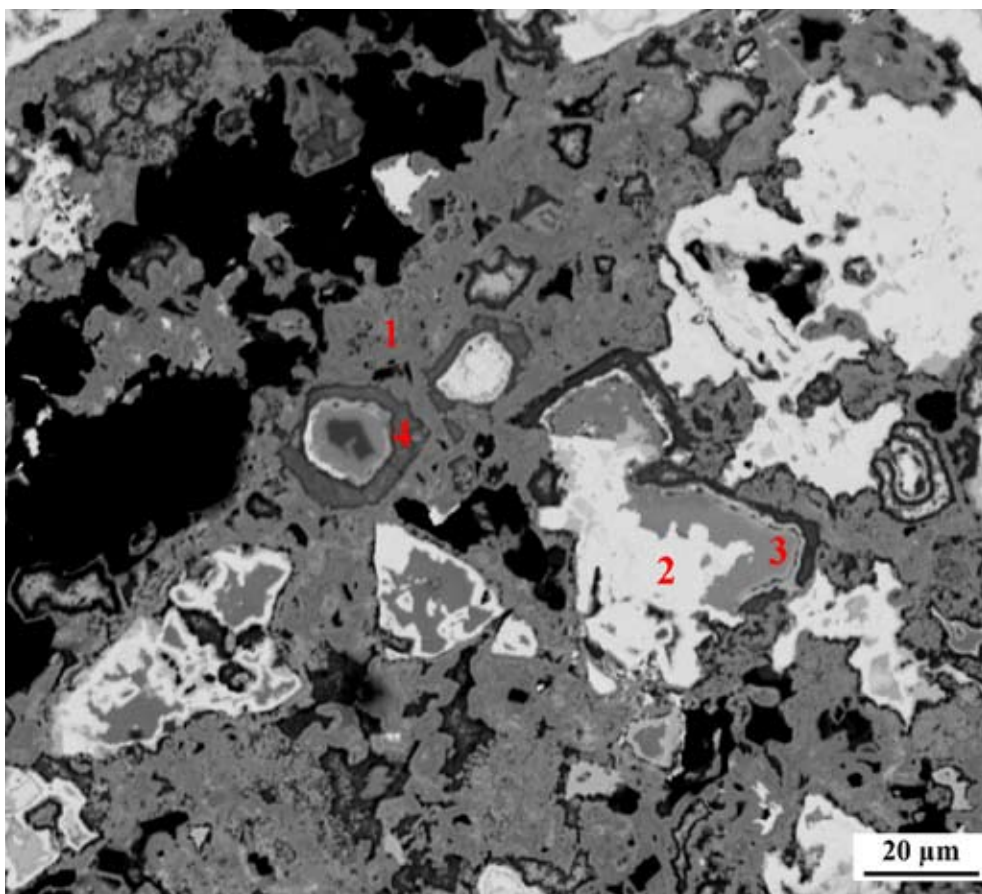
Plumbogummit - trigonális $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$: a kilúgozódott kvarctelér másodlagos ásványokkal teli üregrendszeréből először ZAJZON ET AL. (2000, 2004) mutatták ki. Megjelenési típusai a következők: fehér, halványszürke, világosbarna mikrokristályos halmozatok porózus, kéregszerű vagy gömbös-vesés kifejlődéssel, melyeket olykor 10–20 μm -es táblás termetű vagy a bázis és romboéder sajátos kombinációjával oktaéderszerű kristályok alkotnak. Nem ritkák közöttük a [211] zóna körüli 70°-os forgatással előálló penetrációs ikerkristályok, melyeket első alkalommal ZAJZON ET AL. (2000) említettek az alunit-csoport tagjai közül. Leggyakoribb kísérője a piromorfit, mellyel egyrészt szorosan összenőhet, másrészt a piromorfit vagy az üregrendszereket alkotó kvarc kristályain észlelhetők az apró plumbogummit kristályok. A piromorfit-plumbogummit összenövések között megfigyeltek olyat, amikor az utóbbi kristályaiban jelentek meg piromorfit-zárványok, de fordított esetként olyat is, amikor a piromorfitban voltak plumbogummit-zárványok. Összességében azt állapították meg, hogy a plumbogummit és piromorfit együttesen vált ki, mégpedig feltehetően a kései hidrotermás folyamatok során, kivéve a földes megjelenésű plumbogummitot, mely piromorfit mállásterméke. Kísérétében nem ritka a cerusszit sem, melyben gömbszerű zárványokként



6.17. ábra. Plumbogummit (3) cerusszitban (2) kvarc üregében (1). BSE felvétel.

figyelhető meg (6.17. ábra). Magunk a plumbogummitos halmazokban olykor kémiai zónás-ságot is tapasztaltunk, a Pb-t tapasztalataink szerint Sr és Ca helyettesítheti, ami átvezet a goyazit és a crandallit irányába (6.18. ábra). Ezeket a helyettesítési folyamatokat természetesen követik a kristályszerkezet módosulásai is, amit rögzítenek a röntgen-pordiffrakciós felvételek is (6.19. ábra).

Wulfenit - tetragonális PbMoO_4 : általában 2–4 mm-es, halványsárga, sárga vagy piszkosfehér táblás kristályokként észlelhető a kilúgozódott kvarctelérek felszíni feltárásában piromorfittal szoros együttesben (SZAKÁLL ET AL., in press). A kristályok mérete olykor elérheti a 2–3 cm-t (6.20. ábra). Uralkodó forma a $\{001\}$ bázis, míg kisebb lapokkal a következő formák vannak képviselve: $\{011\}$, $\{112\}$, $\{114\}$ és $\{013\}$. A kisméretű dipiramisok változó kifejlődésével jellegzetes, zezugos megjelenésű kristályok észlelhetők. Sokkal ritkábban jelenik meg tetragonális dipiramisos termettel, ezek a kristályok azonban nem nagyobbak 1–2 mm-nél. A kémiai elemzés szerint a wulfenitben némi Pb ® Ca helyettesítés észlelhető.

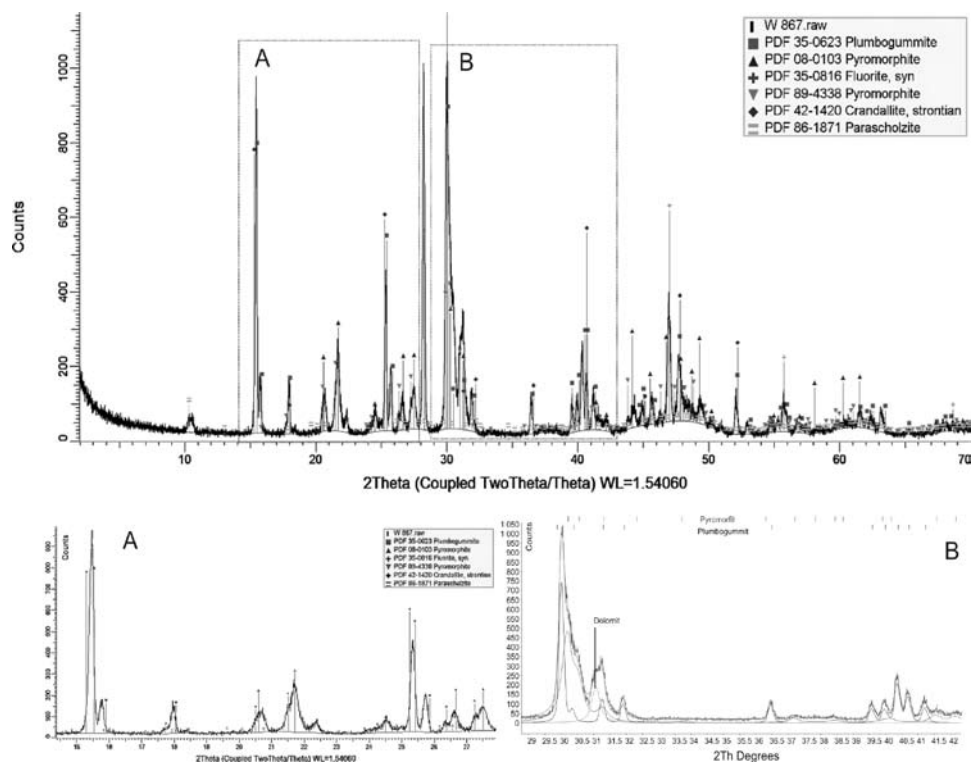


6.18. ábra. Kémiai zónásság Pb ® Ca-Sr helyettesítés miatt plumbogummitban (1) cerusszittal (2), As ® S helyettesítés miatt zónás bayldonittal (3) és beudantittal/segnitittel (4). BSE felvétel.

Réztartalmú szulfidokból (döntően kalkopiritből) képződtek

Azurit - monoklin $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$: sötétkék 0,5–1 mm-es, táblás vagy prizmás kristályok, de legtöbbször apró kristályokból álló bekérgeződések, fészkek vagy világoskék, porszerű hín-tésekként észlelhető. Leginkább malachit, ritkábban Cu-tartalmú APS-ásványok kísérik.

Bayldonit - monoklin $\text{PbCu}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$: halványzöld, 0,05–0,1 mm-es göm-bös halmazok vagy filmszerű bevonatok szoros együttesben cerusszittal figyelhetők meg. Meghatározása XRPD-felvétellel (6.21. ábra) és EDX-elemzéssel történt. Feltehetően ten-nantit mállásának eredménye.



6.19. ábra. Plumbogummit–crandallit elegykristály röntgen-pordiffrakciós felvétele.

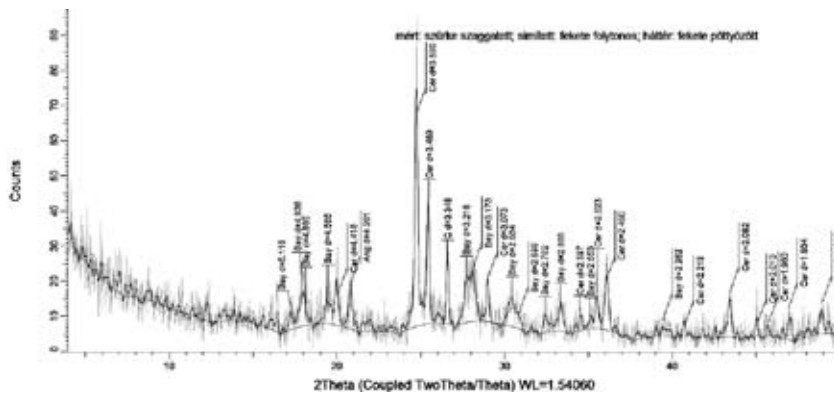
A: kinagyított részlet a PDF adatbázisból vett elméleti csúcsok helyével, mutatva a plumbogummit és crandallit közötti átmeneti összetétel hatását a kristályszerkezetre;
 B: a Rietveld illesztéssel finomított szerkezetekhez tartozó reflexiók átfedéséből származó csúcskiszélesedés szemléltetése.

Brochantit - monoklin $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$: smaragdzöld vagy világoszöld porszerű hintések vagy porózus halmazok kalkopirit mállási szegélyeiben leginkább covellin, digenit és linarit társaságában. Halványzöld, porszerű halmazai bélelik leginkább a másodlagos réz-ásványokkal kitöltött üregrendszereket. Meghatározása XRPD-felvétellel és EDX-elemzéssel történt.

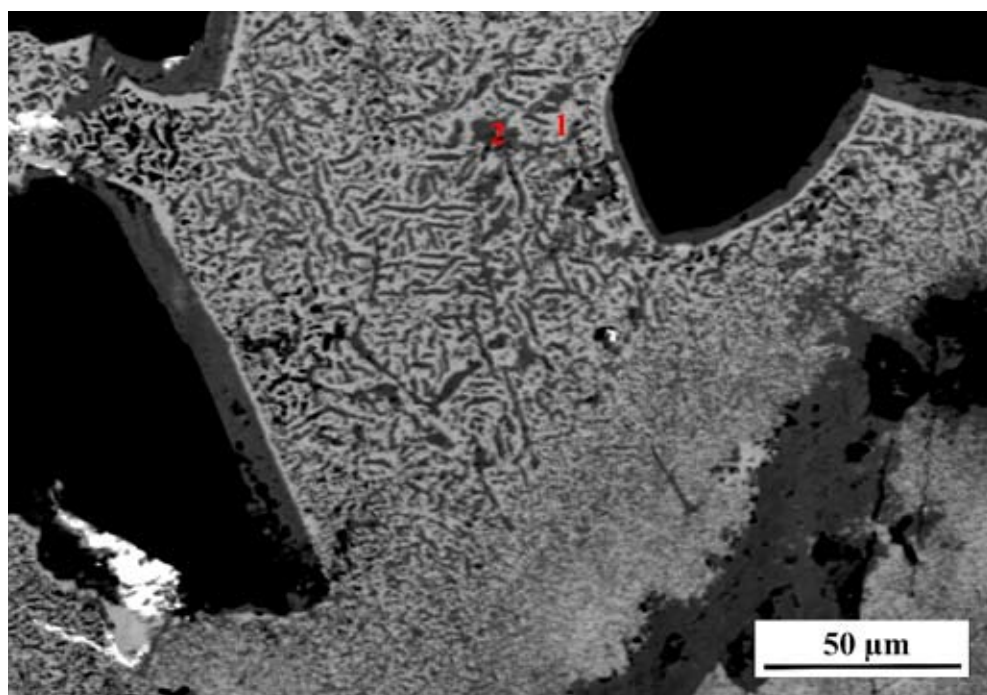
Cinnabarit - trigonális HgS : élénkvró, porszerű hintések, sötétvró bekérgeződések, illetve mm alatti gömbös halmazok formájában észlelhető a kilúgozódott kvarctelések lika-csai falán, leginkább malachit társaságában. Emiatt Hg-tartalmú tetraedrit/tennantit mállásából származtatjuk (bár eddig nem tudtunk kimutatni Hg-t a fakőércekből).



6.20. ábra. Wulfenit táblás kristályai piromorfittal. Klaj S. gyűjteménye.
Fotó: Tóth L.



6.21. ábra. Bayldonit és cerusszit röntgen-pordiffrakciós felvétele.

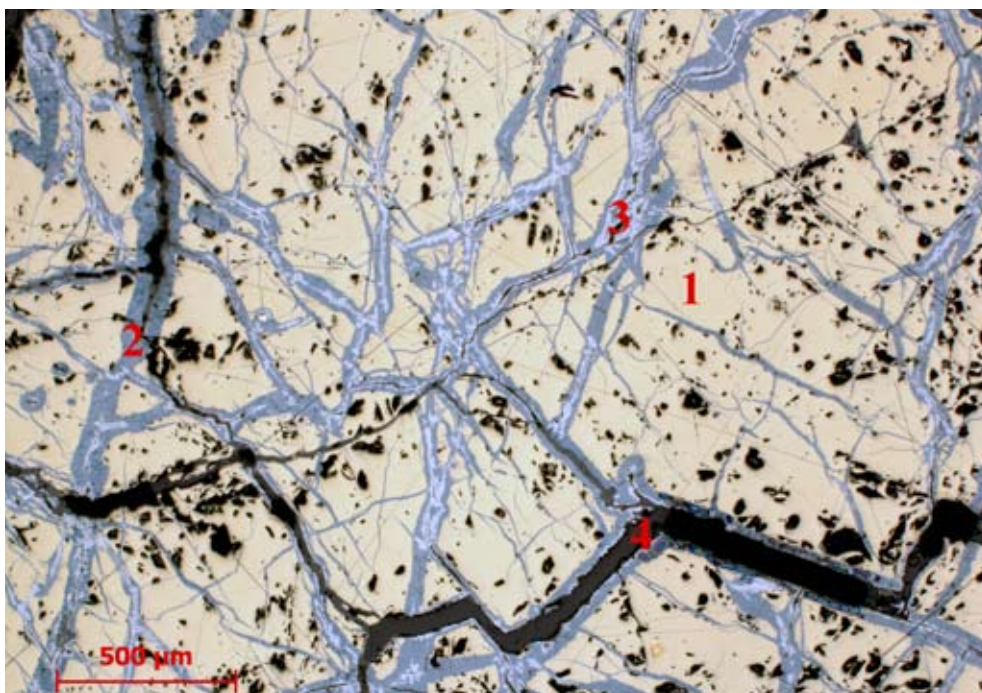


6.22. ábra. Covellin lemezes-pikkelyes halmazai (1) részben már malachittá (2) átalakulva. BSE felvétel.

Covellin - hexagonális CuS : kalkopirit mállási szegélyében kicsiny lemezekből álló, 1-2 mm-t elérő halmazai nem ritkák (6.2. ábra). Ezt a típusú megjelenését Kiss (1954) említi először. Makroszkóposan sötétkék-indigókék színű. Nemegyszer a kalkopirit teljes mennyisége covellinné alakult át. További átalakulásából Cu-szulfátok, Pb-Cu-szulfátok és Cu-karbonátok jöttek létre.

Digenit - trigonális Cu_3S_5 : kalkopirit mállásának első ritmusaként, a repedések mentén és a kristályhatárokon képződik egy optikailag leginkább a kalkozinhoz hasonlatos réz-szulfid (6.23. ábra). Az összetöredezett kalkopiritet a repedések mentén és a szegélyeken ez a réz-szulfid emészti föl (6.24. ábra), mely az elvégzett mikroszondás elemzés (6.3. táblázat) és XRPD-felvétel (6.4. táblázat) alapján digenitként azonosítható. A digenit átalakulásából covellin, illetve további másodlagos rézásványok származtathatók.

Devillin - monoklin $\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: halványkék, 0,1 mm-es, gyöngyházfényű pikkelyek, táblás kristályok vagy filmszerű bevonatok formájában ismert kalkopirit és cerusszitos környezetben.



6.23. ábra. Kalkopirit (1) a repedések mentén digenitté (2) alakul át. A repedésekben esetenként még galenit (3) és kvarc (4) figyelhető meg. Ércmikroszkópos felvétel.

Malachit - monoklin $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$: zöld, 1–2 mm-es gömbös, cseppköves halmazok, bekérgezések, porszerű hintések, finom tűkből álló tűs-sugaras pamacsok vagy kusza halmazok ismertebb megjelenései. A leggyakoribb másodlagos rézásvány Szűzváron, hiszen a covellin vagy minden Cu-tartalmú APS-ásvány végső soron malachittá alakul át (lásd még a 6.13. ábrát).

Kalkozin - monoklin Cu_2S : kalkopirit mállási szegélyében KISS (1954) említette ércmikroszkópos észlelés alapján. KOCH (1966) galenitet kiszorító fázisként említette, mely a galenitet szegélyezi. A kalkozint szerint sokszor covellin emészti föl. Bár magunk az eddigi mikroszondás elemzéseket és röntgen-pordiffrakciós felvételeket figyelembe véve nem találkoztunk kalkozinnal, de ettől függetlenül jelen lehet.

Kuprit - köbös Cu_2O : jellegzetes sötétvörös belső reflexiójú, 0,5 mm-t elérő fészkek formájában ismert, szegélyén mindig malachitosodott (KOCH 1966).

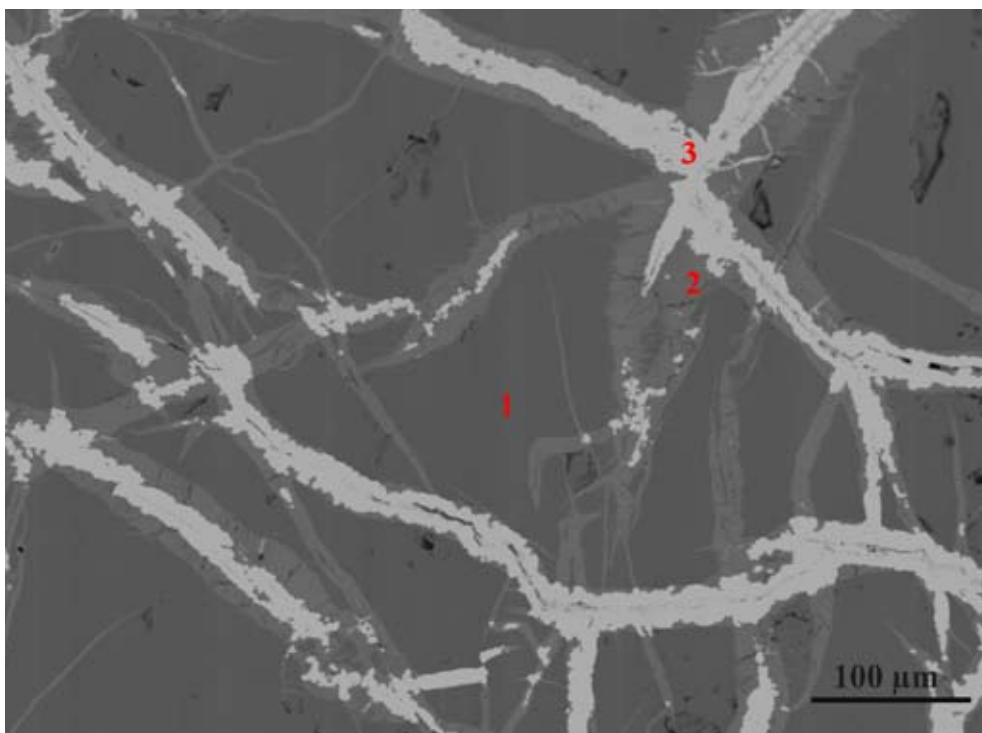
Réz - köbös Cu: ércmikroszkópos megfigyelései alapján mikroszkopikus méretű szemcsékként említi KOCH (1966), kuprittal szoros együttesben.

Pont #	S	Cu	Fe	Pb	Összesen
7	21,92	78,38	0,15	0,00	100,45
8	21,63	78,60	0,04	0,01	100,28
9	21,79	78,27	0,00	0,00	100,06
10	21,72	78,13	0,08	0,09	100,02
11	21,78	78,16	0,04	0,03	100,01
12	21,66	77,02	0,24	0,18	99,10
13	21,95	77,28	0,19	0,00	99,42
14	21,82	77,82	0,18	0,00	99,81
15	21,63	77,55	0,26	0,13	99,57
16	21,82	77,42	0,04	0,00	99,28
17	21,43	77,73	0,05	0,33	99,54
18	22,08	78,19	0,25	0,00	100,53
19	22,05	77,73	0,47	0,03	100,28
20	22,08	78,22	0,33	0,05	100,68
21	21,96	77,45	0,77	0,14	100,32
átlag	21,85	77,86	0,17	0,05	99,96
2 szigma	0,16	0,46	0,14	0,06	0,48

6.3. táblázat. A digenit elektronmikroszondás elemzése (WDS) tömegszázalékban.

Pátka, Szűzvár		Kalkopirit (ICDD 00-037-0471)		Galenit (ICDD 00-005-0592)		Digenit (ICDD 00-047-1748)	
d (Å)	I (%)	d (Å)	I (%)	d (Å)	I (%)	d (Å)	I (%)
3,416	90			3,429	84		
3,197	10					3,210	46
3,031	100	3,039	100			3,051	11
2,960	87			2,969	100		
2,771	6					2,781	46
2,602	3	2,606	3				
2,093	37			2,099	57		
1,957	22					1,9644	100
1,865	18	1,870	16				
1,850	23	1,8561	25			1,8441	3
1,784	20			1,790	35	1,7820	4
1,710	9			1,714	16		
1,673	3					1,6765	17
1,589	11	1,5926	12				
1,571	4	1,5757	6				

6.4. táblázat. A digenit (kalkopirit és galenit) röntgenpordiffrakciós adatai.



6.24. ábra. Kalkopirit (1) a repedések mentén részben digenitté (2) átalakulva, esetenként galenittel (3) kísérve. BSE felvétel.

Rosasit - monoklin $(\text{Cu,Zn})_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$: világoskék tűkből álló, 1–2 mm-t elérő gömbös halmazok vas-oxidos anyagú porózus kérgeken, kilúgozódott kvarctelér üregrendszereiben ritkán jelennek meg. Az EDX-spektrumok alapján a csak Cu-tartalmú malachittól a Cu:Zn=1:1 arányú rosasit ásványig többféle Cu:Zn arányú fázis is megjelenik.

Cinktartalmú szulfidból (szfalerit) képződtek

CdS-ásvány: citromsárga, porszerű halmazai ritkán figyelhetők meg mállásnak indult szfalerit környezetében. Az EDX-spektrumok alapján rögzített kémiai komponenseket (Cd-S) szerkezetvizsgálattal a kis mennyiség miatt eddig nem tanulmányoztuk, így hogy greenockitrol, vagy hawleyitrol van-e szó még nem dönthető el egyértelműen.

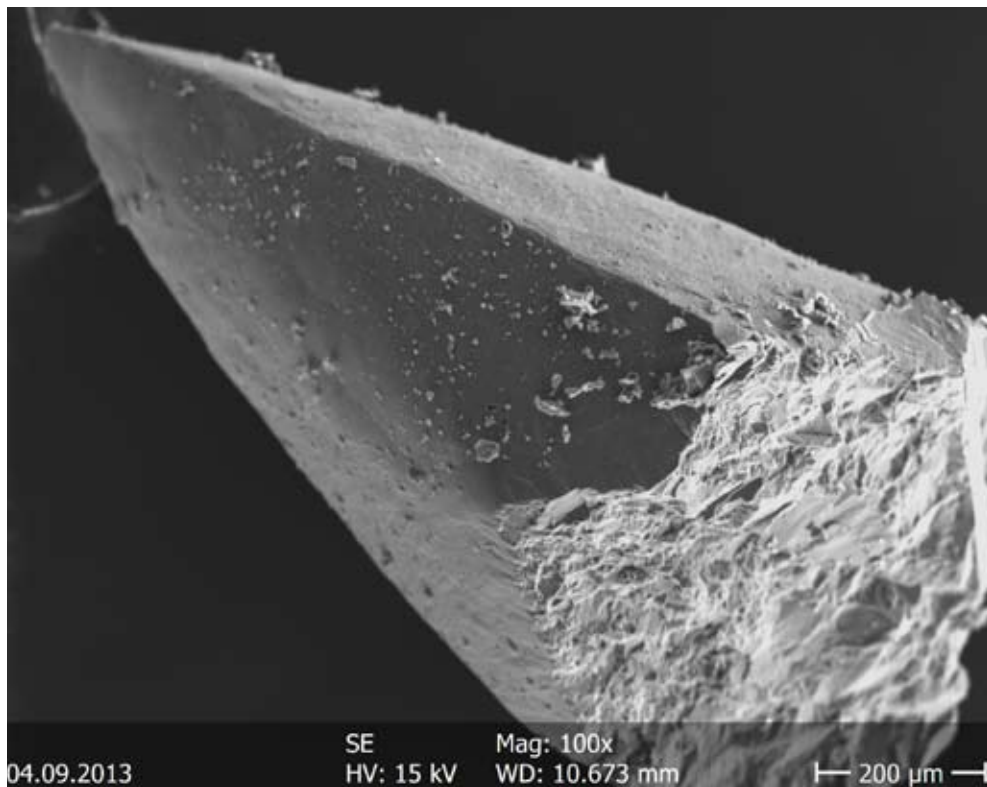
Smithsonit - trigonális ZnCO_3 : az ércesedésben jelenlévő szfalerit mállásából képződött. A mállott példányokon esetenként piszkosfehér, filmszerű bekérgezéseket alkot.

Magunk kevés példányon figyeltük meg, de feltehetően elterjedtebb, csak jelentéktlenebb megjelenése nehézkessé teszi felismerését. Látványosabb kifejlődését 1–2 mm-es, világosbarna, különálló szkaloéderes kristályok (6.25. ábra), vagy ezekkel sűrűn borított felületek formájában észleltük.

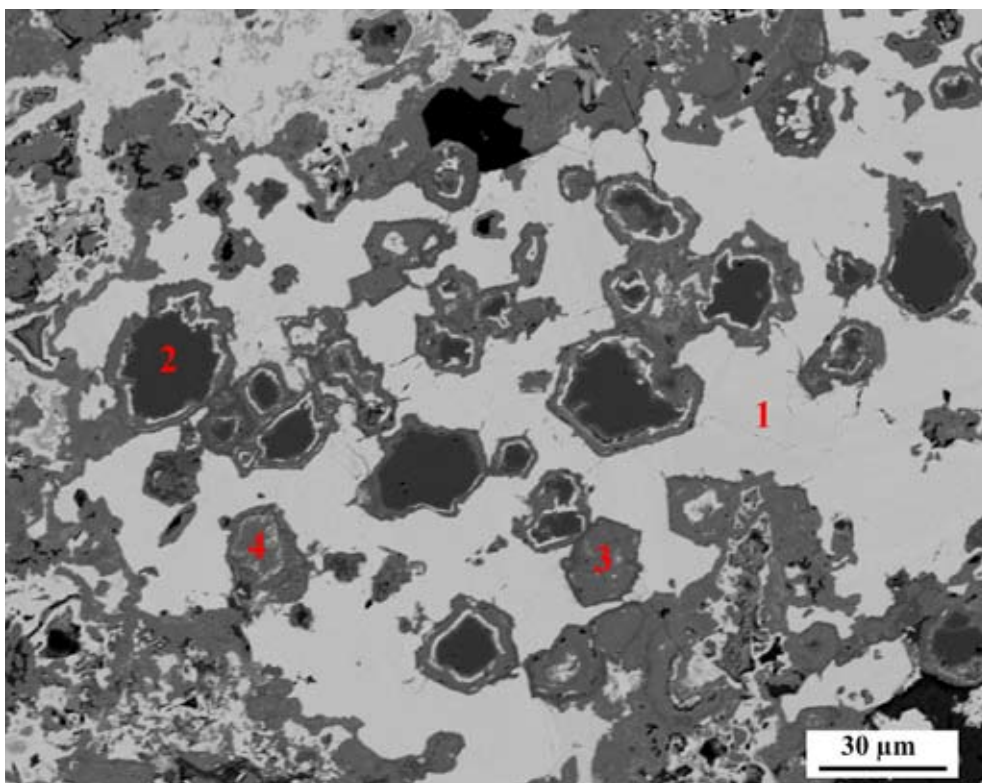
Egyéb szulfidokból, illetve más elsődleges ásványokból képződtek

Gipsz - monoklin $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: szintelen, mm-es tűs kristályok halmazaként elég ritkán jelennek meg. Minden bizonnyal a gyéren előforduló pirit (vagy markazit?) mállásterméke.

Goethit - rombos $\alpha\text{-FeO(OH)}$ és hematit - trigonális Fe_2O_3 : a röntgen-pordiffrakciós felvételekkel igazolt két vas-oxidásvány vastartalmú szulfidok és/vagy vastartalmú karbonátok mállásának eredménye. Rozsdabarna és vörösbarna filmszerű bevonataik, szivacsos vagy földes halmazaik a kilúgozódott kvarctelérben gyakoriak.

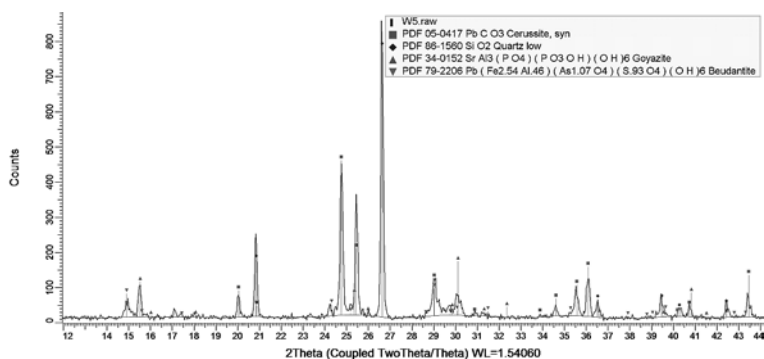


6.25. ábra. Szkaloéderes smithsonit-kristály. BSE felvétel.

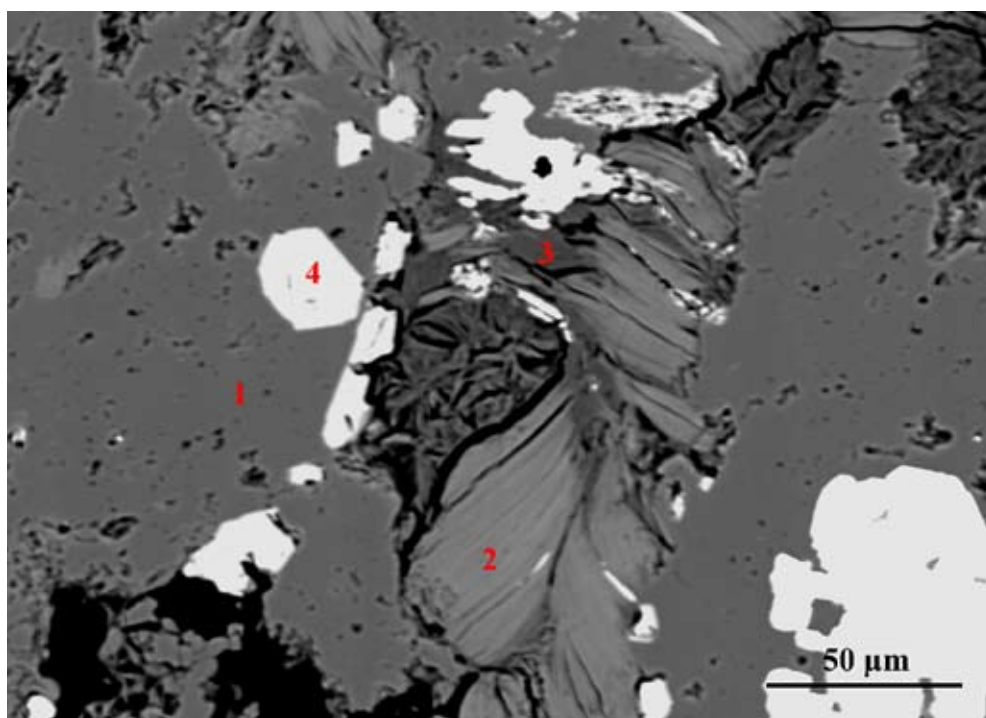


6.26. ábra. Gorceixit (2), goyazit (4) és plumbogummit (3) váltakozásából álló kémiaiilag zónás aggregátumok és romboéder átmetszetek cerusszitban (1). BSE felvétel.

Goyazit - trigonális $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ és gorceixit - monoklin $(\text{Ba,Ca})\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$: a szulfidoktól kilúgozódott kvarctelér másodlagos ásványokkal teli üregrendszereiben mutattuk ki EDX-elemzéssel más APS-ásványokkal szoros összenövésekben. Leginkább cerusszit és plumbogummit együtteséből álló alapanyagban figyelhetők meg olyan kémiaiilag zónás, 10–40 µm-es átmérőjű, izometrikus vagy sokszor jól kivehetően romboéderes átmetszetek, melyek magja goyazit vagy crandallit, míg az ezt szorosan követő öv gorceixit összetételű (6.26. ábra). A goyazit jelenlétét röntgen-pordiffrakciós felvétel is alátámasztja (6.27. ábra). Az aggregátumok külső zónájában viszont leginkább plumbogummit, cerusszit és malachit figyelhető meg. Ezek a roppant érdekes zónás kristályok növekedtek először, majd a közöttük lévő teret kitöltötte a plumbogummit és a cerusszit. Érdeemes megjegyezni, hogy a térkitöltő plumbogummit is mutat kémiai zónásságot (a Pb Ca, Sr és Fe általi helyettesítését figyeltük meg).



6.27. ábra. Goyazit, beudantit, cerusszit és kvarc röntgen-pordiffrakciós felvétele.

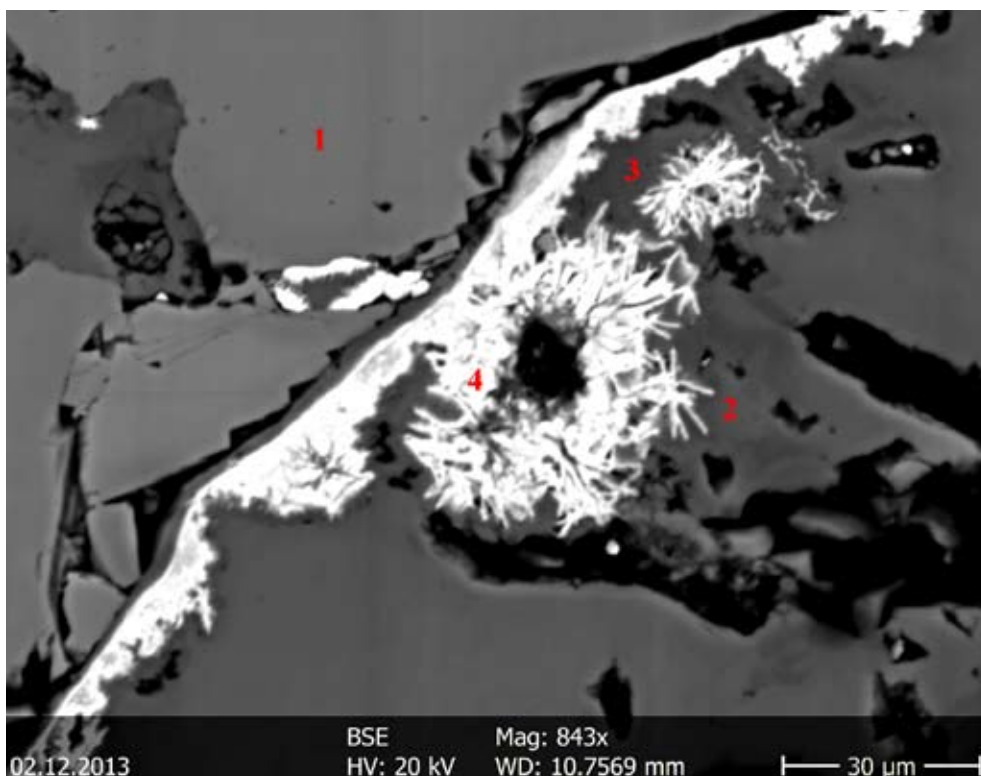


6.28. ábra. Ortoklász (1), muszkovit (2), kaolinit (3) cerusszittal (4).
BSE kép.

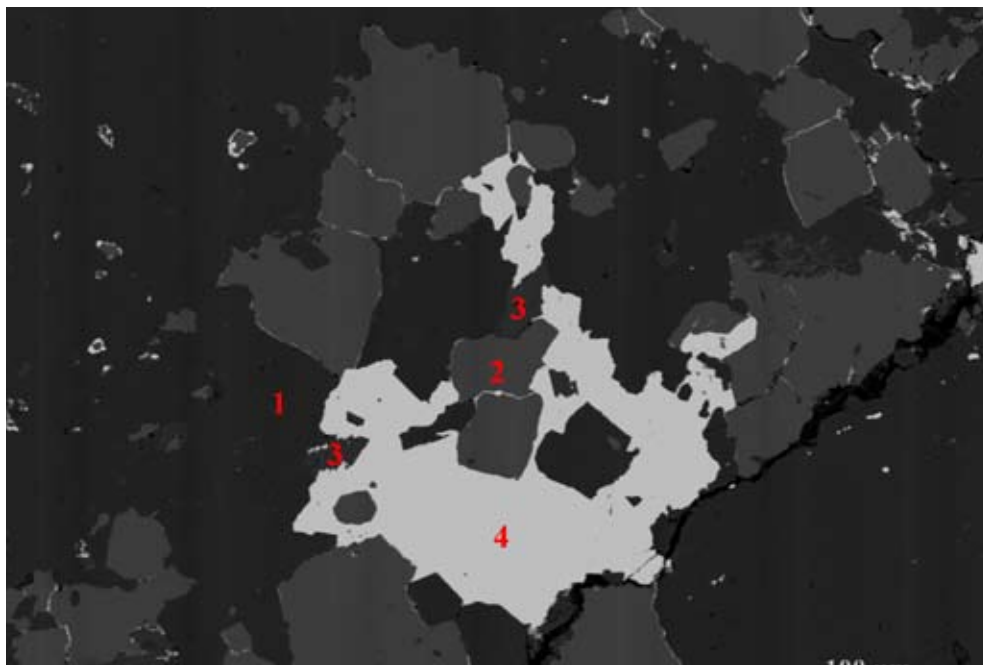
Jarosit - trigonális $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$: sárga, porszerű hintései vagy filmszerű bevonatai nem gyakoriak, tekintettel arra, hogy vas-szulfidokban igen szegényes a szűzvári ércesedés.

Kaolinit - triklin $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$: fehér, porszerű fészkekként jól ismert a telérekben, mint a kőzetalkotók gyakori mállásterméke. Egyes BSE-képeken közvetlenül megfigyelhető a muszkovit kaolinitté történő átalakulása (6.28. ábra).

Mn-oxidok: feltehetően Mn-tartalmú karbonátok (sziderit, rodokrozit) mállásából képződtek a fekete, fénytelen, 1–2 mm-es, porózus aggregátumokként észlelhető Mn-oxidok, melyek az EDX-felvételek szerint gyakran Pb-tartalmúak. Rosszul kristályosodott természetük miatt röntgen-pordiffrakcióval nem sikerült egyértelműen azonosítani ezeket a fázisokat (egyes felvételek talán a mangannal mutatnak némi hasonlóságot). Egy goethitté mállott szideritgömb magjában viszont piroluzithoz hasonló színű és fényű, léces kristályhalmazokat



6.29. ábra. Pikkelyekből álló Mn-oxid aggregátumok (4) fluorit (1) repedéseit kitöltő kalcitban (3) és Mn-tartalmú kalcitban (2). BSE felvétel.



6.30. ábra. Részben visszaoldódott fluoritkristályok (2) kvarccal (1), ortoklásszal (3) helyenként cerusszittal (4) körítve. László-tanya. BSE felvétel.

figyeltünk meg, de műszeres vizsgálat eddig nem készült az anyagról. Külön kell megemlíteni a fekete fluorit színét okozó rosszul kristályos természetű Mn-oxidot, mely a fluorit-szemcséket cementáló kalcitban 1-2 μm -es erek, 10-30 μm -es fészkek, vagy pikkelyekből sugarasan elrendeződő aggregátumokból állnak (6.29. ábra). Ezek az EDX-felvételek alapján legtöbbször Pb-ot, K-ot vagy Ba-t tartalmaznak.

Opál - rövid távon rendezett szerkezetű $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$: néhány mm-es, szintelen bekérgezései és gömbös halmazai másodlagos ásványokkal együtt ritkán észlelhetők.

Kitekintés a Velencei-hegység többi fluorit-kvarc-polimetallikus ércesedésére

A pátkai Kórákás-hegy ércesedésében a telérek szulfidos-kovás, illetve fluoritos típusba sorolhatók (Kiss 1954). A szulfidok közül itt egyértelműen a szfalerit dominál, kevesebb galenittel és sokkal kevesebb kalkopirittal jellemezhető. A felszín közeli zónákban néhány másodlagos ásvány, leginkább piromorfit, cerusszit és malachit észlelhető. Az antimonit megjelenése egyedi és az előbb említettektől különálló, kései ércképző fázis terméke Kiss (1954) szerint. A kovásodott teléryanag üregeiben mm-es, vagy ritkábban cm-es, tűs-sugaras

halmazok formájában jelenik meg. Mállásából sztibikonit képződött. A fluorit a szulfidos-kovás telérektől sokszor függetlenül, hintésekként, impregnációkként, repedéseket kitöltő erekben, illetve a mellékkőzet érkitöltéseiben jelenik meg. Képződése a szfalerittel jellemzett szulfidos érceket követte.

A pákozdi Bella-dűlői, 1–2 km-en keresztül nyomozható fluoritos vonulatban a fluorit és a kvarc különböző generációi váltakoznak egymással (JANTSKY 1957). Kifejlődése csak kisebb szakaszokon nevezhető telérésnek, sokkal inkább fluorittal és kvarccal impregnált töréses vonulatról beszélhetünk. Ebben szulfidok elég gyéren – elsősorban galenit, ritkábban szfalerit és kalkopirit – jelennek meg. Emiatt a mállásukból képződött, Szűzvárnál megismert másodlagos ásványoknak csak egy része – elsősorban cerusszit, piromorfít, malachit, azurit, cinnabarit – észlelhető nyomokban. Ennek a fluoritos-kovás vonulatnak északi folytatása a László-tanya környékén megismert fluorit-kvarctelérek raja (ÓDOR ÉS SZEREDAI 1964). Az itteni halványszürke, kékeszöld vagy lila, többnyire tömeges-vaskos fluorit repedéseiben nem ritkák a néhány mm-es, ritkán a 2–3 cm-es, fenn-nőtt hexaéderes kristályok, melyek sokszor zónásan színezettek. A fluorit és kvarc kiválása több ritmusban történt, de a szöveti képek alapján a legtöbbször a fluorit tűnik korábbinak (6.30. ábra). A szulfidok közül elsősorban a galenit nyomainak maradtak meg. A leggyakoribb másodlagos ásvány itt a cerusszit.

A minták forrásai, köszönetnyilvánítás

A vizsgált minták egy részét az alábbi gyűjtők bocsátották rendelkezésünkre: Gyombola Gábor (Budapest), Horváth Tibor (Budapest), Klaj Sándor (Pécs), Koller Gábor (Budapest), Körmendy Regina (Budapest) és Tóth László (Velence). A minták egy másik része a Magyar Minerofil Társaság táborában került begyűjtésre. Egyes mintákat évekkal ezelőtt az ELTE Ásványtani Tanszék gyűjteményéből, illetve a Magyar Állami Földtani Intézet (Budapest) gyűjteményéből kaptunk vizsgálatra. Ezúton is köszönjük Kákay Szabó Orsolya (MÁFI) és az ELTE Ásványtani Tanszék egykori gyűjteménykezelője, Nagy Tibor segítségét. Újabban is kaptunk mintákat vizsgálat céljára a MÁFI mai utódjától, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet gyűjteményéből, melyekért Péterdi Bálintnak tartozunk köszönettel.

A GEOFIZIKAI KUTATÁSOK ÖSSZEFOGLALÁSA, TOVÁBBI LEHETŐSÉGEK FELVÁZOLÁSA

ORMOS TAMÁS

Miskolci Egyetem, Geofizikai és Térinformatikai Intézet

E-mail: gformos@uni-miskolc.hu

A kutatási terület és cél

Geofizikai előkutatások.

Gravitációs kutatások

Mágneses kutatások

Magnetotellurikus szondázások

Gerjesztett potenciál kutatások

Geoelektromos szondázások, szeizmikus refrakciós kutatások

Részletező kutatások

A fluorittartalmú ércetek modellje „Pátka-Szűzvár” kutatási területen

Javasolható kutatások a telepés összlet kimutatására

A kutatási terület és cél

Az eddigi geofizikai kutatások nagyjából a Pákozdi Fluoritbánya és a Pátkai Bányüzem bányái (a Szűzvári üzem és a Lejtőszaknai (Kőrakáshegyi) üzem) által határolt területre koncentrálnak (7.1. ábra). A geofizikai felszíni kutatások alapkutatási jellegű céljainak az tűzhető ki, hogy a fluoritos előfordulások kimutatására vajon milyen geofizikai módszerek és mérési eljárások valamint adatfeldolgozási procedúrák lehetnek alkalmasak. A kutatómunka során kitűzött közvetlen cél az, hogy felállíthassuk a fluoritos előfordulások földtani geofizikai modelljeit, azaz az előfordulások alakjait és fizikai paramétereit. Ennek érdekében áttekintjük a célterületen korábban végzett geofizikai kutatásokat és azok eredményeit. Ezekből továbbá földtani ismeretekből a kérdéses modellek felállítására teszünk kísérletet, amelyek alapján geofizikai mérésekre és azok kiértékelési módjaira teszünk javaslatokat.

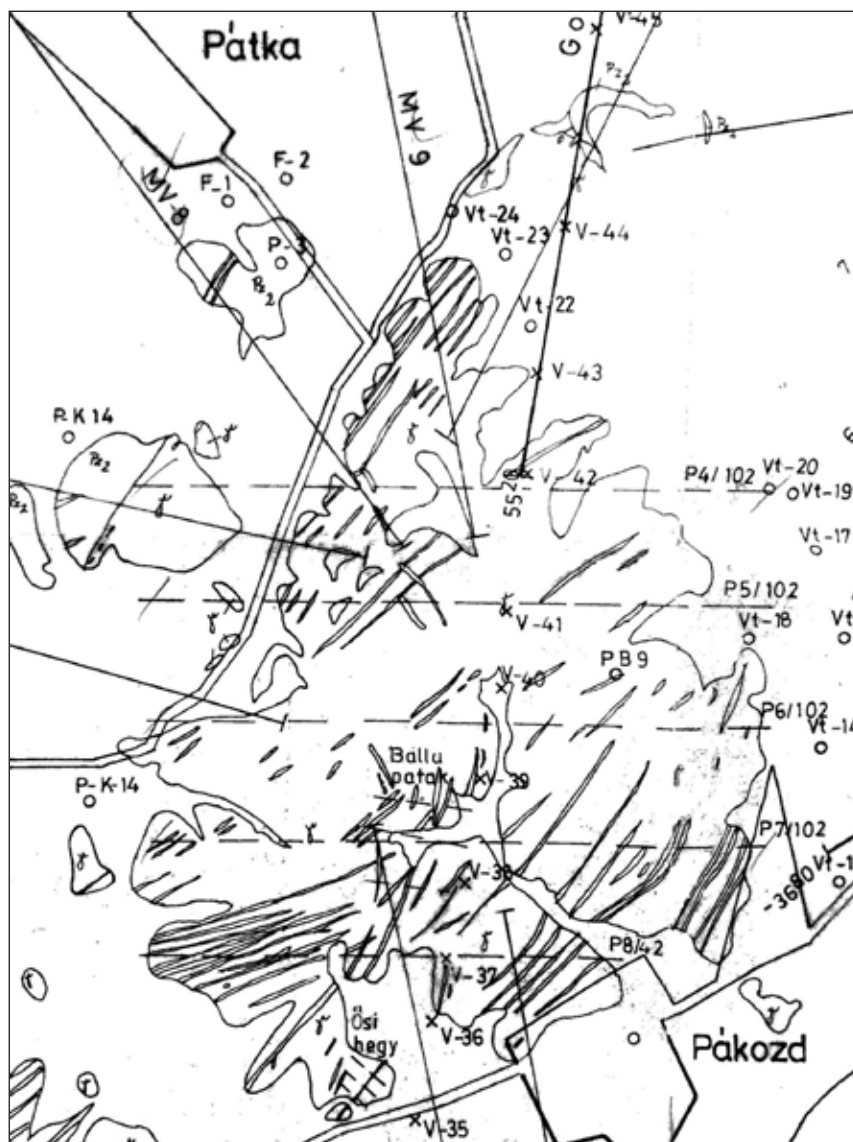
Geofizikai előkutatások.

A kutatási területen gravitációs, mágneses, egyen- és váltóáramú geoelektromos, indukált polarizációs és szeizmikus refrakciós mérések történtek nyersanyag kutatási céllal. A munkákat (méréseket, kiértékeléseket és értelmezést a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet végezte zömében 1976 és 1986 között. A geofizikai földtani- illetve nyersanyag kutatási módszertanának megfelelően először az átnézetes, kisebb felbontóképességű azonban költséghatékonyabb módszerek kerültek alkalmazásra. A kutatás következő részletező fázisában kifejezetten érckutató célú munka folyt nagyobb felbontóképességű geofizikai módszerek – geoelektromos, IP, frekvenciaszondázás, reflexiós és refrakciós szeizmika – alkalmazásával. Sajnos a jelen kutatási területen részletező, nagy felbontó képességű vizsgálatok csak korlátozott mértékben történtek, szemben a Velencei-hegység keleti térségével (CSÖRGEI et al. 1982, MAJKUTH et al. 1987).

Gravitációs kutatások

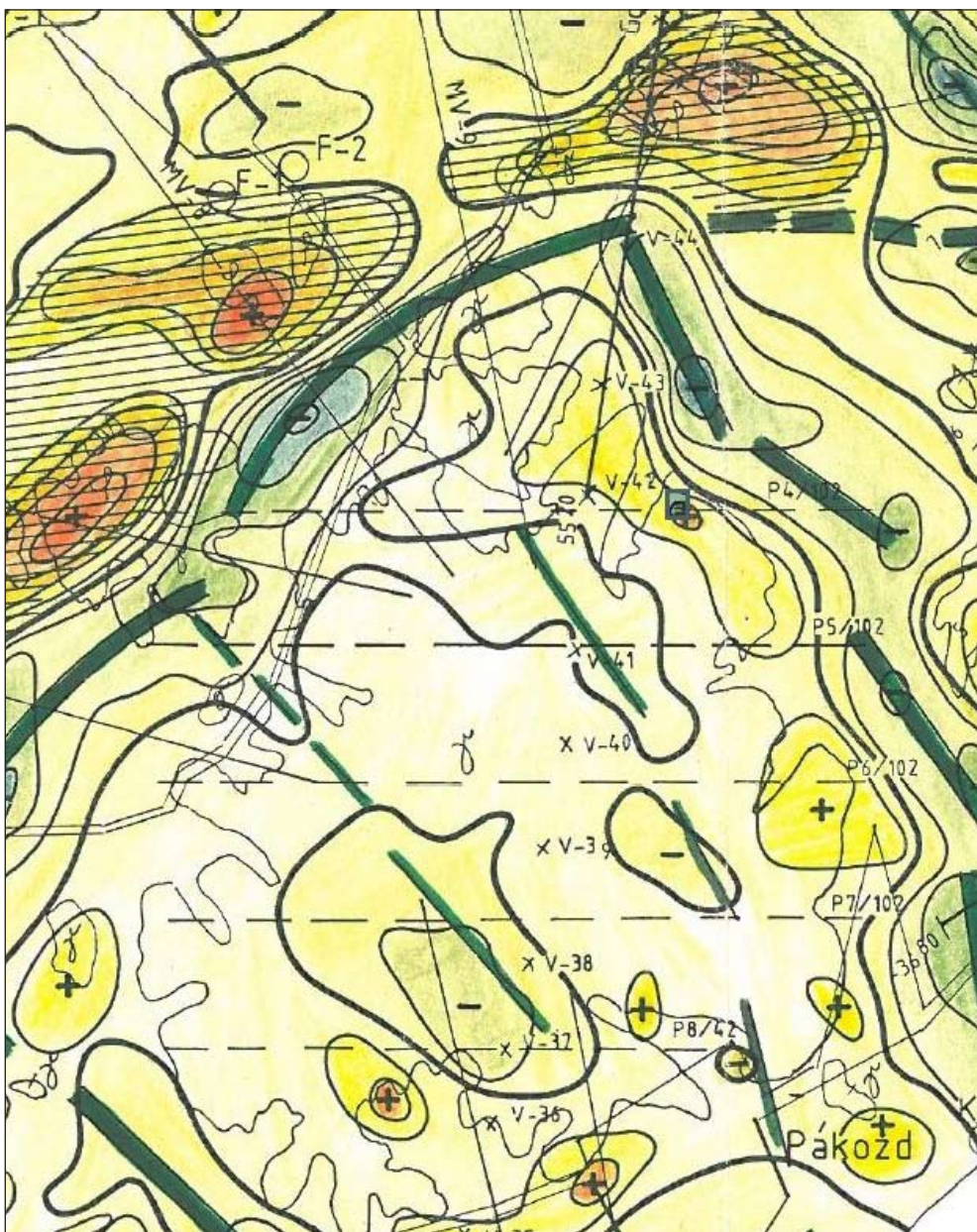
A Velencei-hegységben végzett gravitációs kutatások eredményéből a kutatási területre eső részt emeljük ki a 7.2. ábrán.

A gravitációs maradékanómia térkép – a nehézségi gyorsulás relatív értékei, amelyeket az egyéb „zavaró” hatásoktól numerikus módszerekkel „megtisztítottak” – az anomáliák lefutása egyértelműen mutatják a gránittest határait. A vastag vonalakkal a jelentős szerkezeti irányokat jelölték meg a szerzők. A területen belüli kis értékű minimumzónák kisebb szerkezeti elemeket, töréseket jelölnek. Az 1. ábrán bemutatott telérrajok azonban nem rajzolódnak ki a gravitációs maradék anomália térképen. A gravitációs mérésekből a gránit sűrűségére $2650 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ érték adódott (CSÖRGEI et al. 1982).

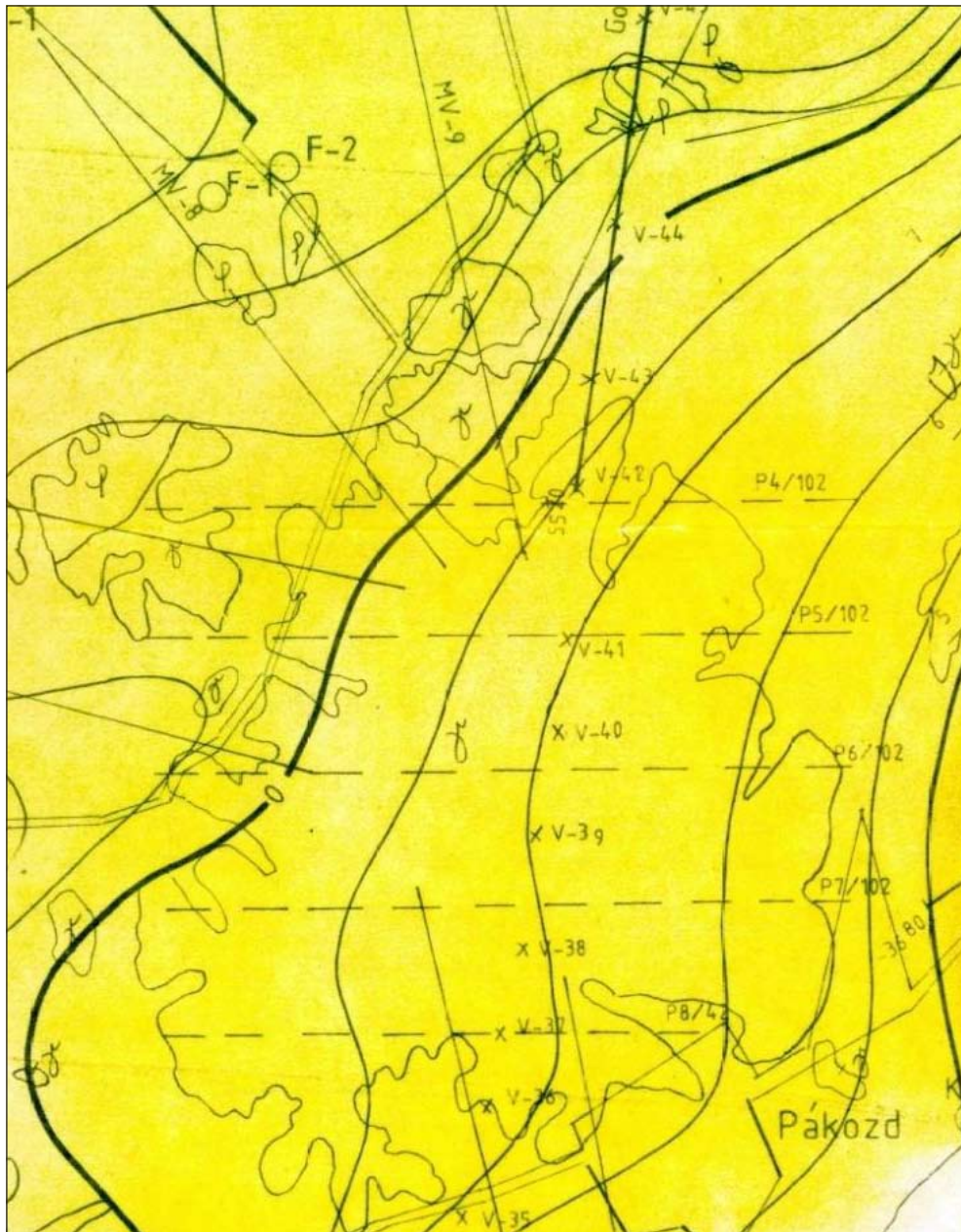


7.1. ábra. A kutatási célterület a gránittest felszíni elterjedésével, és az esetlegesen fluoritot tartalmazó telérrajok felszíni elterjedésével, valamint területen végzett geofizikai mérések szelvényeivel (MAJKUTH et. al. 1987)

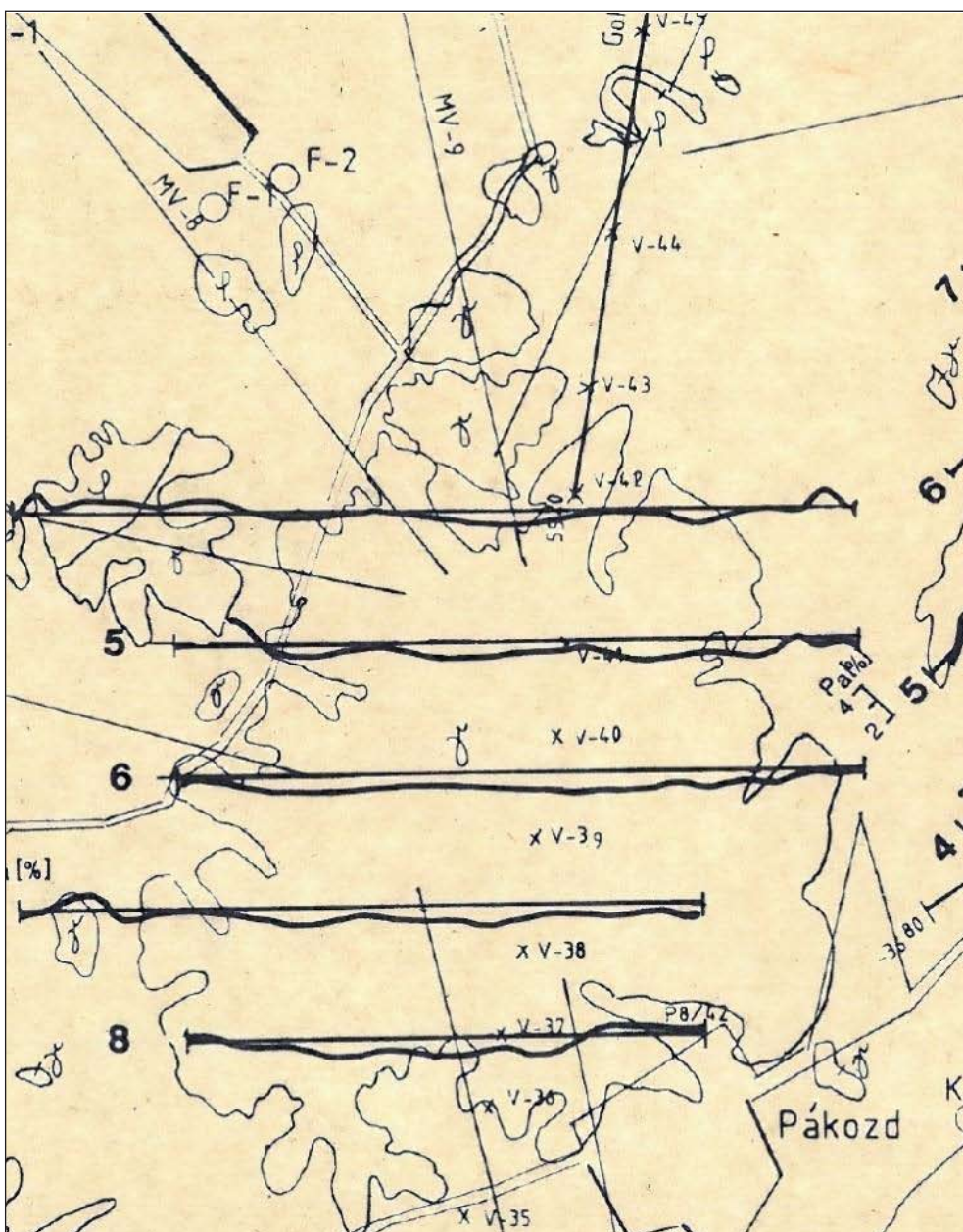
(Jelmagyarázat: P4/102,..., P8/42: indukált polarizációs szelvények, MV-3,...,MV-10: multifrekvenciás geoelektromos mérések szelvényei, GoR 15/79: szeizmikus refrakciós és geoelektromos komplex szelvény, xV35,...,xV44: geoelektromos szondázások pontjai)



7.2. ábra. Gravitációs maradékanomália térkép (MAJKUTH et. al. 1987)
 (Jelmagyarázat: vastag vonalak: fő szerkezeti vonalak, vékony vonalak: kisebb törés zónák, szerkezeti vonalak. Az izovonalak köze 0.25 mgal)



7.3. ábra. Geomágneses ΔT anomália térkép (MAJKUTH et. al. 1987)
(Jelmagyarázat: az izovonalak értékköze köze 0.5 nanotesla)



7.4. ábra. Polarizálhatósági (GP) szelvények (MAJKUTH et. al. 1987)
(Jelmagyarázat: Pa% polarizálhatóság)

Mágneses kutatások

A Velencei-hegységben végzett geomágneses kutatások eredményéből a kutatási területre eső részt emeljük ki a 7.3. ábrán. Megfigyelhető a ΔT totális mágneses tér anomáliák nyugodt DNy-ÉK-i lefutása, amely jól egyezik a gravitációs maradék anomália kép által kijelölt hasonló irányú szerkezeti vonalával (7.2. ábra). A gravitációs képen megjelenő további szerkezeti vonalak a mágneses képen nem látszanak. Egy a Velencei hegység keleti részén végzett kétdimenziós hatószámítás során $\chi=4440 \cdot 10^{-6}$ szuszceptibilitás értéket számítottak a hatóra, amely földtani azonosítására vonatkozó további információk nem állnak rendelkezésre.

Magnetotellurikus szondázások

Magnetotellurikus szondázások a Velencei-hegységnek csak a keleti területén folytak. A mérések kiértékelései eredményeképpen megállapították, hogy mintegy 4000 m mélységig 200-300 ohmm-es összlet található, ezen mélység alatt pedig mintegy 1000 ohmm. Az említett mélység valószínűleg a gránittest alját jelenti azon a területen.

Gerjesztett potenciál kutatások

A Velencei-hegységben végzett GP kutatások eredményéből a kutatási területre eső részt emeljük ki a 7.4. ábrán. A területen öt, közelítőleg K-Ny-i irányú az áttekintő kutatási célú szelvényt telepítettek és mértek le. A polarizálhatóság P_a (%) értékei mintegy 4%-os tartományban változnak. (az alapvonalat a „háttér” szintnek megfelelő 2%-nál húzták meg a szerzők. Látható, hogy e sinthez képest igen kicsi, és nem kifejező GP anomáliák jellemzik a kutatási területet. Megjegyzendő, hogy a Velencei-hegység keleti területén a hasonló metodikával elvégzett GP kutatások szép indikációkhoz vezettek. Az ott elvégzett részletező ércutatások mintájára ezen a kutatási területen is kerültek sorra részletező – nagy felbontású – GP mérések a bányászati tevékenységek által már megismert területeken, ezek sem hoztak azonban indikációkat.

A fenti vizsgálatok tükrében kijelenthető, a polarizálhatóság szerint nem különíthetők el a lehetséges fluorittartalmú telerrajok, szemben a Velencei-hegység keleti részén kapott eredményekkel, ahol az ércetesteket jelölő anomáliákat a pirit jelenléte okozza.

Geoelektromos szondázások, szeizmikus refrakciós kutatások

A kutatási területre csak a MV-3, ..., MV-10 (multifrekvenciás) szelvények, illetve GoR 15/79 komplex (geoelektromos és szeizmikus) szelvény végei „nyúlnak” be, amelyek szintén az előkutatások keretében végeztek el. Ezeknek az volt a kutatásstratégiai céljuk, hogy a

gránittestet valamint a palaösszetet egymástól el lehessen határolni. A kutatási eredmények alapján pontosítani lehetett a kérdéses szerkezeti elemek helyét. Az általunk vizsgálni kívánt telérrajt a szelvények nem, vagy csak éppen érték el. Mivel a mérésekkel lefedett szelvényhossznál mindig rövidebb szelvényhosszról kaphatunk csak megbízható eredményeket a mérési adatokban rejlő információk és a feldolgozási technikák miatt, ezek a kutatások sem szolgáltatottak elegendően részletes információt a kutatási területen belül elhelyezkedő telérrajról.

Részletező kutatások

A fentiek tükrében kijelenthető, hogy jelenlegi ismereteink alapján a néhány a bányászati tevékenységből már ismert területen tesztmérések formájában nagyobb felbontású gerjesztett potenciál (GP) kutatások folytak (Balla-pataki bánya), amelyek azonban nem hozták meg a kívánt eredményeket. 1997-ban azonban nem földtani, sem ércutatási, hanem geotechnikai céllal szelvénymenti, de hálózatos sekélyszeizmikus refrakciós mérések történtek a Pátkától délre, a Kőrakás-hegy és Lászlótanya közötti területen (NEDUCZA, HERMANN ÉS PRÓNAY 1998).

alak, település:	hidrotermális telér	
a csapás iránya:	észak-dél, dőlése 70-80° nyugat	
a csapás hossza	a felszínen kb. 150-500 m	
a telep vastagsága:	0.4-1.0 m lencsés	
a telepes összetet:	vastagsága egy 4-15 m, anyaga breccsás, bontott (limonitos, kaolinos), kovás, kvarcos	
a telér:	fluorit, kvarc, kis kaolinosodás, fakőerc, galenit, szfalerit nyomok	
mélysége:	maximum 200 m-ig feltárt	
tektonika:	vetőkkel szabdalta, észak felé sűrűbb	
mellékkőzet:	gránit	
A közetfizikai paraméter neve	a telérben/telepes összetetben	a mellékkőzetben/gránitban
sűrűség ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$):	n.a.	2650
szuszceptibilitás (-):	$\chi=4440\cdot 10^{-6}$	n.a
fajlagos ellenállás (ohmm):	50-500	200-300
polarizálhatóság (%):	3-4	3-4
sebesség ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$):	n.a	4200-4800

7.1. táblázat. A terület geofizikai tulajdonságait leíró általános modell paraméterei

Közöttük több olyan szelvény is található, amelyek a telérraj csapására közelítőleg merőlegesen fektettek. A kutatás célja a gránit feletti takaró összlet vastagságának meghatározása, valamint a gránittest felszínközeli állapotának változásainak nyomonkövetése, térképezése. A nagyfelbontású sekély szeizmikus kutatás eltérő célja miatt a fluoritos ércetek kimutatási lehetőségére nem tértek ki a szerzők.

A fluorittartalmú ércetek modellje „Pátka-Szűzvár” kutatási területen

Az áttekintett előzetes geofizikai kutatási eredményekből, valamint földtani és bányászati ismeretekből (MIKÓ L. 1964, ÓDOR L., SZEREDAI L. 1964, GYALOG L.-HORVÁTH I. 2004) a 7.1. táblázatban leírt általánosított közelítő modell állítható fel.

Javasolható kutatások a telepes összlet kimutatására

Az áttekintő geofizikai kutatások eredményei nem adtak értékelhető indikációt a fluoritot tartalmazó telepes összletek tekintetében a kutatási célterületen. Az egyetlen részletező gerjesztett potenciál polarizációs kutatások sem adtak értékelhető eredményt.

A fenti „sikertelenség” okai a részben a kimutatni kívánt telepes összletek viszonylag kis mérete és a közetfizikai paramétereikben a környezethez képesti valószínűsíthetően kis kontraszt, valamint az előkutatásban alkalmazott geofizikai módszerek és azok az áttekintő kutatási célnak megfelelően tervezett kisebb felbontóképesség „ellentmondásában” kere sendők.

A fenti ellentmondás feloldására két elvi lehetőség is kínálkozik.

Az egyik szerint a 80-as évekbeli mérési adatokat (amennyiben azok arra alkalmasak) az azóta eltelt időszakban kifejlesztett új kiértékelési – ún. inverziós – eljárásokkal ismételtlen feldolgozni. A GP és a sekély refrakciós mérési adatok erre alkalmasnak látszanak. A szóban forgó refrakciós „nyers” mérési adatok az MFGI-ben fellelhetők. Az adatok ismételt feldolgozásával elvileg lehetőség van arra, hogy a felszínközeli gránittestben közel függőlegesen a felszínig kifutó telepes összletek kimutathatók.

A másik lehetőség a fenti cél elérésére ismert telepek helyszínén kísérleti nagyfelbontású mérések elvégzése és modern feldolgozása rövid szelvényszakaszokon.

**A PÁTKA-SZŰZVÁRI FLUORITOS MEDDŐ
ELJÁRÁSTECHNIKAI VIZSGÁLATA
ÉS ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIAI KONCEPCIÓJA**

BOKÁNYI LJUDMILLA¹, FAITLI JÓZSEF², VARGA TERÉZIA ERZSÉBET³,
MÁDAINÉ ÜVEGES VALÉRIA⁴, MÁDAI FERENC⁵, BRUNCSZLIK ANITA⁶, MAGYAR TAMÁS⁷

Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

E-mail: ¹ejtblj@uni-miskolc.hu, ²ejtfaitj@uni-miskolc.hu,

³ejtvater@uni-miskolc.hu, ⁴ejtmuva@uni-miskolc.hu, ⁵askmf@uni-miskolc.hu,

⁶ejtba@uni-miskolc.hu, ⁷magyar.tamas@uni-miskolc.hu

A Pátká-Szűzvár flotálómű dúsítási technológiája

Pátkai meddők mintavételezése

Pátkai meddő minták ásványos összetétele

A pátkai fluorit-tartalmú meddő eljárástechnikai alapvizsgálatai

A fluorit flotációs dúsításáról

A pátkai fluorit és kvarc határfelületi jellemzői

Flotálás-technológiai kísérletek

Flotációs zárt körfolyamat szimulálása

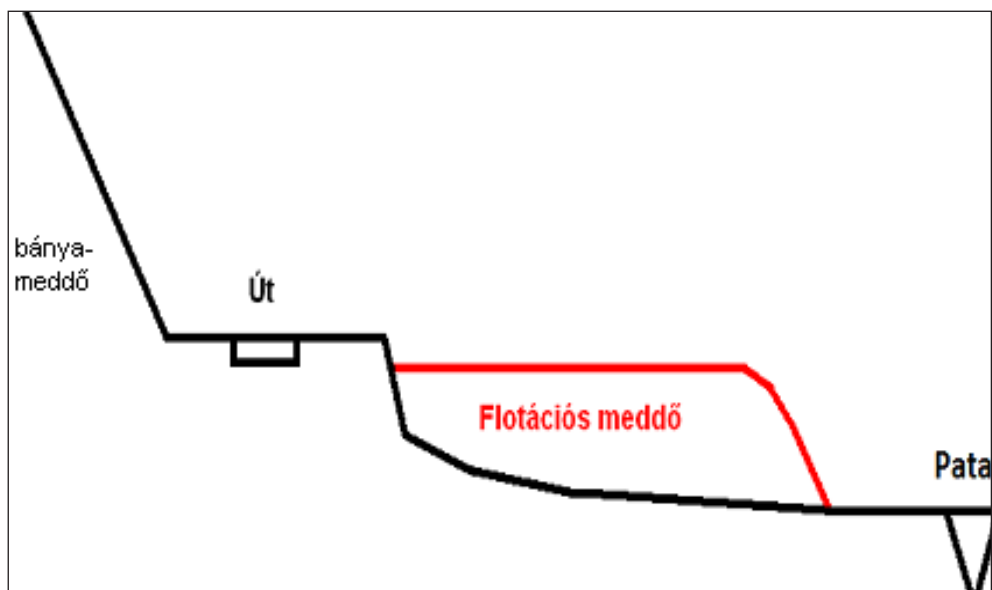
A Pátka-Szűzvár flotálómű dúsítási technológiája

A nyers fluorit és a tarkaérc előkészítési technológiája a következő volt (SÓVÁGÓ 1981, KUN 1989). Az ércet az előaprítást követően Krupp-golyósmalomban Dorr-osztályozóval zárt körfolyamatban 0,2 mm maximális szemcse nagyságúra őrölték, majd a finom részt $\square$ 70 mm átmérőjű hidrociklon-teleppel 0,02 mm szemcse nagyságnál iszaptalanították. A 0,02 mm és 0,2 mm közötti frakciót ezt követően a flotálást megelőző agitátorba adták fel. A 0,02 mm alatti szemcsefrakciót további $\square$ 30 mm átmérőjű osztályozó ciklonokra vezették, amelynek felső terméke a vég-meddőbe került, míg az alsó termék besűrítése után szintén az agitátorba jutott. A flotálást három, egyenként 1000 literes alapflotáló cellában, illetve két, egyenként 8 cellás (cellánként 175-175 literes) tisztító flotáló cellasorban végezték. A fluorit-koncentrátumot (habterméket) dobszűrővel víztelenítették. A koncentrátum fluorit tartalma 92-96 % körül változott. A folyamat során képződő meddő feltehetően kb. 1% fluoritot tartalmazott. Gyűjtő-reagensként Elaint, nyomó-reagensként vízüveget és szódat alkalmaztak.



8.1. ábra. A flotációs meddő mintavételi fúrási helyei (az északi irány bal felé mutat).

Forrás: Google térkép (<https://maps.google.hu/>), letöltve: 2013. október 5.,
a mintavételi helyek megjelölésével



8.2. ábra. A flotációs meddőhányó metszete

Pátkai meddők mintavételezése

A meddők vizsgálatához a szűzvári ércelőkészítő üzem melletti körgátas flotációs meddőhányót, valamint a bányameddőnek a táro melletti hányóját mintáztuk meg. A mintákat flotációs meddőből fűrógéppel, a bányameddőből csákánnyal és ásóval vettük. A körgátas hányón tárolt flotációs meddő térfogatát, a műholdas felvételt is felhasználva mintegy 9000 m³-re becsültük (FAITLI J. et al. 2013). A fúrások helyei a 8.1., a flotációs meddőhányó keresztmetszete a 8.2. ábrán láthatók.

A bányameddő mintázását két szelvény mentén végeztük, mindkét szelvényen 3-3 mintavételi helyet jelöltünk ki. Minden mintavételi helyről egy-egy 60 literes hordónyi résmintát vettünk. A mintavétel során a felszíni 30-40 cm-es vastag talajréteget letakarítottuk, és az ezalatt lévő anyagot mintáztuk meg. A 8.3. ábrán a bányameddő mintavételi helyei láthatók.

Pátkai meddő minták ásványos összetétele

A Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetében elvégzett XRD elemzés szerint a pátkai 14 meddőminta 40-90 %-ban kvarcot, 5-14 %-ban illitet, 4-14 %-ban ortoklászot, 2-3 % kaolinitet, 0,3-15 % albitot, 1 %-nál kevesebb kalcitot és dolomitot, valamint 0,4-4,2% fluoritot tartalmaz. Néhány flotációs meddő mintában 0,1-0,2 % szfaleritot, egy bányameddő



8.3. ábra. A bányameddő mintavételi helyei két szelvényvonal mentén

mintában 0,3 % galenitet, két flotációs meddő mintában 1 % körüli gipszet is találtak. Egy flotációs- és két bányameddő mintában 8-11 % röntgen-amorf anyag volt kimutatható.

- A fluorit-tartalom általában nagyobb a bányameddőben (a BK124, BK224 jövesztési meddő), mint a flotációs meddőben (FM jelű minták), ez utóbbiban a fluorit tartalom 1 %-nál alacsonyabb volt.

- A flotációs meddőben uralkodó kísérőásvány a kvarc (minimum 60-80 %), a bányameddőben a kvarc (legalább 40 %) mellett földpátok (minimum 10 %) is előfordulnak. Mindkét esetben az agyagásvány-tartalom is számottevő (5-15 %).

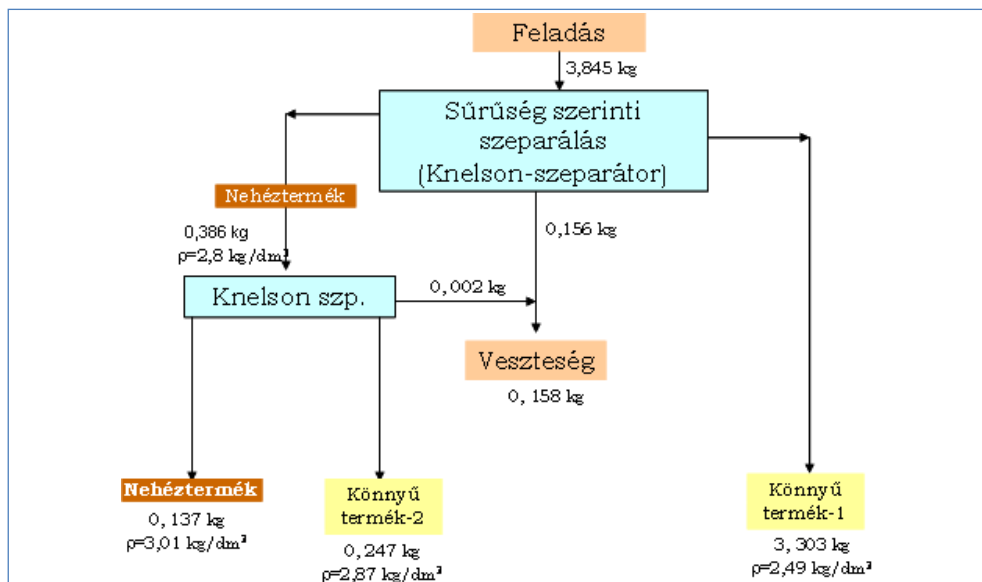
A fentiek alapján a további vizsgálatokhoz kiválasztottuk a legnagyobb, 4,2%-os fluorit-tartalmú BK124 jelű bányameddő mintát. A fluorit mellett a minta 44,9% kvarc, 14,1 % illit, 12,1 % ortoklász, 11,3 % albit, 3,9 % szmektit, 0,3 % galenit, 0,7 % ilmenit és 0,3 % szulfid tartalmú (BOKÁNYI et al, 2013A).

A pátikai fluorit-tartalmú meddő eljárás technikai alapvizsgálatai

A kiválasztott bányameddő minták vizsgálatát a feltárási és összenövési fok meghatározásával folytattuk. Az átlagminta szemcseméret szerinti frakcionálásából adódó frakciókat *ZeissAxiCam MRc5 optikai mikroszkóppal* vizsgáltuk meg fehér és UV fényben - a fluorit ásvány fluoreszcencia tulajdonságát kiaknázva – a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetében (PAPP 2012; GARAI 2013). A vizsgálat eredményeként a feltárási szemcseméret 125 μm volt. Ennél kisebb méretű szemcsék tömegének 93,14 %-a fel volt tárva (BOKÁNYI et al. 2013B). Megállapítottuk továbbá, hogy a flotációs meddő feltárási szemcsemérete is 125 μm (GARAI 2013).

A megfelelő feltártság eléréséhez a minta pofás és hengeres törőben történő aprítására, majd kíméletes, zárt körfolyamatú nedves őrlésére került sor golyós malomban. Az őrlésre feladott minta tömege 2,5 kg, a dob fordulatszáma 64 min^{-1} , 83 %-os a kritikus fordulatszámhoz képest. Ezt követően a könnyű ásványok nagy részét Knelson-koncentrátor segítségével távolítottuk el.

A 8.4. ábra mutatja be az anyagáramok alakulását gravitációs elődúsítás során. A 8.1. táblázat a Knelson-koncentrátum termékeinek fluorit-tartalmát szemlélteti. Látható az adatokból a gravitációs elődúsítás indokoltsága, mivel amellet, hogy a flotálásra jutó anyagáram jelentősen csökken, a flotációs feladás fluorit-tartalma is megnő.



8.4. ábra. A Knelson-koncentrátoros elődúsítás folyamatábrája (GARAI nyomán)

a termék fajtája	termék sorszám a	a fluorit szemcsék területhányada (%)	fluorit-tartalom (%)
nehéz koncentrátum	1.	3,48	4,13
	2.	8,36	9,83
	3.	2,99	3,55
	átlag	4,94	5,84
könnyű koncentrátum	1.	0,83	0,99
	2.	0,21	0,25
	3.	1,32	1,57
	átlag	0,79	0,94

8.1. táblázat. A Knelson-koncentrátor nehéz és könnyű koncentrátumának fluorit tartalma a képelemzés alapján (Garai, 2013)

A fluorit flotációs dúsításáról

A fluorit kinyerésére legelterjedtebb eljárás a flotálás (WEISS 1985, TARIJÁN 1986). A flotálás az anyagok határfelületi adhéziós sajátságainak eltérésén alapuló dúsítási eljárás, amely a különböző anyagok felületének a levegőhöz és vízhez való eltérő affinitásán alapul. A szilárd szemcsék felületén a víz vagy levegő megtapadását a megfelelő reagensek hozzáadásával lehet módosítani. Fokozni gyűjtő-reagensekkel, amelyek lehetnek nem-polárosok vagy anionaktív illetve kationaktív tenzidek, mérsékelni nyomó-reagensekkel, szerves és szervetlen, különböző hatásmechanizmusú vegyületekkel lehet. Sőt nyomó illetve aktiváló reagensek alkalmazásával a szilárd szemcsék felületének a vízhez vagy levegőhöz tapadására való hajlamát az ellenkezőjére is meg lehet változtatni. Légbuborékokat diszpergálva a zagyba, ezekhez hozzátapadnak a levegőhöz vonzódó (aerofil, hidrofób) anyagszemcsék és a buborékokkal felszállnak a zagy felszínére. Alkalmas habképző reagensek hozzáadásával (ezek a víz-gáz határfelületén adszorbeáló tenzidek) a buborékok nem pattannak azonnal szét, hanem hosszabb-rövidebb ideig megmaradnak a zagy felszínén, ott tartós habot képezve. Ebbe a habba gyűjthetők szelektíven az egymás után hidrofóbbá változtatott anyagszemcsék, míg a vízhez való affinitással bíró (aerofób, hidrofil) szemcsék a zagyban diszpergálva maradnak.

A fluorit esetében leggyakrabban alkalmazott gyűjtő-reagensek a zsírsavak, olajsav, nátrium-oleát és különböző szappanok. Ugyanakkor a kutatások más gyűjtő reagensek hatékonyságát is bizonyították, mint például az n-alkil ammónium kloridét; nátrium-naftenátét,

illetve nátrium-nafténszulfonátét. A quebracho szelektív nyomó-reagense a kalcitnak. A víz-üveg a szilikát ásványok hatásos nyomó-reagense. A keményítő pedig például lenyomja a baritot, a szulfidokat és bizonyos mértékig a meszes ásványokat.

Nagyon fontos a flotálási zagy pH-ja a fluorit szelektív flotálása során. A pH beállítása nátrium-hidroxiddal, szódával, illetve kénsavval történhet. A fluorit flotálására legjobb pH tartomány a 6,5-9. Alacsony pH-nál a vízüveg lenyomja a fluoritot.

A zagyban az ásványok (kvarc-kalcit, kvarc-fluorit) hetero-koagulálhatnak, ami kedvezőtlen jelenség, csökkenti a flotálás hatékonyságát. A heterokoaguláció megszüntetésére a vízüveg alkalmazható, ugyanakkor a CNC is hatásos diszpergáló szernek bizonyult.

Az Új-Mexikóban elvégzett kísérletek célja az volt, hogy gyenge minőségű alapanyagból kereskedelmi minőségű terméket tudjanak előállítani. A vizsgált érc kezdetben 6-8 %-os fluorit tartalmú, mely mellett a fő meddőásvány kvarc volt. Kisebb mennyiségben fordult benne elő kalcit, pirit, plagioklász és földpát. A kísérletekhez használt technológia egy alapflotálásból és két tisztító flotálásból állt. A flotálás kimenetelét eltérő hőmérséklet, pH viszonyok, és reagens-kombinációk mellett vizsgálták. Az alapflotációt FA-2 gyűjtő-reagenssel, 9-es pH-án (nátrium-karbonát hozzáadásával) és 40 °C-on, quebracho adagolásával végezték el. Az alapflotálás eredményeit (fluorit-tartalom 46,2 %, kihozatal 88,4 %) használták összehasonlításként a kísérletek során, melyekből célszerű kettőt kiemelni. A 105. számú kísérletben a hőmérsékletet 70 °C-ra emelték. Az összes kísérlet közül ekkor érték el a legmagasabb kihozatalt, azonban ekkor mérték a legalacsonyabb fluorit-tartalmat is. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a magasabb hőmérsékleten a meddő ásványok flotálódásra való hajlama is megnőtt. A legjobb eredményeket a 106. számú kísérlet során kapták, amikor a tisztítóflotálásnál a keverőlapát fordulatszáma alacsonyabb volt (1500 min⁻¹ helyett 800 min⁻¹). Ebben az esetben érték el a legmagasabb, 55,7 %-os fluorit-tartalmat és 85,7 %-os kihozatalt, mely az alapflotálás kihozatalához képest csak egy minimális csökkenés (HARRIS 1987).

Quiang Zhou és Shouci Lu a különböző karbonát tartalmú ércek flotálhatóságával foglalkozott. A kísérletek során savas nátrium-szilikátot (ASS) használtak, mint módosító- és olajsavat, mint gyűjtő-reagenst. A többlépcsős flotálással – ami egy alap- és négy tisztító lépésből állt – magas tisztaságú fluorit-koncentrátumot (99 % CaF₂ tartalom) sikerült kinyerni. Továbbá megfigyelték az ASS és az ásvány felületének kölcsönhatásait is. Kimutatták, hogy az ASS adszorbeálódott a kalcit felületén, ezáltal jelentősen gyengítve az olajsav megkötődését, míg a fluorit esetében alig befolyásolta azt. Annak eredményeképpen, hogy az olajsav az ásványok felületéhez eltérő mértékben kötődik, az eljárással a karbonát-fluorit ércek jó szelektív flotációját lehet megvalósítani (ZHOU és LU, 1992).

Ge Yingyong és Que Xuanlan a fluorit és a hematit flotációjának mechanizmusát vizsgálta. A kísérletek során nátrium-naftén-szulfonátot (SNS) használtak gyűjtő-reagensként, valamint vízüveget nyomó-reagensként. A kutatások során összehasonlították az SNS-t olyan gyűjtő-reagensekkel, mint például a nátrium-naftenát, oxidált paraffin szappan és a szulfatizált olajsav. Az eredményekből kiderült, hogy az SNS az előbb felsorolt reagensnél jobb, és már az SNS 10^{-5} mol/L koncentrációban való adagolásakor 80,0 %-os fluorit- és 8,1 %-os hematit kihozatalt értek el. Megfigyelték továbbá azt is, hogy az SNS kemiszorpciója és fiziszorpciója a fluorit és a hematit felületén egyszerre megy végbe, ezért vízüveg nyomó-reagens használatára van szükség. A vízüveg jelenlétében az SNS adagolásával 6 és 9,5 pH értékek között megfelelő kihozatalt tudtak elérni (YINGYONG és XUANLAN, 1995).

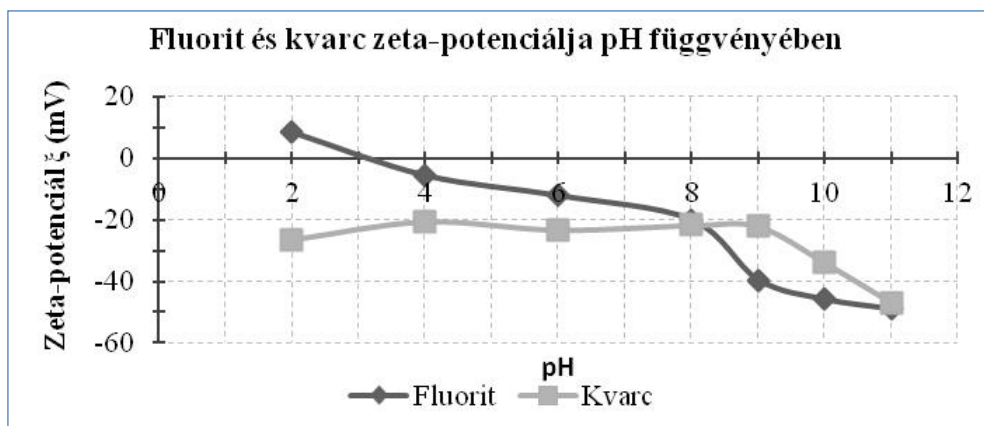
A Y. Zhang és S. Song által vizsgált kínai ércesedés flotálását tanulmányozták a gyűjtő-reagensként továbbfejlesztett nátrium-naftenát (GY-2) alkalmazásával. Foszfátra nyomó-reagensként réz-szulfát oldatát használták. A kiindulási anyag ebben az esetben 2 mm alá őrölt, 60 % CaF_2 tartalom mellett kvarcot, földpátot, baritot, apatitot, kalcitot, kaolint és egyéb ásványokat tartalmazott. A flotálás több lépcsőben zajlott: az alapflotálási lépcsőt 6 tisztító flotálás követte. Az eljárás során különböző lépcsőkben adagolták a gyűjtő-reagenst (GY-2), a vízüveget (szilikát ásványra nyomó-reagens), a nátrium-karbonátot a pH beállítására (pH=9,5) és a réz-szulfátot. A GY-2 reagensről a kísérletek során kiderült, hogy hatékony gyűjtő-reagens a fluorit flotálásánál alacsony hőmérsékleten. Ez jelentős gazdasági előnyöket jelenthet, mivel energia-megtakarítást érhetnek el vele, valamint használatával csökkenthető a reagens költsége és növekedés tapasztalható a flotáció hatásfoka tekintetében is (ZHANG és SONG, 2003).

S. Song és társai egy mexikói fluorit előkészítőmű kihozatalának növelése érdekében végeztek vizsgálatokat. A nyers fluorit CaF_2 -tartalma 85 % volt, emellett kvarcot és kalcitot tartalmazott. A technológia egy alapflotációból és két-lépcsős tisztító flotációból állt, amellyel 70 %-os kihozatalt sikerült elérni. A flotáláshoz olajsav gyűjtő-reagenst és quebracho nyomó-reagenst használtak fel, valamint szódát a 9-es pH érték beállítására. A kísérletben vízüveget és karboximetil cellulózt (CMC) használtak diszpergálószerként a heterokoaguláció megakadályozására. A heterokoaguláció mechanizmusát annak lehet tulajdonítani, hogy vizes oldatban lévő fluorit/kvarc és kalcit/kvarc részecskék között vonzó erő lép fel a kialakult elektromos kettős rétegben, valamint taszító erő lép fel a fluorit/kalcit részecskék között. A használt diszpergálószer hatékonyan megszünteti a heterokoagulációt, ezáltal javítva a dúsítás hatásfokát. Megfigyelték, hogy CMC diszpergálószer alkalmazásával a fluorit kinyerése 72 %-ról 78,5 %-ra nőtt, míg a koncentráció kihozatal állandó maradt (SONG et al. 2006).

A pátkai fluorit és kvarc határfelületi jellemzői

A hatékony flotációs technológia megalapozásához és a hosszú távú tárolás hatásainak feltárásához a fluorit és a kvarc határfelületi tulajdonságainak ismeretére van szükség. A szilárd-folyadék fázishatár közelében kialakuló zeta-potenciál mérése vizes közegben és a reagensek jelenlétében elegendő információs tartalommal rendelkezik ehhez (BOKÁNYI-TÖRÖK 1997; BOKÁNYI 2006). A pátkai fluorit és kvarc határfelületi tulajdonságainak meghatározásához a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet Flotációs Laboratóriumában lévő ZetaPalsBrookhavenInstrument Corporation (BIC) zeta-potenciál mérő készüléket (*GVOP-3.2.1.-2004-0219-3.0 projekt keretein belül beszerzett műszer; projektvezető: Dr. Bokányi Ljudmilla egyetemi docens*) használtuk. A mérésekhez egy – a mintavétel helyszínén talált – tiszta fluorit ásványt, illetve a pátkai meddőből Knelson szeparátorral leválasztott könnyű frakciót használtunk. A továbbiakban kvarcként emlegetett minta tehát a könnyű frakció-minta, amelynek zöme a kvarc. A minta zeta-potenciál értékét a deionizált, megfelelő pH-jú vízzel történő 20 perces kondicionálását követően különböző pH értékek mellett határoztuk meg. Különböző pH értékeknél elvégzett 10-20 mérés átlagos eredményeit a 8.5. ábra mutatja be. A pH értéket sósav (HCl), illetve nátrium-karbonát (Na_2CO_3) adagolásával állítottuk be.

A diagramot vizsgálva megfigyelhető, hogy a pátkai fluorit p.z.c. pontja, vagyis az a pont, ahol a zeta-potenciál zérus, pH=3 értéknél található. A nemzetközi szakirodalom viszont lúgos tartományban (pH=10-11) közli ezt a pontot (BRUQUE 1982). A különbség okát még jelenleg is vizsgáljuk. Az eltérést okozhatja például a hosszú idejű tárolás, de előfordul-

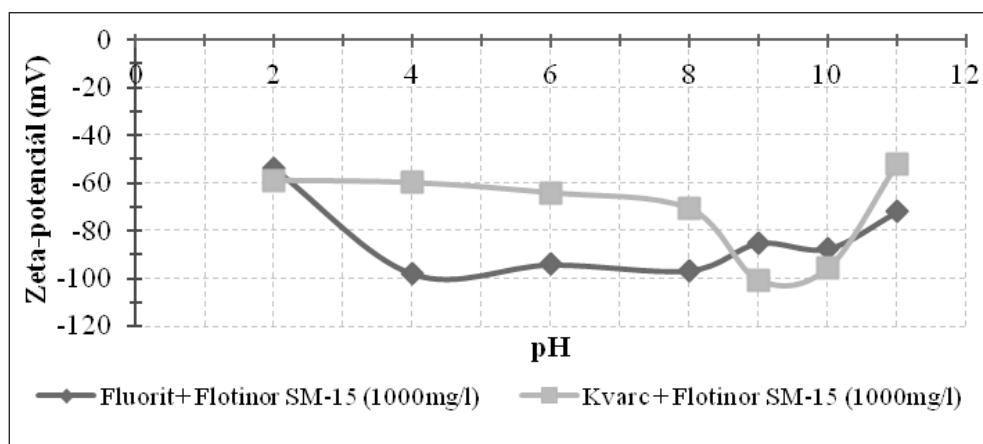


8.5. ábra. Pátkai fluorit és kvarc zeta-potenciálja pH függvényében

hat az is, hogy a pátkai fluorit eredendően ilyen természetű. A 8-nál alacsonyabb pH-értékekre a kvarc felületi töltése negatívabb, míg az ennél magasabb pH értékeknél a fluorité az. Azonos zeta-potenciál volt mérhető pH=11-nél mind két ásványra.

Vizsgálatainkhoz háromféle gyűjtő-reagenst választottunk a Clariant gyártócég reagensei közül. Az anionaktív zsírsavas tenzidek (Flotisor-FS2 és Flotisor FS-100) adszorpciója a fluorit felületén – vizsgálataink eredményei alapján – nem volt megfelelő. Legalkalmasabbnak a Flotisor SM-15 (orto-foszforsav észtere) reagens bizonyult. Megvizsgáltuk a hatását a fluorit és a kvarc zeta-potenciáljára négyféle adagolási koncentráció mellett (1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L) a pH-függvényében.

A fluorit és kvarc zeta-potenciáljának változását gyűjtő-reagens jelenlétében a 8.6. ábra szemlélteti. Az ábrán látható zeta-potenciál görbék alapján elmondható, hogy a fluorit esetében erősen savas, 3-nál alacsonyabb pH-jú közegben eredendően pozitív felületi töltésének előjele megváltozik anionos gyűjtő-reagens hatására, vagyis egyértelműen elektrosztatikus kölcsönhatás jön létre. A további változások – amelyek során a negatív felületi töltés még inkább negatívabbá válik – specifikus szorpcióra illetve kemisorpcióra vezethetők vissza (BOKÁNYI 2006). A fluorit zeta-potenciál értéke a semleges és gyenge lúgos tartományban szinte pH-független, viszont 8 és 10 közötti pH értékeknél a pH növekedésével növekszik. Az ásvány felületén végbemenő változások egyik oka, hogy a hidrogén ionok (H^+) illetve hidroxil (OH^-) ionok koncentrációjának változásában más és más lesz a kölcsönhatás a szilárd felület és a vizes milió között. Másrészt pedig, a fluorit részlegesen oldódó



8.6. ábra. A pátkai fluorit és kvarc zeta-potenciálja Flotisor SM-15 gyűjtő-reagens jelenlétében (1000 mg/L) a pH-függvényében

ásvány, az oldódásának mértékét és annak hatását a lehetséges flotációs kölcsönhatásokra jelenleg még vizsgáljuk.

A kvarc felületén is adszorbeál a Flotisor SM-15 gyűjtő-reagens. A 2 és 8 közötti pH értékeknél a kvarc negatív zeta-potenciálja közel pH-független, 8-nál nagyobb pH értékeknél a felületének elektronegativitása előbb nő, majd csökken a pH-val. A Flotisor SM-15 1000 mg/L koncentráció mellett éppen ebben a pH-tartományban jelentős kompetitív kölcsönhatások jönnek létre a kvarc és a fluorit felületén (BOKÁNYI 2006). Az anionos tenzid specieszeinek koncentrációjából kiindulva ebben a pH-tartományban valószínűsíthető, hogy a fluoriton várható a markánsabb adszorpciója a kvarchoz képest (FUERSTENAU 2006).

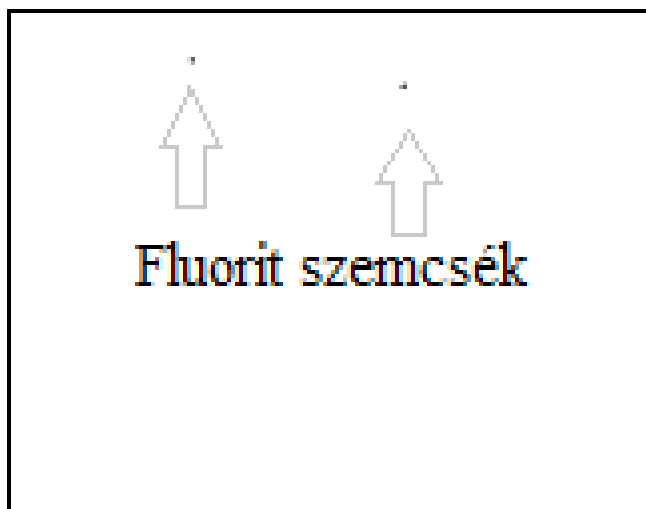
A fentiek tükrében kikövetkeztethető, hogy az 1000 mg/L koncentrációban adagolt Flotisor SM-15 gyűjtő-reagens lúgos közegben (pH=8-11) alkalmas lehet a fluorit és a kvarc szétválasztására.

Megvizsgáltuk továbbá a szóda (Na_2CO_3) és vízüveg (nátrium-szilikát, Na_2SiO_3) hatását a pátka ásványok határfelületi tulajdonságaira is. A szóda alkalmazása önmagában nem idézett elő lényegi hatást a vizsgált pH intervallumban, a vízüveg azonban – mint kvarc nyomó-reagense – hatásos volt a nátrium-karbonáttal beállított lúgos pH tartományban.

Flotálás-technológiai kísérletek

A flotálási kísérleteket – a zeta-potenciál mérések eredményeire támaszkodva – végeztük el a 125 μm -nél finomabbra őrölt bányameddőből készült gravitációs elő-koncentrátumból. A dúsításhoz a KHD Humboldt Wedag AG típusú, 1L ürtartalmú, önbeszívó cellát alkalmaztuk. A flotálási kísérleteket lúgos közegben végeztük el pH=8, 9 és 9,5 értékeknél, melyeket szóda (Na_2CO_3) segítségével állítottunk be. A Flotisor SM-15 gyűjtő-reagenst kétféle, 200 g/t és 400 g/t adagolással alkalmaztuk. A rendszer kondicionálása egy propelleres keverő segítségével történt a kívánt pH eléréséig. A habképző reagens (Flotanol D14) hozzáadása, majd 3 L/min térfogatáramú levegő bevezetésével a habterméket 8 percig tartó flotálás közben, percnként választottuk le.

A flotációs termékek kvalitatív és kvantitatív elemzése általában az analitikai kémiai módszerek valamelyikével történik. Azonban sokszor, különösképpen a nagyszámú flotációs kísérletek esetén, szükség van a flotációs termékek gyors minősítésére az idő megtakarítása érdekében. A fluorit-tartalom gyors meghatározásának egyik lehetősége az optikai mikroszkópos módszer. Ilyenkor mikroszkóppal UV fénnel megvilágított szemcsehalmastról készítenek képeket. A képek elemző vizsgálata során a fluorit fluoreszcenciájának jelenségét használjuk fel.



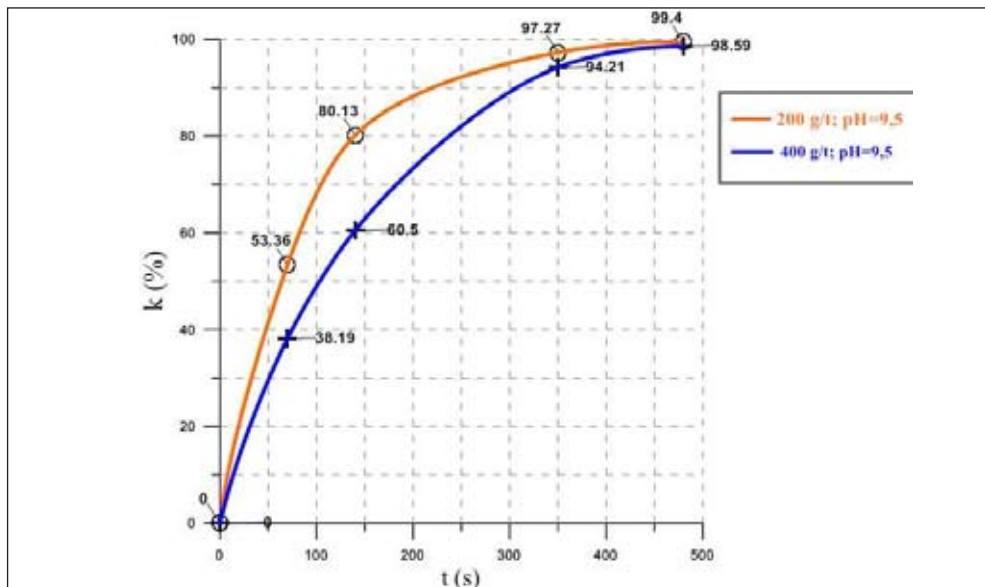
8.7. ábra. Optikai mikroszkópos felvétel az 1 perces habtermékről (felül) és a cellamaradékról (alul) a képfeldolgozást követően (Flotinator SM-15 200 g/t, pH=9,5)

A flotációs termékek fluorit-tartalmát optikai mikroszkóppal (*Zeiss AxiCam MRc5 optikai mikroszkóp*) vizsgáltuk. Az UV fényben kéken fénylő szemcséknek nem mindegyike fluorit – ugyanis az egyes darabok fénye saját környezetét is megvilágítja – így a kapott eredményeinket az Image J program segítségével korrigáltuk. Később az értékelési módszert tovább finomítottuk (BUDAVÁRI 2013).

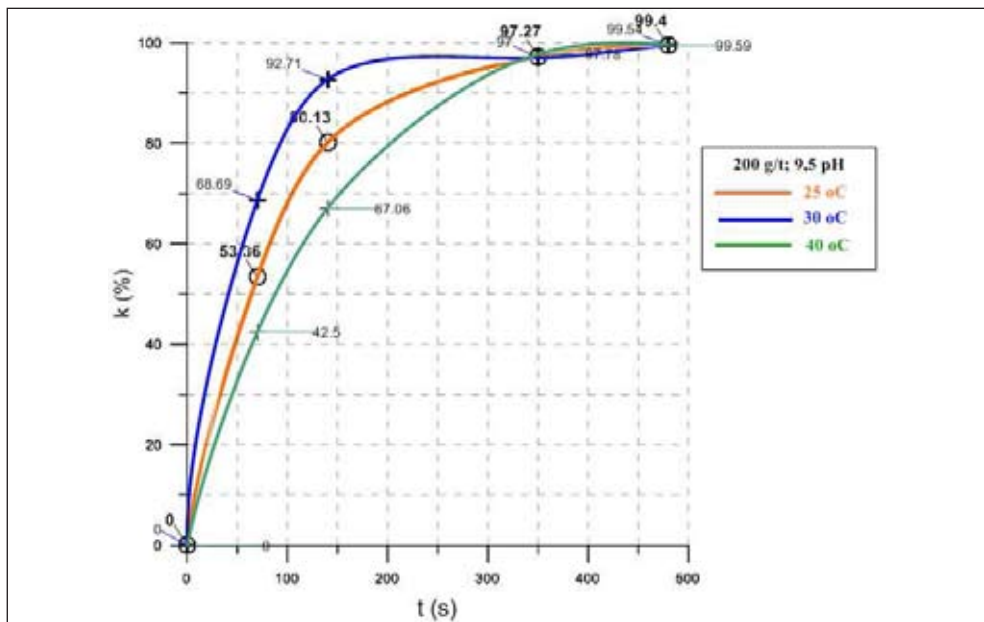
A 8.7. ábrán látható a legsikeresebb kísérletünk (Flotinator SM-15 200 g/t, pH=9,5) habtermékéről és cellamaradékról készült kép a diszkriminációs szintek beállítása után. Látható, hogy míg a habtermék fluoritban dús (12,81%), a cellamaradékban viszont alig észlelhető.

A legmagasabb, 99,4 % fluorit-kihozatalt ennél a 200 g/t gyűjtő-reagens adagolásánál, pH=9,5 mellett végzett kísérletnél értük el (8.8. ábra). Ekkor a cellamaradék fluorit-tartalma elenyésző, mindössze 0,02 %. Elértük tehát az alapflotálási eljárastechnikai célkitűzést: a hasznos alkotóban minél szegényebb cellamaradék előállítását.

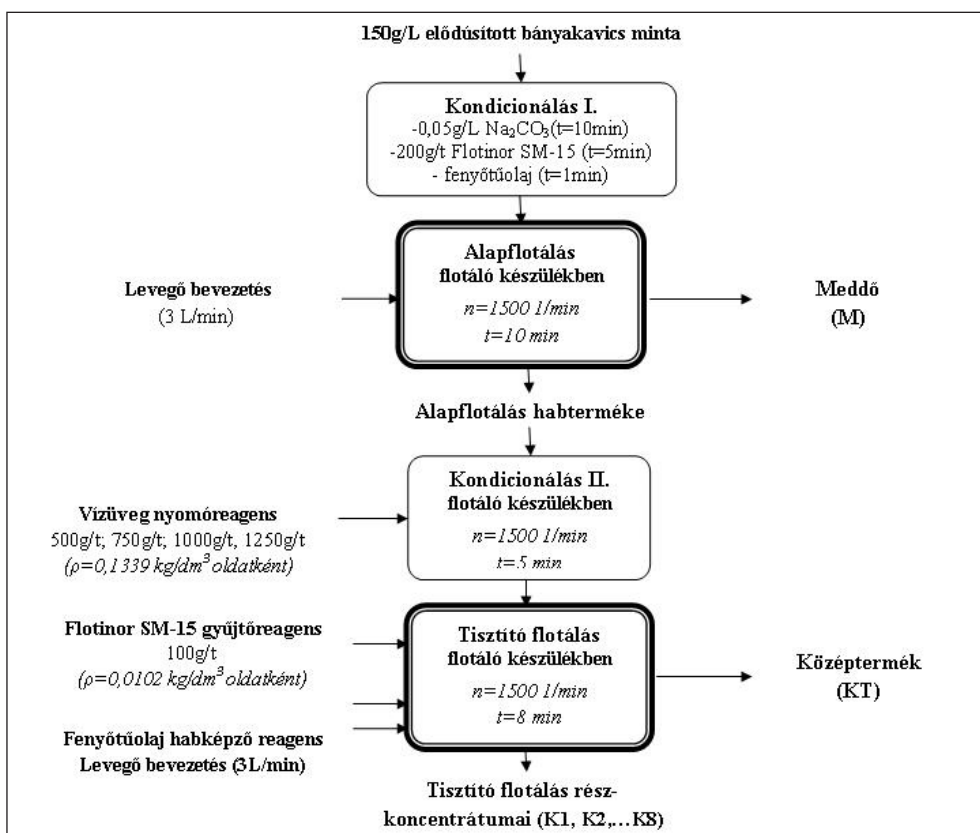
A vizsgálatainkban kitértünk a hőmérséklet hatására a Flotinator SM-15-tel történő fluorit flotálhatóságára. A 25°C, 30°C és 40°C hőmérséklet mellett kapott flotálás-kinetikai görbéket a 8.9. ábra mutatja be. Látható, hogy a fluorit-kihozatal nem függ számottevően a hőmérséklettől. Ugyanakkor a flotáláskinetikai görbék meredekségét jellemző flotálódási hajlam a hőmérséklet növekedésével előbb javul, majd romlik. Összességében megállapítható, hogy a Flotinator SM-15 tenzid alkalmazásakor melegítés nem szükséges.



8.8. ábra. A pH=9,5-nél, Flotinator SM-15:200 g/t, illetve 400g/t adagolásával végzett flotálási kísérletek kihozatal-idő függvényei



8.9. ábra. A fluorit-flotálás kinetikai görbéi az idő függvényében különféle hőfokokon

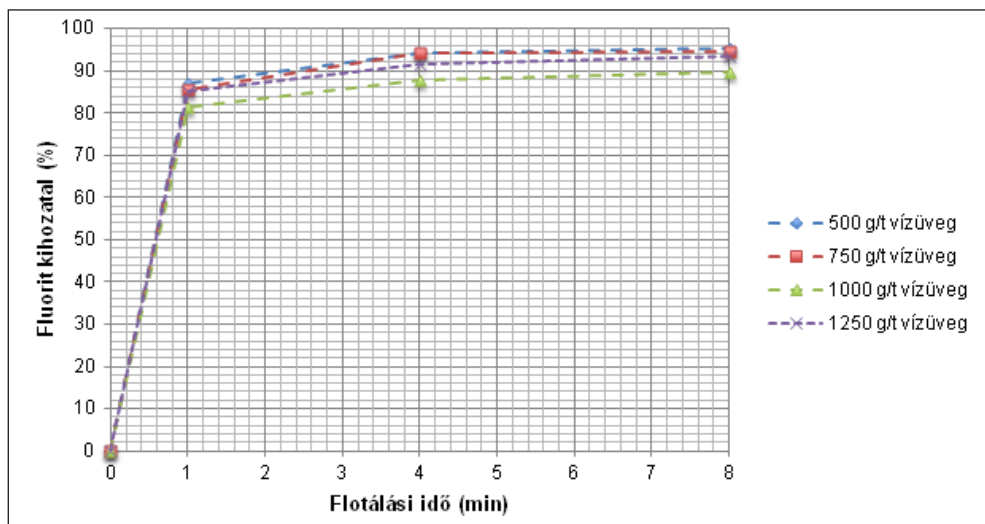


8.10. ábra. A flotációs kísérletek folyamatábrája

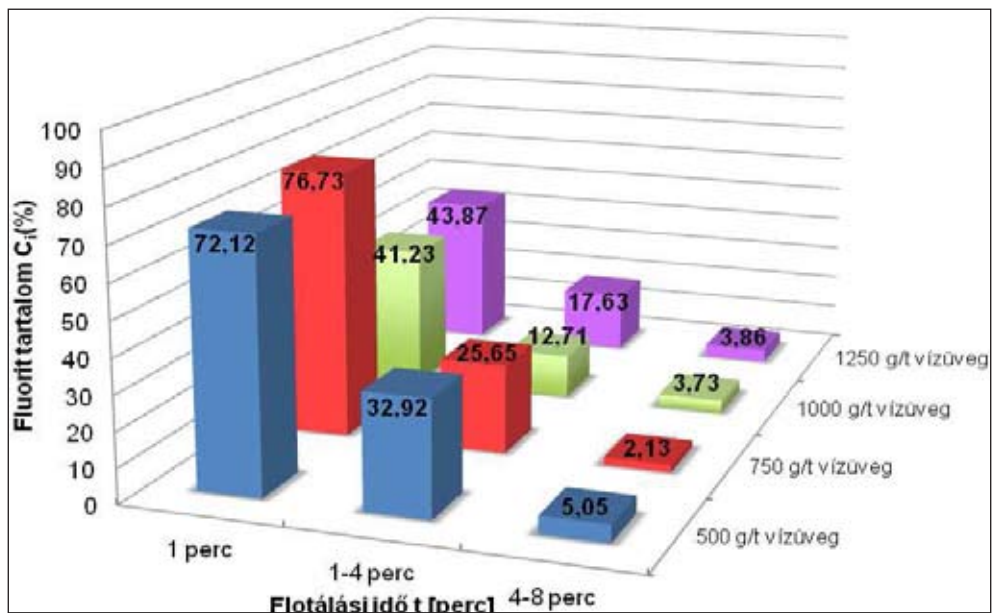
Az alapflotálásnál keletkező habtermék minőségének javításához egy vagy több tisztító flotálás szükséges.

A tisztító flotálási kísérleteket következőképpen végeztük el: az alapflotálás során a képződő habot 10 percig folyamatosan távolítottuk el. Tisztító flotálásra ezt a habterméket (átlagosan 0,6 L) vittük tovább, térfogatát deionizált vízzel 1 literre kiegészítve. A kísérlet folyamatábrája a 8.10. ábrán látható.

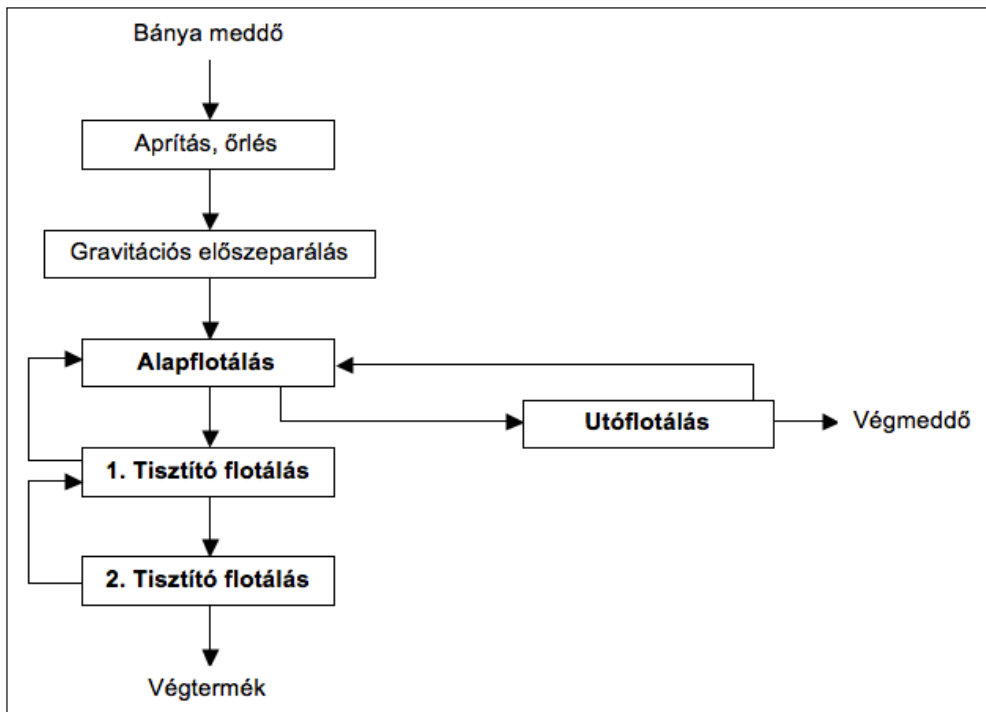
A második kondicionálási lépcsőben nyomó-reagensként alkalmazott vízüveget (sűrűsége 1338,7 kg/m³) a minta tömegére vonatkoztatott különböző fajlagos adagolás (500 g/t, 750 g/t, 1000 g/t) mellett használtuk, figyelembe véve 50%-os aktivitását. A levegő bevezetése (3 L/min) és a flotálás megkezdése előtt 100 g/t Flotínor SM-15 gyűjtő-reagens és 10 g/t fenyőtúolaj habképző reagens hozzáadása volt szükséges.



8.11. ábra. Fluorit-kihozatal a tisztító flotálás koncentrátumában a flotációs idő függvényében a vízűveg különböző adagolásánál



8.12. ábra. A tisztító flotálás koncentrátumának fluorit-tartalma a flotációs idő függvényében, a vízűveg különböző adagolásánál



8.13. ábra. A flotációs körfolyamat vázlata

A tisztító flotálás 8 percig tartott. A termékeket – az eddigiekhez hasonlóan – fehér és UV fényben optikai mikroszkóppal és Image J programmal elemeztük meg.

A fluorit-kihozatalát a koncentrátumban a 8.11., míg a koncentrátum fluorit-tartalmát flotálási idő függvényében, különböző vízüveg adagolása mellett a 8.12. ábra mutatja be. Az adatok kiértékelése alapján a 750 g/t vízüveg adagolása bizonyult optimálisnak. Ebben az esetben a fluorit kihozatala a koncentrátumban egy perces tisztító flotálás után 85,49%, fluorit-tartalma pedig 77% volt (BOKÁNYI et al. 2013c).

Flotációs zárt körfolyamat szimulálása

A kutatási program befejező lépése a flotációs technológia megtervezéséhez szükséges zárt körfolyamat szimulációja volt. A szimulációt széles körben alkalmazzák előkészítőművek tervezésére és optimalizálására. A flotálás azon műveletek egyike, amelynek szimulációja nem egyszerű feladat, mert az interaktív rendszer összetett, a közeg többfázisú és többkomponensű (BOKÁNYI 1996).

A fluorit flotálás zárt körfolyamata – a kutatásban kapott adatok alapján – úgy valósul meg, hogy az alapflotálás meddőjét egy utóflotálási lépcsőre visszük és az így kapott habterméket visszavezetjük az alapflotálásba. Az alapflotálás során kapott habterméket tovább visszük az első tisztító flotálásra – a kutatás során ezeket vizsgáltuk és elemeztük, amelyek eredményeit már az előző fejezetben részletesen kifejtettük. Az első tisztító flotálás során keletkezett habtermék minőségének további javítása érdekében pedig legalább még egy tisztító flotálási lépcsőt kell beépíteni a folyamatba. A zárt körfolyamat megvalósulásának folyamatát a 8.13. ábra mutatja be.

A többlépcsős tisztító flotálást az USIM PAC 3.2 nevű programmal szimuláltuk. A számítások szerint a folyamatból kikerülő koncentrátum fluorit-tartalma 97%, ez a sav-minőségű koncentrátum. A fluorit kihozatal a koncentrátumban meghaladja a 90%-ot.

ÖSSZEGZÉS

MOLNÁR JÓZSEF

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet

E-mail: bgtnj@uni-miskolc.hu

Monográfiánkban a Velencei-hegység nyugati részén levő Pátka és Pákozd környéki fluorit- és tarkaérc lelőhelyek földtani (ásványtani és teleptani) viszonyait, a geofizikai kutatások eredményeit, valamint az egykori telérbányászat történetét, műszaki adottságait, a termelt ásványi anyagok mennyiségi és minőségi jellemzőit tekintettük át.

Bár a Velencei-hegység földtani kutatása már a XIX. században megkezdődött, a kutatás legfontosabb eredményeit mégis a XX. század derekán kapták. Vendl Aladár 1914-ben fluoritot talált az egyik kvarctelér felszíni kibúvásában. A szervezett, üzemi méretű földtani kutatás a II. világháború után, az 1940-es évek végén kezdődött. Sajnos abban az időben nem a mélyfúrásos módszert nem alkalmazhatták, mert az akkori technika sem a gránitos mellékközetek hatékony fúrását, sem a fluoritból való magszedést nem tette lehetővé. Ezért kezdetben felszíni, majd földalatti bányászati módszerekkel végezték a kutatást. Figyelemre méltó eredményeket a hegység nyugati részén kaptak. Elsősorban Pátkától keletre, a Rovákja-patak (más néven Császárvíz) mellett a szűzvári malom közelében, de a falutól délre a Kőrakás-hegyen, és Pákozdnál a Tompos-hegy keleti lejtőjén is. E három helyen létesült bánya, melyek közül a szűzvárban elsősorban, a pákozdiban szinte kizárólag fluoritot termeltek, míg a Kőrakás-hegyiben főleg ólom- és cinktartalmú tarkaércet.

A kutatás és a termelés mindvégig egymással párhuzamban folyt, és ezért a megkutatott ásványi anyagot egyúttal ki is termelték.

A kutatás eredményeit talán kissé túlbecsülve az 1950-es évek első felében a Velencei-hegységet érchegységnek akarták nyilvánítani. Ennek ellenére a bányászathoz szükséges anyagi források mindvégig szűkösek voltak. Volt idő, amikor a földtani kutatás üteme lassult le. A fluorit- és a tarkaérc dúsításához szükséges szűzvári flotációs dúsító mű is csak késve valósulhatott meg, akkor is a szükségesnél kisebb kapacitással. A kapacitást csak évek múltán bővíthették a szükséges mértékűre, és a technológiáját is fejleszteni kellett. A bányászati

létesítmények telepítésekor elsősorban a kutatás igényeit kellett számításba venni. Továbbá a telérek erősen összetöredeeztek, továbbá vastagságukban és minőségükben igen változékonyak voltak, és abban az időben még nem létezett a kis bányák gépesítéséhez ma használt LHD technika. Ezért a bányák mindvégig kis termelési kapacitásúak maradtak, és a műveleteket be kellett fejezni a felszíntől számított kb. 150 méteres mélységben.

Ez alatt a szint alatt érdemi kutatást nem folytattak, ezért megkutatott műrevaló ásványvagyonról nincs tudomásunk. Miként ennek ellenkezőjéről sem, tehát arról, hogy ott bizonyosan nincs érdemi mennyiségű hasznos ásványi anyag. A bányászkodás éveiben az üzemek szakembereiben a tapasztalataik alapján az a vélemény alakult ki, hogy a mélyebb szinten egy porfiroz előfordulás lehet, a recskihez, ha ásványvagyonának mértékében nem is, de jellegében valószínűleg hasonló. Célszerű volna erről néhány kutató fűrésszel meggyőződni.

A bányászkodás a szóban forgó területen 1973 januárjában megszűnt, azóta érdemi földtani kutatás ott nem folyt. Azonban lehetőségünk kínálkozott arra, hogy négy évtized távlatából az akkori eredményeket újból áttekintsük, és a különféle helyeken fellelhető ásvány mintákat a mai vizsgálati eszközökkel megvizsgáljuk. A dúsító mű flotációs meddőhányó anyagával sikeres laboratóriumi kísérleteket végeztünk, melyekből – szimulációs számításokat is végezve – megállapítottuk, hogy a meddőben maradt fluorit-tartalom nagy részét a mai dúsítási módszerekkel ki lehet vonni. Ugyancsak célszerűnek tartjuk egyes korábbi geofizikai mérések eredményeit a mai értékelési módszerekkel újból feldolgozni.

A velencei-hegységi fluorit- és tarkaérc bányászat abban az időben fontos volt a közeli települések, különösen Pátka és Pákozd életében, gazdaságilag és kulturálisan egyaránt. Számos családnak biztosított megélhetést. Megérdemelné, hogy megőrizze az emlékezet.

IRODALOM

- BAGDASZARJAN G. P. (1989): Velencei-hegységi minták radioaktív koradatai. *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár Budapest*.
- BAJNÓCZI, B., MOLNÁR, F., MAEDA, K., NAGY, G. & VENNEMANN, T. (2002): Mineralogy and genesis of primary alunites from epithermal systems of Hungary. *Acta Geol. Hung.*, 45, 101–118.
- BALOGH K. (1985): K/Ar dating of Neogene volcanic activity in Hungary: Experimental technique, experiences and methods of chronological studies. *Atomki közlemények* 16/4. 373–387.
- BALOGH, K., ÁRVA-SÓS, E. & BUDA, GY. (1983): Chronology of granitoid and metamorphic rocks of Transdanubia (Hungary). - *Annales Inst. Geol. Geofiz.*, 61, *Contribution of the 12 Congress of CBGA*, Bucuresti, Metamorf. Magmat. Isot. Geol. 359–364.
- BENEDEK K. (2002): Paleogene igneous activity along the easternmost segment of the Periadriatic-Balaton Lineament. *Acta Geologica Hungarica* 45(4). 359–371.
- BENKÓ Zs. (2008): Reconstruction of multiphase fluid flow history and tectonic evolution in a Variscian granite intrusion (Velence Mts., Hungary). Ph.D. thesis BUDAPEST, NANCY.
- BENKÓ Zs., MOLNÁR F., BILLSTROM K., PÉCSKAY Z. & LESPINASSE, M. (2010): Genetic and age relationship of base metal mineralization along the Periadriatic-Balaton Lineament system on the basis of radiogene isotope studies. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* 6. 224.
- BENKÓ Zs., MOLNÁR F., PÉCSKAY Z., NÉMETH T. & LESPINASSE, M. (2012): A paleogén vulkanizmus hidrotermális rendszerének hatása a variszkuszi gránitra a Velencei-hegységben: a sukorói barittelér kora és képződése. *Földtani közlöny* 142/1. 45–59.
- BENKÓ, Zs., MOLNÁR, F., BILLSTROM, K., PÉCSKAY, Z. & LESPINASSE, M. (2010): Genetic and age relationship of base metal mineralization along the Periadriatic-Balaton Lineament system on the basis of radiogene isotope studies. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* 6. 224.
- BENKÓ, Zs., MOLNÁR, F., LESPINASSE, M., BILLSTRÖM, K., PÉCSKAY, Z., NÉMETH, T. (IN PRESS): Triassic fluid mobilization and epigenetic lead-zinc sulfide mineralization along the Periadriatic-Balaton Lineament system in the Paleozoic carbonate and granite basement units of the Pannonian Basin, Hungary. *Geologica Carpatica*.
- BENKÓ, ZSOLT (2008): Reconstruction of multiphase fluid flow history and tectonic evolution in a Variscian granite intrusion (Velence Mts., Hungary). Ph.D. thesis BUDAPEST, NANCY.
- BGS.AC.UK (2012): Fluorspar. British Geological Survey. Definition, Mineralogy and Deposits. Fluorspar Mineral Profile. URL: <http://www.bgs.ac.uk/search/home.html?q=fluorspar&qSearchBtn=Search>. Letöltve: 2013. 04. 10.

BOKÁNYI LJUDMILLA, BRUNCZLIK ANITA, MÁDAI FERENC, MÁDAINÉ ÜVEGES VALÉRIA, MOLNÁR JÓZSEF, VARGA TERÉZIA (2013 A): Kritikus fontosságú elemek nyomában. A velencei-hegységi fluorit újraértékelése. *Geoda*, XXIII. évf., 3. szám, p. 11-15.

BOKÁNYI LJUDMILLA, VARGA TERÉZIA, MÁDAINÉ ÜVEGES VALÉRIA, BRUNCZLIK ANITA (2013B): A pátkai bányameddő fluorit-tartalmának kinyerésére irányuló eljárástechnikai vizsgálatok. *Bányászati és Kohászati Lapok*, 146. ÉVF., 5-6. szám, p. 24-27.

BOKÁNYI, L., VARGA, T., MÁDAI-ÜVEGES, V., BRUNCZLIK, A. (2013C): Flotation technology to recycle Fluorite as a „Critical Material” from mining waste. In: 17th International Conference on Waste Recycling. Konferencia helye, ideje: Kosice, Szlovákia, 2013.11.21-2013.11.23. Kosice, Institute of Geotechnics SAS, pp. 5-8. ISBN 978-80-970034-6-3.

BOKÁNYI, LJUDMILLA (2006) Effect of CuSO_4 on surface properties and recycling flotation of copper and lead, *Proceedings of XXIII Int. Mineral Proc. Congress*. Ed. Önal et al. Promed.Ad.Ageincy, Istanbul, 2147-2151.

BOKÁNYI, LJUDMILLA - TÖRÖK, TAMÁS ISTVÁN (1997): The Fundamentals of Metals Recycling by Flotation or Flotation Related Methods. *Proceedings of the XX. Int. Mineral Proc. Congress.*, 21-26. September. Aachen-Germany, Volume 5, p. 227-236.

BOKÁNYI, LJUDMILLA (1996): Kinetic Model for Flotation Systems with Particle Interaction. In: *New Trends in Coal Preparation Technologies and Equipment*. Edited by W.S. Blaschke. Gordon and Breach Publishers, Amsterdam, p. 731-736.

BOOKS.GOOGLE.COM (2013): Mongolia, Mineral, Mining Sector Investment and Business Guide, Volume 1. Strategic information and regulations, International Business Publications, USA, Washington DC, USA – Mongolia, 2013. 141. p. URL: http://books.google.hu/books?id=orsMGx_2aHYC&pg=PA141&lpg=PA141&dq=Urgen+fluorite&source=bl&ots=I-ak-hApDO&sig=MMK2I3UNQFVaga7f45giqmUULis&hl=hu&sa=X&ei=VxyjUabIHImk4gTpx4GABA&ved=0CEYQ6AEwAg#v=onepage&q=Urgen%20fluorite&f=false. Letöltés: 2013. 04. 13.

BÖJTÖSNÉ-VARRÓK K. (1967): A palaköpeny hidrotermális ércesedése a Velencei-hegység K-i részén. *A Magyar Állami Földtani Intézet Jelentése 1965-ről* 499-505.

BRUQUE, J. M., GONZALEZ-CABALLERO, F., PARDO, J. M. , PEREA R. (1982): Flotation of fluorite with n-alkylammoniumchlorides, *International Journal of Mineral Processing* , 9, 1982. p. 75-86.

BUDA, GY. & NAGY, G. (1995): Some REE-bearing accessory minerals in two types of Variscan granitoids, Hungary. - *Geologica Carpathica*, Vol. 46/2. 67-78.

BUDA, GY. (1969): Genesis of the granitoid rocks of the Mecsek and Velence Mountains on the basis of investigation of the feldspars. *Acta Geologica Hungarica* 13,131–155.

BUDA, GY. (1981): Genesis of the Hungarian granitoid rocks. - *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, Vol. 24/2-4. 309-318.

BUDA, GY. (1985): Origin of collision-type Variscian granitoids in Hungary, West Carpathian and Central Bohemian Pluton.- *Unpublished Ph. D. Thesis*, 95 p. (in Hungarian)

BUDA, GY. (1993): Enclaves and fayalite bearing pegmatitic „nests” in the upper part of the granite intrusion of the Velence Mts., Hungary. – *Geologica Carpathica*, 44, 3, 143-153.

BUDAVÁRI BETTINA (2013): Pátkai flotálás kiértékelésének néhány szegmense. TDK dolgozat, Miskolci Egyetem. Konzulensek: Dr. Bokányi Ljudmilla egyetemi docens, Dr. Márai Ferenc egyetemi docens, Mádainé Üveges Valéria tanársegéd, Brunczszlik Anita PhD hallgató

CHADWICK, J. (2008): Great Mines, Fluorite from Las Cuevas, In: International Mining, September, 2008. 125-127. URL: <http://www.infomine.com/library/publications/docs/InternationalMining/Chadwick2008ee.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 13.

CHINASTARF.COM (2010A): Metallurgic-grade fluorspar lump concentrate. Mineral Products. Chinastar Fluorine Chemistry Co., Ltd. URL: http://www.chinastarf.com/pages/product_en1_1.html. Letöltve: 2013. 06. 30.

CHINASTARF.COM (2010B): Ceramic-grade fluorspar powder. Mineral Products. Chinastar Fluorine Chemistry Co., Ltd. URL: http://www.chinastarf.com/pages/product_en1_2.html. Letöltve: 2013. 06. 30.

CHINASTARF.COM (2010C): Acid-grade fluorspar concentrate. Mineral Products. Chinastar Fluorine Chemistry Co., Ltd. URL: http://www.chinastarf.com/pages/Acid-grade%20fluorspar%20concentrate_en.html. Letöltve: 2013. 06. 30.

CHINASTARF.COM (2010D): Hydrogen-fluoride, anhydrous (HF). Fluorine Chemicals. Chinastar Fluorine Chemistry Co., Ltd. URL: http://www.chinastarf.com/pages/product_en2_1.html. Letöltve: 2013. 06. 30.

CHINASTARF.COM (2010E): Industrial hydrofluoric acid (HF-H₂O). Fluorine Chemicals. Chinastar Fluorine Chemistry Co., Ltd. URL: [http://www.chinastarf.com/pages/Industrial%20hydrofluoric%20acid%20\(HF-H2O\)_en.html](http://www.chinastarf.com/pages/Industrial%20hydrofluoric%20acid%20(HF-H2O)_en.html). Letöltve: 2013. 06. 30.

CHINASZMG.COM (2011): Technical Report on Sumochaganaobao Fluorite Mine Siziwangqi Wulanchabu City Inner Mongolia Autonomous Region The People's Republic of China, Prepared by SRK Consulting China Ltd., March 2011. URL: http://www.chinaszmg.com/pdf/SCN230_Report_Sumo_Fluorite_Mine_110718.pdf. Letöltés: 2013. 04. 13.

COOK, N.J. (1997): Bismuth and bismuth-anthimony sulphosalts from Neogene vein mineralisation, Baia Borşa, Maramures, Romania. *Mineralogical Magazine*, 61, 387–409.

CUMMINGS, G. L., RICHARDS, J. R. (1975): Ore lead isotope ratios in a continuously changing Earth. – *Erath and Planetary Science Letters Vol.* 28, 155-171.

CSÁSZÁR G., GRIM G., HORVÁTH I., JANTSKY B., NAGY B., SZEBÉNYI L., MAJKUTH T., CSEH-NÉMETH J. (1978): A Velencei-hegység–Balatonfő színesércutatósi programja, 1978. december. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.

CSÖRGEI J., MADARASI A., MAJKUTH T., MÁRTONNÉ SZALAY E., PINTÉR A., SCHÖNVISZKY L., VARGA, G. (1982.): A Velencei –hegység geofizikai előkutatása. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1981. évi jelentése, 1982. p. 21-28. HU ISSN 0524-8655

- DOBOSI, G. & HORVÁTH, I. (1988): High- and low-pressure cognate clinopyroxenes from alkali lamprophyres of the Velence and BUDA Mountains, Hungary. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, Vol. 158/3. p. 241-256.
- DUNKL I., HORVÁTH I., JÓZSA S. (2003): A Polgárdi Szár-hegy andezittelérei és szkarnos képződményei. 55-83. – In: *A Polgárdi-Szár hegy ásványai* Miskolc, 2003.
- EMBEY-ISZTIN, A. (1974): Petrochemistry of the dyke rocks in the Velence Hills (Hungary) *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici* 66, 23–32.
- ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI KUTATÓ SZOLGÁLAT ÜZEMVEZETŐSÉGE, PÁTKA (1966): Műszaki üzemi és biztonsági terv 1966. évre. Érc- és Ásványbányászati Kutató Szolgálat Üzemvezetősége, Pátka. Kézirat, 1966. január 10.
- ERDÉLYI, J. (1955): Beiträge zur mineralogischen Kenntnis des Gebirges von Velence. *Acta Mineralogica-Petrographica*, 8, 3–11.
- ERZMETALL, WIRTSCHAFTLICHE RUNDSCHAU (1972): Rövid hírek az antimon, azbeszt, króm, fluorit, arany, molibdén, platina, higany, szilícium, vanádium, ón és rézelőfordulásokról és termelésekről a világ különböző országaiban. Fordítás az Erzmetall (1972. 25. kötet 6. szám 311-312. oldal) folyóirat, Wirtschaftliche Rundschau rovatából az Országos Érc- és Ásványbányák Rézérc Művei (Recsk) megrendelésére.
- FAITLI JÓZSEF, MAGYAR TAMÁS, GAGA ISTVÁN, CSÖKE ÉVA (2013): I. Negyedéves szakmai beszámoló (2013.január 31.). Másodlagos nyersanyagforrásból történő mintavételi és elemzési modul (H-modul). TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 azonosító számú projekt
- FÉLEGYHÁZI Zs. (1968): Pátka–Szűzvári bánya zárójelentése. *Kézirat. Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.*
- FÉLEGYHÁZI ZSOLT (ÖSSZEÁLLÍTÓ) (1966): Összefoglaló jelentés a Velencei hegységben 1966-ig végzett földtani, geofizikai, geokémiai és bányászati kutatásokról. Szöveges rész. Összeállította Félegyházi Zsolt geológus. Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat, Érc- és Ásványbányászati Kutató Szolgálat, 1966.
- FÉLEGYHÁZI ZSOLT (1967): Összefoglaló jelentés a Velencei-hegységben 1966-ig végzett földtani, geofizikai, geokémiai és bányászati kutatásokról. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.*
- FÖLDESSY J. (1997): Rhodes Mining NL 96/4 negyedéves jelentése. *Kézirat Országos Földtani és Geofizikai Adattár Budapest.*
- FÖLDVÁRI ALADÁR (1948): Feljegyzés a pátkai szulfidosérc kutatásról. *Kézirat Országos Földtani és Geofizikai Adattár Budapest.*
- FÖLDVÁRI ALADÁR (1947): A molibdén Velencei-hegységi előfordulásának teleptani viszonyai. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1947-ről B (Beszámoló a vitaülésekről)* 9, 39-58.

FÖLDVÁRI ALADÁR (1948): Feljegyzés a pátkai szulfidosérc kutatásról. *Kézirat Országos Földtani és Geofizikai Adattár Budapest.*

FÖLDVÁRINÉ VOGL M. (1967): A területi ritkafémkutatás új eredményei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1965-ről.* 495–498.

FUERSTENAU, D. W., BUNGE R. C. (2006): The complex behavior of fatty acids in fluorite flotation. *Proceedings of XXIII Int. MineralProc. Congress.* Ed. Önal et al. Promed.Ad.Ageincy, Istambul

FÜLÖP J. (1984): Az ásványi nyersanyagok története Magyarországon, *Műszaki Könyvkiadó, Budapest.*

GARAI KAROLINA (2013): Pátkai fluorit-tartalmú meddő flotációs kinyerésének kísérleti vizsgálata. Szakdolgozat, Miskolci Egyetem (Konzulensek: Dr. Bokányi Ljudmilla és Mádainé Üveges Valéria)

GASZTONYI É. & SZABÓ M. (1978): Jelentés a Velencei-hegység K-i részén 1975–76. évben végzett földtani térképezésről. *Kézirat. Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.*

GEOMÁNIA – MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNYLELŐHELYEK (2013A): Geománia – magyarországi ásványlelőhelyek. URL: <http://www.geomania.hu/>. Letöltve: 2013. június 30.

GEOMÁNIA – MAGYARORSZÁGI ÁSVÁNYLELŐHELYEK (2013B): Geománia – magyarországi ásványlelőhelyek. Fluorit galéria. URL: <http://geomania.hu/asvany.php?asvid=35>. Letöltve: 2013. június 30.

GLOBEMETALSANDMINING.COM.AU (2013A): Fluorite. *In: Globe Metals&Mining.* URL: http://www.globemetalsandmining.com.au/Commodities/Fluorite.aspx#.Ufd8mdJM_vV. Letöltve: 2013. 04. 30.

GLOBEMETALSANDMINING.COM.AU (2013B): Mount Muambe REE-Fluorite Project. *In: Globe Metals&Mining.* URL: http://www.globemetalsandmining.com.au/Projects/Mount-Muambe-REE-Fluorite-Project.aspx#.UfeN_NJM_vU. Letöltve: 2013. 04. 30.

GYALOG L., HORVÁTH I. (2004): A Velencei –hegység és a Balatonfő földtana. Magyar Állami Földtani Intézet. 2004. 124-127. ISBN 963-671-237-9

HARRIS, M. (1987): Flotation Concentration of a Low Grade Fluorite Ore from South western New Mexico: A Preliminary Study, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources

HONFI F., SEBESTYÉN K., ZAKARIÁS L. (1953): Jelentés az 1952. évben a Velencei-hegységben végzett geoelektromos mérésekről. *Kézirat. Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.*

HORVÁTH I., DARIDÁNÉ-TICHY M. & ÓDOR L. (1983): Magnezittartalmú dolomitos karbonatit (beforszit) telérközet a Velencei-hegységből. *A Magyar Állami Földtani Intézet Jelentése 1981-ről,* 369-388.

HORVÁTH I., DARIDÁNÉ-TICHY M., DUDKO A., GYALOG L. & ÓDOR L. (2004): A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. – Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1: 25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000). *Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.*

HORVÁTH I., ÓDOR L. & Ó. KOVÁCS L. (1989): A Velencei-hegységi gránit metallogéniai sajátosságai. *MÁFI Évi Jel. 1987-ről,* 349-366.

- HORVÁTH I., ÓDOR L., DARIDÁNÉ TICHY M., DUDKO A., Ó. KOVÁCS L. (1987): A Velencei-hegység–Balatonfő közterének ércprognózisa. Összefoglaló jelentés. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.
- HORVÁTH I., ÓDOR L., Ó. KOVÁCS L. (1989): A Velencei-hegységi gránit metallogéniai sajátosságai. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1987-ről, 349–366.
- HORVÁTH ISTVÁN, BALLÁNÉ DUDKO ANTONYINA, DARIDÁNÉ TICHY MÁRIA, ÓDOR LÁSZLÓ, ÖSSZEÁLLÍTÓK (1983): Tájékoztató a Velencei-hegység K-i részén megismert néhány ércindikációról. 1983. január.
- HORVÁTH, I., ÓDOR, L. (1984): Alkaline ultrabasic rocks and associated silicocarbonatites in the NE part of the Transdanubian Mts., Hungary. *Mineralia Slovaca*, Vol. 16., 115–119.
- INKEY B. (1875): A Székesfehérvár Velencei-hegység gránit- és trachitnemű kőzetei. *Földtani Közlöny* 5, 145–158.
- JANTSKY BÉLA (1957): A Velencei hegység földtana. *Geologica Hungarica. Series Geologica* 10, 166.
- JANTSKY BÉLA. (1960): Geológus kalapáccsal az ércek nyomában. *Gondolat kiadó, Budapest*
- JANTSKY BÉLA (1952): A Velencei-hegység hidrotermális ércesedése. MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei, 5(3), 69–83.
- JANTSKY BÉLA (1954A): A Velencei-hegység fluoritja és a fluoritkutatás perspektivikus irányelvei. Zárójelentés az 1953. évi kutatásokról. Kézirat. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 1954.
- JANTSKY BÉLA (1954B): Jelentés a hazai fluoritkutatás jelenlegi helyzetéről és várható fluoritkészletéről. Kézirat. Országos Földtani Intézet, Budapest, 1954.
- JANTSKY BÉLA (1954C): Zárójelentés a Velencei-hegység 1953. évi fluoritkutatásáról. jelenlegi helyzetéről és várható fluoritkészletről. Kézirat. Témaszám: 71151. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 1954.
- JANTSKY BÉLA (1957): A Velencei hegység földtana. *Geologica Hungarica. Series Geologica* 10, 166, 170.
- JANTSKY BÉLA (1960): Geológus kalapáccsal az ércek nyomában. *Gondolat Kiadó, Budapest*
- JANTSKY BÉLA DR. (1955): Zárójelentés a velencei-hegységi fluorit 1951–55. évi földtani és bányászati kutatás eredményeiről. Magyar Állami Földtani Intézet, 1955.
- KASZANITZKY F. (1959): A Pátkai kőrákáshegyi érc kutatás jelenlegi állása. *Földtani Közlöny* 89/2, 133–141.
- KAZACHENKO, V.K., PEREVOZNIKOVA, E.V., LAVRIK, S.N. (2012): Mineralogy and genesis of the Belogorsk skarn-magnetite deposit, Primorye. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2012 (6), 173–188.
- KELLY T.D. & MILLER M.M. (2011): Fluorspar Statistics. U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey. October 6, 2011. URL: <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/ds140-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.

KISS JÁNOS (1954): A Velencei-hegység É-i peremének hidrotermális ércesedése. *MÁFI Évi Jelentése az 1953. évről*. 111–127.

KISS JÁNOS (1954): A Velencei-hegység északi peremének hidrotermális ércesedése. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról, 111–127.

KOCH SÁNDOR (1966): Magyarország ásványai. Akadémiai kiadó, Budapest. 419p.

KREISCHER K., LUKÁCS L. & RADOVICS L. (1973): Pátka-kőrákáshegyi színesércbánya zárójelentése. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.

KUBOVICS I. 1958: A sukorói Meleghegy hidrotermális ércesedése. — *Földtani Közlöny* 88 (3), pp. 299–314.

KUN BÉLA DR. (1989): 25 éves az Országos Érc- és Ásványbányák. OMBKE Bányászati Kiadóiroda, 1989. ISBN: 963-8261-86-2. URL: <http://mek.oszk.hu/09700/09718/pdf/> (1. kötet: <http://mek.oszk.hu/09700/09718/pdf/oea1.pdf>, 2. kötet: <http://mek.oszk.hu/09700/09718/pdf/oea2.pdf>). Letöltve: 2013. 05. 05.

LAGUNACLAY.COM (2012): Fluorspar (Acid Grade). Material Safety Data Sheet. Distributed by: Laguna Clay Company, 14400 Lomitas Ave, City of Industry, CA91746, 1-800-4Laguna. URL: <http://www.lagunaclay.com/msds/pdf/3rawmat/adry/mfluo.pdf>. Letöltve: 2013. 04. 30.

Lovasberény község hivatalos honlapja. URL: <http://www.lovasbereny.hu/>. Letöltve: 2013. október 20.

MAGYAR GEOLÓGIAI SZOLGÁLAT, MGSz (2006): Magyarország ásványi nyersanyagvagyon. Magyar Geológiai Szolgálat (MGSz) 2006. URL: <http://www.users.atw.hu/bdszarhiv/files/vagyon.pdf>. Letöltve: 2013. október 14.

MAGYAR GEOLÓGIAI SZOLGÁLAT, MGSz (2006): Magyarország ásványi nyersanyagvagyon. Magyar Geológiai Szolgálat (MGSz) 2006. URL: <http://www.users.atw.hu/bdszarhiv/files/vagyon.pdf>. Letöltve: 2013. október 14.

MAJKUTH T. (SZERK), CSÖRGEI J., KIRÁLY E., MADARASI A., MAJKUTH T., PINTÉR A. (1986): A Velencei-hegység előkutatása 1976-1986. I-II. kötet. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet. MBFH Adattár No. AD.703.

MÁRTONNÉ SZALAI E. (1984): A Velencei-hegység magmás közzeteinek paleomágnessége. *Magyar Geofizika* 25, 48–55.

MÁRTONNÉ, SZALAI E. (1986): Paleomagnetism of igneous rocks from the Velence Hills and Mecsek Mountains. *Geophysical Transactions* 32, 83–145.

MASANGROUP.COM (2011): Fluorspar. Highlights. Properties and Uses. Masan Resources. URL: <http://www.masangroup.com/masanresources/en/commodities/fluorspar/highlights>. Letöltve: 2013. 04. 30.

MATOS, G. R. & MILLER, M. M. (2005): Fluorspar End-Use Statistics. U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey. September 15, 2005. URL: <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/fluorspar-use.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.

- MIKÓ L. (1964): A Velencei-hegységi kutatás újabb földtani eredményei. *Földtani Közlöny*, 94, 66–74.
- MIKÓ L. (1964): A velencei-hegységi kutatás újabb földtani eredményei. *Földtani Közlöny* 94/1. p. 66–74. 1964.
- MILLER, M. M. (2002): Fluorspar. *In*: 2002 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluomyb02.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2003A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2003, p. 64-65. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar280303.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2003B): Fluorspar. *In*: 2003 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluomyb03.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2004A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2004, p. 62-63. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluormcs04.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2004B): Fluorspar. *In*: 2004 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluomyb04.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2005): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2005, p. 62-63. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluormcs05.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2006A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2006, p. 64-65. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluormcs06.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2006B): Fluorspar. *In*: 2005 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluomyb05.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2007A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2007, p. 60-61. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluormcs07.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2007B): Fluorspar. *In*: 2006 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/myb-2006-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2008A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2008, p. 62-63. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2008-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.

- MILLER, M. M. (2008B): Fluorspar [Advance Release]. *In*: 2007 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/myb-2007-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2009): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2009, p. 58-59. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2009-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2010A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2010, p. 56-57. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2010-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2010B): Fluorspar [Advance Release]. *In*: 2008 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/myb-2008-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2011A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2011, p. 56-57. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2011-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2011B): Fluorspar [Advance Release]. *In*: 2009 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/myb-2009-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2011C): Fluorspar [Advance Release]. *In*: 2010 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/myb-2010-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2012A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2012, p. 56-57. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2012-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2012B): Fluorspar [Advance Release]. *In*: 2011 Minerals Yearbook. Volume I. Metals and Minerals. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/myb-2011-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLER, M. M. (2013A): Fluorspar. *In* Mineral Commodity Summaries. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. January, 2013, p. 56-57. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/mcs-2013-fluor.pdf>. Letöltés: 2013. 04. 10.
- MILLS, S.J, FERRARIS, G., KAMPF, A.R., FAVREAU, G. (2012): Twinning in pyromorphite: The first documented occurrence of twinning by merohedry in the apatite supergroup. *American Mineralogist*, 97, 415-418.
- MINDAT.ORG (2012): Las Cuevas Mine, San Luis Potosí, Mexico, URL: <http://www.mindat.org/loc-123682.html>. Letöltés: 2013. 04. 13.
- MINERALS.USGS.GOV (2013): Fluorspar. Mineral Resource of the Month. U. S. Department of the Interior.

or, U. S. Geological Survey. URL: <http://minerals.usgs.gov/mineralofthemonth/fluorspar.pdf>. Letöltve: 2013. 04. 30.

MOLNÁR F. (1997): Újabb adatok a Velencei hegység molibdenitjének genetikájához ásványtani és folyadékzárvány vizsgálatok a Retezi lejtakna ércesedésén. *Földtani Közlöny* 127/1. 1-17

MOLNÁR, F. (1996): Fluid inclusion characteristics of Variscan and Alpine metallogeny of the Velence Mts., W-Hungary. – *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region Proceedings of the Annual Meeting-Sofia, 1996 UNESCO-IGCP Project No. 356 Vol. 2., 29-44.*

MOLNÁR, F. (2004): Characteristic of Variscan and Palaeogene Fluid Mobilization and Ore Forming Processes in the Velence Mts., Hungary: A Comparative Fluid Inclusion Study. - *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* 45/1. 55-63.

MOLNÁR, F., TÖRÖK K., JONES P. (1995): Crystallization conditions of pegmatites from the Velence Mts., Western Hungary, on the basis of thermobarometric studies. – *Acta Geologica Hungarica*, 38/1. 57-80.

MOLNÁR JÓZSEF, MÁDAI FERENC, TOMPA RICHÁRD (2013): A Velencei-hegységi egykori fluorit bányászat földtani, bányászati adatainak újraértékelése. *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat*. 146. évf. (2013.) 5-6. szám, p. 16-23.

MOLNÁR JÓZSEF, TOMPA RICHÁRD (2013): A fluorit bányászata és nemzetközi kereskedelme. Kézirat. Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet. 2013. május.

MOLNÁR, F. (1996): Fluid inclusion characteristics of Variscan and Alpine metallogeny of the Velence Mts., W-Hungary. – *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region Proceedings of the Annual Meeting-Sofia, 1996 UNESCO-IGCP Project No. 356 Vol. 2., 29-44.*

MOLNÁR, F. (1996): Fluid inclusion characteristics of Variscan and Alpine metallogeny of the Velence Mts., W-Hungary. – *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region Proceedings of the Annual Meeting-Sofia, 1996 UNESCO-IGCP Project No. 356 Vol. 2., 29-44.*

MOLNÁR, F. (2004): Characteristic of Variscan and Palaeogene Fluid Mobilization and Ore Forming Processes in the Velence Mts., Hungary: A Comparative Fluid Inclusion Study. - *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* 45/1. 55-63.

MOLNÁR, F. (2004): Characteristic of Variscan and Palaeogene Fluid Mobilization and Ore Forming Processes in the Velence Mts., Hungary: A Comparative Fluid Inclusion Study. - *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* 45/1. 55-63.

MOLNÁR, F., TÖRÖK, K., JONES, P. (1995): Crystallization conditions of pegmatites from the Velence Mts., Western Hungary, on the basis of thermobarometric studies. – *Acta Geologica Hungarica*, 38/1. 57-80.

MONGOLROS.MN (2011): Bor-Undur Mine and Mineral Processing Plant, URL: http://www.mongolros.mn/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=76&lang=en. Letöltés: 2013. 04. 13.

NAGY B. (1967): A Velencei-hegységi gránitos kőzetek ásvány-kőzettani, geokémiai vizsgálata. *Földtani közlöny* 97, 423-436

NAGY B. (1969): Az ólom, cink, molibdén, bárium és fluor területi elterjedésének vizsgálata a Velencei-hegység gránit ásványaiban. *Földtani közlöny* 99, 313-319

NAGY B. (1980): Adatok a velencei-hegységi és szabadbattyáni ércesedések és ércindikációk ásvány-parageneziséhez és geokémiájához. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1978. évről, 263-289.

NEDUCZA, B. (SZERK), HERMANN, L., PRÓNAY, Zs. (1998): Refraction measurements at PB gas storage site, Pátka, Hungary. 1998. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet. MBFH Adattár No. AD.1678.

ÓDOR L. & SZEREDAI L. (1964): A Velencei-hegységbeli lászlotanyai fluorit ásványtani vizsgálata. *Földtani Közöly* 94. (1964.), 75-81.

ÓDOR L. (1985): A Velencei-hegységi kutatások néhány ércföldtani eredménye. - In: Gatter, I. (szerk.): *Ásványtan-geokémiai szemelvények* (A Magyarhoni Földtani Társulat 1984. november 8-9. közötti szegedi továbbképző tanfolyamának anyaga), MFT Ifjúsági Bizottsága és Ásványtan-Geokémiai Szakosztálya, Budapest, pp. 171-187.

ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK (1964): Pátka-körakáshegyi színesérc előfordulás összefoglaló földtani jelentése és készletszámítása. Kézirat. Országos Érc- és Ásványbányák, Érc- és Ásványbányászati Kutató Szolgálat. Eger, 1964. október

ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK (1968): Pátka-Szűzvári bánya zárójelentése. Kézirat. Országos Érc- és Ásványbányák, Kutató és Termelő Művek. Eger, 1968.

ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁK (1973): Pátka-körakáshegyi színesércbánya zárójelentése. Kézirat. Országos Érc- és Ásványbányák, Kutató és Termelő Művek. Eger, 1973. április 10.

ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT (1967A): Kimutatás a Pátka-Szűzvári kutatás munkálatairól. Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat. Kézirat, 1967. augusztus 24.

ORSZÁGOS ÉRC- ÉS ÁSVÁNYBÁNYÁSZATI VÁLLALAT (1967B): Pátka-szűzvári zárójelentés. Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat. Kézirat, 1967. augusztus 16.

Pákozdi nagyközség hivatalos honlapja. URL: <http://www.patka.hu/> . Letöltve: 2013. október 20.

Pákozdi fluoritbánya zárójelentése. Kézirat. A 128-266. oldalak.

PAPP LÁSZLÓ (2012): Pátkai fluorit feldolgozásából származó meddőhányó vizsgálata. Szakdolgozat. Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar. Konzulens: Gombkötő Imre Dr. egyetemi docens.

Pátka község hivatalos honlapja. URL: <http://www.pakozd.hu/> . Letöltve: 2013. október 20.

PESTY L. (1957): A velencei-hegységi fluorit színeződése. *Földtani Közöly*, 87, 284-294.

PRING, A., BIRCH, W.D., DAWE, J., TAYLOR, M., DELIENS, M., WALENTA, K. (1995): Kintoreite,

$\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_6$, a new mineral of the jarosite-alunite family, and lusungite discredited. *Mineralogical Magazine*, 59, 143–148.

QIANG ZHOU, SHOUCLU (1992) Acidized sodium silicate – an effective modifier in fluorite flotation, *Mineral Engineering*, Vol. 5., No 3-5, p. 435-444

RADOVITS Z. (1971): Jelentés a Pátka lejtaknai gránitot övező pala kutatásáról. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.

RISCHÁK GÉZA (1960): Jelentés a Velencei-hegységben végzett kiegészítő geokémiai érckutató munkáról. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.

RISCHÁK GÉZA (1961): Jelentés a Velencei-hegységben végzett újabb geokémiai kutatásról. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.

RISCHÁK GÉZA (1963): Jelentés a Velencei-hegységben végzett alkalmazott geokémiai kutatásokról. Kézirat. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 1963. január 29.

RISCHÁK GÉZA (1964): A Velencei-hegységben végzett alkalmazott geokémiai kutatások, 1962. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1962-ről*, 481–493.

SCHAFARZIK F. (1908): Ásványtani közlemények. *Földtani Közlöny* 38, 590–592.

SONG, S., LOPEZ-VALDIVIESO, A., MARTINEZ-MARTINEZ, C., TORRES-ARMENTA, R. (2006): Improving fluorite flotation from ores by dispersion processing, *Minerals Engineering*, 19, p. 912-917

SÓVÁGÓ GYULA (1981): A Velencei-hegység bányászatának története, 1949-1973. Nehézipari Minisztérium, Műszaki Fejlesztési Főosztály. Az Érc- és Ásványbányászati Múzeum 1980-81. évi kutatási terve III. Rudabánya, 1981.

STACEY, J. S., KRAMERS J. D. (1975): Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. – *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 26. 207-221.

SZAKÁLL SÁNDOR (2011): Ásvány- és közetan alapjai. Digitális Tankönyvtár, 2011. URL: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/adatok.html. Letöltve: 2013. 06. 01.

SZAKÁLL, S., FEHÉR, B., KRISTÁLY, F., ZAJZON, N. (IN PREP): Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 2. *Földtani Közlöny*

SZAKÁLL, S., PAPP, G., SAJÓ, I., KOVÁCS, Á. (2000): Antimony oxide minerals from Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica*, 41, 31–62.

SZÉNÁS GY. (1962): Jelentés a Velencei-hegység ÉNy-i peremén 1962-ben végzett szeizmikus mérésekről. Kézirat. *Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest*.

TARJÁN GUSZTÁV (1986): Mineral Processing. Vol.2. Akadémiai Kiadó.

TERTIARYMINERALS.COM (2013): Fluorspar. Tertiary Minerals Plc. URL: <http://www.tertiaryminerals.com/fluorspar.html>. Letöltve: 2013. 06. 01.

- TOPA, D., MAKOVICZKY, E., PAAR, W. H. (2002): Composition ranges and exsolution pairs for the members of the bismuthinite-aikinite series from Felbertal, Austria. *Canadian Mineralogist*, 40, 849-869.
- TÓTH CS., KIRÁLY E., SZALAY I. (1994): Hazai színesércek geofizikai kutatási módszertana és megkutatottsága. Távlati nyersanyagkutatások geofizikai megalapozása. ELGI 1994. Ad. 1317
- UHER, P., BROSKA, I. (1994): The Velence Mts granitic rocks: geochemistry, mineralogy and comparison to Variscan Western Carpathian granitoids. *Acta Geologica Hungarica*, 37/1-2, pp. 45-66.
- UHER, P., BROSKA, I. (1994): The Velence Mts. granitic rocks: geochemistry, mineralogy and comparison to Variscan Western Carpathian granitoids. *Acta Geologica Hungarica*, 37/1-2, pp. 45-66.
- VARJÚ GY. (1974): Javaslat a pirofillit előfordulás genetikai vizsgálatára és ezzel kapcsolatos fúrások mélyítésére. *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár Budapest*.
- VENDL ALADÁR (1914): A Velencei hegység geológiai és petrográfiai viszonyai. Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve, Vol. 22/1. 1-170.
- WEISS, N. L. (EDITOR) (1985): SME Mineral Processing Handbook. Volume 2, 23-4-23-9
- WINKLER B. (1871): A Székesfehérvár–Velencei-hegység földtani alkotása. *Földtani Közlöny* 1, 1-16.
- YINGYONG, GE & XUANLAN, QUE (1995): Flotation mechanism of fluorite and hematite with sodium-naphthenesulfonate, *Transactions of NFsoc*, Vol. 5, No. 2, 1995
- ZAJZON, N., SZENTPÉTERI, K., NAGY, G. (2004): Plumbogummite from Szűzvár mine, Pátka (Velence Mountains, Hungary): first occurrence in Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica*, 45, 107–112.
- ZAJZON, N., VÁCZI, T., WEISZBURG, T.G. (2000): A new twin law for the alunite group minerals. *Acta Mineralogica-Petrographica*, Szeged, 41 (Suppl.), 121.
- ZELENKA TIBOR (2010): Az érc- és ásványbányászat múltja, jelene és jövője. *Kézirat, 2010*. URL: <http://www.mageof.hu/arch/ujutakzelenka.pdf>. Letöltve: 2013. 06. 01.
- ZHANG, Y., SONG S. (2003): Beneficiation of fluorite by flotation in a new chemical scheme, *Minerals Engineering* 16, p. 597-600
- ZSIVNY, V. (1953): Cerusszit a Velencei-hegységből. *Földtani Közlöny*, 83, 156–162.