

Nemesfémkutatások a Kelet-Mecsekben: egy új orogén aranyércesedés felfedezése a Mecsekalja-zónában

JÁGER Viktor^{1*}, MOLNÁR Ferenc², KIRÁLY Edit¹

¹SZTFH Földtani Igazgatóság, Földtani és Laboratóriumi Osztály, 1143 Budapest, Stefánia u. 14.

*ORCID: 0000-0003-1283-51982

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Ásványtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

Prospecting for gold in the Eastern Mecsek Mountains, Hungary: discovery of a new orogenic gold mineralization in the Mecsekalja zone

Abstract

After the expulsion of the Ottomans, at the turn of the 17th and 18th centuries, re-population of the Mecsek area has been taken place by German settlers, who, while re-establishment of industry and exploiting raw materials for glass production, also noticed ore occurrences. Historic records from that era confirm that precious metals have long been prospected in the Mecsek, but to date no comprehensive and fact-finding work has been produced to answer the question of whether significant precious metal deposits can be found in the Mecsek region. If so, the area is worth for further exploration based on modern concepts aiming the determination of ore type and its genetic model, as well as the quality and quantity of ore, and evaluation of the economic potential of mining. Recently, parallel with the critical evaluation of the available historic reports and descriptions, fieldwork for identification of ore showings has been initiated, leading to the discovery of a previously unknown gold ore occurrence. The native gold bearing Au-Ag-Bi-Te ore showing is hosted by the pyritized zones of the mylonitic Studervölgy Gneiss Formation of Paleozoic age in the Mecsekalja zone, near the village of Ófalu. The gold particles in the Miocene gravels (Szászvár Formation) originated by the erosion of those rocks contain very similar sulphide and telluride mineral grains. The paragenesis of placer gold inclusions from the fluvial coarse-grained assemblage also shows a high degree of similarity with the sulphide paragenesis of the mylonitic, clastic material and with the sulphide paragenesis of the exposed gneissic rocks near the village of Ófalu. Based on the results of this research, it is therefore possible to assume the presence of a hitherto unknown orogenic gold ore occurrence in the Mecsekalja zone, characterised by Au-Ag-Bi-Te element associations, part of which was degraded and reworked into Miocene fluvial clastic sediments.

Keywords: orogenic gold, native-gold, paleo-placer, Mecsekalja zone, mylonite

Összefoglalás

A török kiűzését követően, a 17–18. század fordulóján a Mecsek környéki településeken is megjelentek az ipari tevékenységekben jártas németajkú telepesek, akik a Mecsek erdeiben az első üveghuták létesítési munkálatai közben felgyeltek a környék ércindikációira is. Levéltári dokumentumok igazolják ezeket a nemesfémkutatásokat, azonban mind-ezidáig tényfeltáró és a történeti kutatásokat összefoglaló munka nem született annak a kérdésnek az eldöntésében, hogy valóban található-e a Mecsekben nemesfém-indikáció, illetve nemesfémérc. Amennyiben igen, a további modern szemléletű kutatások az érc típus meghatározására és genetikai modelljének pontosítására fókuszálhatók, illetve együtt a minőségi-mennyiségi paraméterek megadásával az ércesedés gazdasági jelentősége is körvonalazható. A fellelhető írott források kutatásával párhuzamosan tehát megindult a lehetséges ércindikációk felderítése a területen, mely eddig ismeretlen, a forrásokban sem említett nemesfém-ércesedés felfedezéséhez vezetett. Az elvégzett terepi és laboratóriumi vizsgálatok megerősítették, hogy az Ófalu térségében, a Mecsekalja-zónában feltáródó ópaleozoós, milonitosodott metamorf kőzetek (Studervölgyi Gneisz Formáció) olyan Au-Ag-Bi-Te szulfidos-telluridos ércesedést tartalmaznak, mely e kőzetek lepusztulásából származó miocén kavicsanyagban (Szászvári Formáció) is megtalálható. Az érces kavicsokon kívül a durvatörmelék, folyóvízi eredetű Szászvári Formáció önálló aranyzemeseket is tartalmaz, mely szemcsék valószínűleg torlatos eredetűek. A torlatos arany zárványainak paragenézise szintén egyezést mutat az érces kavicsanyag és az Ófalu mellett kibukkanó metamorf kőzetek érces paragenézisével. A kutatási eredmények alapján tehát a Mecsekalja-zónában egy eddig teljesen ismeretlen, Au-Ag-Bi-Te elemegyüttessel jellemzett orogén aranyércesedés előfordulását azonosítottuk, melynek egy része lepusztult és áthalmazódott a Kelet-Mecsek kora miocén folyóvízi üledékgyűjtőibe.

Kulcsszavak: orogén aranyércesedés, termésarany, paleo-torlat, Mecsekalja-zóna, milonit

Bevezetés: történelmi előzmények és a jelen kutatások célkitűzései

Az egykori aranykutatásokról szóló legendák a Kelet-Mecsekben régóta közszájon forognak (ALLIQUANDER 1931, REUTER 1960, BABICS 1960, KÁRÁDY & OPPE 1979, N. LÁSZLÓ 1996). Az arany tényleges előfordulását tekintve az első dokumentált bizonyíték azonban csak 1997-ben került elő, amikor PAPP Csaba ásványgyűjtő a Kelet-Mecsek északi területén, a múlt századi aranykutatási helyszínektől pár km-re, recens patakhordalékban 1 mm körüli aranszemcséket talált. Később GATTER & TÖRÖK (2004) is kimutattak 8–10 mikrométeres terméсарanszemcséket Feked mellől, gránit-törmelékben lévő kvarc–kalcit–antimoniterekből, a két dokumentált előfordulás kapcsolatára azonban semmilyen bizonyíték nincs. Kutatásunk fő célja tehát a torlatos aranszemcsék forrásközetének és forrásterületének azonosítása és lehatárolása volt. Mindehhez a torlatos arany és előfordulási területének terepi vizsgálata mellett a korábbi kutatásokat igazoló dokumentumok összegyűjtése és több esetben eddig ismeretlen, a történelmi kutatási helyszínek és ercföldtani szempontból perspektivikus képződmények felkutatása, mintázása és anyagvizsgálata volt szükséges.

Az időben pár száz évvel visszalépve az első hiteles dokumentumok, melyek nemesfémeket említettek a Mecsekből, HUNYADI Mátyás idejéből valók. A 15. században Janus PANNONIUS pécsi püspök és a GARAI család szereztek bányajogosítványt Mátyás királytól többek között nemesfémekre (REUTER 1960, BABICS 1960). A tényleges előfordulásról és a bányászatról azonban nincs szó az oklevelekben. Az első konkrét helyszínt KITAIBEL Pál említi, aki 1799-es baranyai útja során feljegyzi, hogy Pécsvárad mellett 70 (!) bányász foglalkoztatásával ezüstércet kutattak (HORVÁTH & GOMBÓCZ 1939). 1896–1921 között Magyaregregy és Kárász környékén GROSZ Károly és társai kutattak bazalt és mészkő érintkezése mentén aranyat, és hajtottak ki több kutatótárót (N. LÁSZLÓ 1996). E munkálatok nyoma érdekes színfoltként a helyi néprajzi anyagban is megtalálható (KÁRÁDY & OPPE 1979). Az alsó kréta bazalttelérben, annak csapásirányával párhuzamosan a 19–20. század fordulóján GROSZ és társai által nyitott aranykutató táró a Barnakő nevű szikla oldalában található (N. LÁSZLÓ 1996). A táró (287 m tszf., Y592341; X096777) járatainak mai járható hossza 40 m, melyben a fő vágaton kívül 3 kisebb leágazás található. A barnakői tárót a Magyar Geológiai Szolgálat Dél-dunántúli Területi Hivatala, KASSAI Miklós hivatalvezetősége alatt kitisztította a '80-as években (†KASSAI Miklós szóbeli közlése, 1997) kb. 50 m-es hosszban, 3 elágazásban. A Kárászon 1896-ban nyitott GROSZ-féle táró (N. LÁSZLÓ 1996) hánycija ma is megtalálható a templomtól K-re pár száz m-re a Völgységi patak szomszédságában, maga a táró azonban mára teljesen beomlott.

VADÁSZ Elemér a Mecsek hegységről írott művében (VADÁSZ 1935) a magyaregregyi és kárászi határban történt bányászati kezdeményezésekről mint piritesedés mentén történt eredménytelen aranykutatásokról tesz említést. Megemlíti továbbá, hogy hasonló kutatások voltak Püspökná-

dasdon (ma Mecseknádasd) a középső liász kovásodott rétegeiben is. VADÁSZ munkájának megjelenési évében VITÁLIS István egyik jelentésében leírta, hogy TIMKÓ Gyula (aki korábban a selmecbányai és körmöcbányai magyar királyi arany-, ezüst-, ólom- és rézércbányáknál kezdte bányamérnöki szolgálatait) Komló térségében, két vízkutató fúrásban harántolt konglomerátumban 0,4–5,75 ppm aranykoncentrációról számolt be, melynek kitermelési jogát a kincstár a maga részére zártkutatmányokkal biztosította is (VITÁLIS 1935a). TIMKÓ akkoriban a M. Kir. Kőszénbánya Hivatal főfelügyelője és hivatalfőnöke volt (JÁGER 2017), és elméleti megfontolásból, a dél-afrikai Witwatersrand analógiája alapján a Nyugat-Mecsek permi konglomerátumának magasabb aranytartalmában bízva inkább ez utóbbi kutatását javasolta, de a későbbi jelentésből tudjuk (VITÁLIS 1935b), hogy a Cserkút melletti két völgyből vett mintegy 185 kg anyagból sem aranyat, sem ezüstöt nem mutattak ki. VITÁLIS (1935a) beszámolója alapján figyelemre méltó, hogy a hazánk területén az 1995–1998 között folytatott Carlin-típusú aranyérc-potenciál felmérés során a Komlóval szomszédos Mánfa területéről a patakhordalékok mintázásakor (triász karbonátos és miocén sziliciklasztos vízgyűjtő terület) 1,27 ppm aranyat mutattak ki (KORPÁS et al. 1999). JÓZSA Sándor (2013) szóbeli közlése alapján a terület recens patakhordalékának nehézasvány-frakciójából előkerült aranszemcse is.

Kutatásaink kezdetén tehát csak néhány történelmi utalás állt rendelkezésünkre a szinte teljesen ismeretlen nemesfémkutatásokkal és bányászati próbálkozásokkal kapcsolatban a Kelet-Mecsekben. A torlatos arany ásványtani-geokémiai vizsgálata, a lehetséges primer ércközetnek és forrásterületének azonosítása és értékelése, a másodlagos dúsulások, vagyis a paleo-torlatok kutatása, valamint az új eredmények földtani-teleptani modellbe illesztése az első aranszemcse megtalálása óta megoldatlan hazai földtani probléma. A terület nemesfémekre irányuló bányászattörténelmi vonatkozásainak összegyűjtésével és az ércteleptani vizsgálatok megkezdésével párhuzamosan az első eredmények közreadásával, ezekre a máig tisztázatlan és a nemesfémekkel (Au, Ag) együtt előforduló más ritka elemek (Bi, Te) dúsulásait is érintő kérdésekre keressük a válaszokat.

Mintagyűjtés, vizsgálati módszerek

A Szászvári Formációból a recens-szubrecens patakhordalékba áthalmozott, érctartalmú kavics- és görgeteganyagból 18 db, a Mecsekalja-zónában kibukkanó Studervölgyi Gneiszből 12 db, a felületén polírozott vékonycsiszolat készült.

Az aranszemcsék hordalékból való szeparálása a Kelet-Mecsek É-i területén lévő patakok recens torlataiból történt. A kavicsfrakció szitálása után a finomabb frakcióban jelen lévő arany szétválasztása egy erre a célra kialakított, sodrás irányába lejtősen fektetett, alumínium padra helyezett, bordázott gumiszőnyeg segítségével történt. Az aranszemcsék és zárványainak elemösszetétele, valamint az ércesedett közetek és közettörmelékek elemzése, elemterképezése polí-

rozott felületen, Jeol (SDD) (Silicon Drift) EDS detektorral felszerelt, Jeol JSM-IT500HR téremissziós elektronmikroszkóp segítségével történt 15–20 kV gyorsító feszültség mellett a Szentágothai János Kutatóközpontban, Pécsen. Az alkalmazott berendezés kis vákuumú technológiával is működik, ezért a csiszolatok felületét nem volt szükséges szénfelgőzölni, ami a felszíni kontamináció lehetőségét kizárta. Az adott konfiguráció mellett sztenderd mentes mérések készültek, azonban a tömegszázalékos adatok alapján számított sztöchiometriai összetétel többnyire ásványfázisoknak megfeleltethető, így a koncentráció értékek félkvantitatív eredményeknek elfogadhatók. Összesen 22 db, 0,5–1,5 mm méretű torlatos aranyzacskó elemzésére került sor, az ezüst mennyiségének mérési eredményei 32 darab mérési pontból származnak.

20 db torlatos aranyzacskó nyomelem-összetételének vizsgálata történt meg LA-ICP-MS-sel (PerkinElmer ELAN DRCII ICP-MS és NewWaveUP 213 lézeralblációs feltét segítségével), (szemcsénként 5 mérést végeztünk), az SZTFH Földtani és Laboratóriumi Osztályán. Az ICP-MS oldatos optimalizálását követően az NA-Au31 (Auribus) szilárd aranyztenderd mérni kívánt elemekre is optimalizáltunk. Tiszta bariton a Ba⁺⁺/Ba arányát is ellenőriztük, ami 1,73 és 1,96% között változott. A gázáramarány 0,9/1,05 l/min He/Ar-arány volt, a rádiófrekvenciás generátor (atomemissziós spektrométerrel) teljesítménye 1525 kW. A mérési paraméterek: mérési idő 10 ms, lézerefrekvencia 5 Hz, lézergusár-átmérő 100 µm, energiasűrűség

~7–7,6 J/cm². Mért izotópok: S34, Ti49, Cr53, Fe57, Co59, Ni60, Cu65, Zn66, As75, Se77, Pd105, Ag107, Cd111, Cd113, Sn118, Sb121, Te125, Te128, Ba138, Pt195, Au197, Pb208, Bi209, valamint PbO224 és BiO225 a megfelelő oxidarány ellenőrzéséhez, ami néhány ezres ólom, illetve bizmutjelnél már 1% alatt maradt. Külső sztenderdként az NA-Au31-et használtuk, belső sztenderdként a 100%-ot (99–101%) legjobban visszaadó Au-százalékot választottuk.

A nyomelemzések a kanadai ALS Laboratóriumban (Vancouver), Agilent Technologies 725 induktív csatolású plazma atomemissziós spektroszkópiás készülékkel (ICP-OES) valamint a MÁFI geokémiai laboratóriumának Jobin Yvon ULTIMA 2C-típusú induktív csatolású plazma atomemissziós spektroszkópiás készüléke segítségével mono- és polikromátor használatával készültek (ICP-OES). Az arany elemzése PerkinElmer ELAN® 9000 induktív csatolású plazma tömegspektrometriás készülékkel (ICP-MS) oldatosan, királyvizes feltárással történt az ALS (Vancouver) laboratóriumában.

A kénizotóp-vizsgálatok a SUERC (Scottish Universities Environmental Research Centre) laboratóriumában készültek, Glasgow-ban. A SO₂ analízise VG SIRA II tömegspektrométerrel történt. A kapott ³⁴S‰ eredmények a V-CDT standardizálásnak megfelelőek. Az analitikai pontosság ±0,2‰.

A mintavételi pontokat és vizsgálati módszereket az I. táblázat foglalja össze.

I. táblázat. A mintavételi helyszínek anyagán végzett különböző vizsgálati módszerek

Table I. Measurements performed on the sampling materials

	<i>Polarizációs mikroszkópia áteső és ráeső fényben</i>	<i>SEM-EDS</i>	<i>LA-ICP-MS</i>	<i>ICP-MS</i>	<i>ICP-OES</i>	<i>Kénizotóp- vizsgálat</i>
Piritaggregátum tefrifonolitban és fekete palában <i>Óbánya (1.)</i>	X	X		X	X	X
Pirités kalcitér alkálibazaltban <i>Magyaregregy (2.)</i>	X	X		X	X	X
Pirit alkálibazaltban <i>Kárász (3.)</i>	X	X			X	
Termésaranyszemcse <i>Máza, Váralja (4–5.)</i>	X	X	X			
Ércesedett, foliált kvarcittörmelék <i>Máza (4.)</i>	X	X				
Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelék <i>Máza (4.)</i>	X	X				
Pirités gneisztörmelék <i>Váralja (5.)</i>	X	X				
Ércesedett, foliált kvarcittörmelék <i>Hidas (6.)</i>	X	X				
Ércesedett gneisz <i>Ófalu (7.)</i>	X	X				

Vizsgált terület

A vizsgált területeket és földtani képződményeket a bányászattörténeti, levéltári és adattári dokumentumok alapján felkutatott kelet-mecseki egykori nyersanyagkutatást vagy bányászati próbálkozást igazoló helyszínek, és ezeken belül a terméssaranyat tartalmazó völgyszakaszok (Kelet-Mecsek É-i részének völgyei, Vékény és Váralja közé eső terület), a nemesfémek lehetséges előfordulását tekintve potenciális formációk határozták meg (1. ábra). A patakok mentén felfelé haladva a hordalékból szeparált arany szemcsék megjelenésével, majd eltűnésével a miocén sziliklasztos kőzetekre mint esetlegesen aranyat szolgáltató formációkra szűkült a kutatási terület, így mindazon völgyek átvizsgálására sor került, melyben miocén törmeléken üledékes kőzet jelen van. Az arany forráskőzetének azonosítása a miocén folyóvízi eredetű durvatormélékes összlet szulfidokat tartalmazó kavicsanyagának begyűjtésével és a csiszolatok elektronmikroszkópos (SEM-EDS) vizsgálatával történt. Később az eredmények alapján a nagy valószínűséggel milonitosodott, foliált és pirites kőzetek bizonyultak aranytartalmúnak, így a folyóvízi eredetű, miocén Szászvári Formáció foliált kavicsanyagának forrásterület kutatása következett. Mivel a miocén folyók hordalékanyagának metamorf kőzetei a Mecsektől D-re elhelyezkedő területről származtak (HÁMOR 1970, JÓZSA et al. 2009), a Mecsekalja-zóna metamorf, milonitosodott kőzeteiben (BALLA & GYALOG 2009) felfedezhető lehetséges ércindikációk kutatása volt a végső vizsgálati cél.

Eredmények

A „PÉNZ-bánya” „felfedezése” és a hozzá kapcsolódó ércindikáció anyagvizsgálati eredményei

KITAIBEL Pál a 18. század végi baranyai útleírásában (HORVÁTH & GOMBOCZ 1939) hivatkozik egy hajdani ezüstbánya helyszínére a Mecsekben. KITAIBEL leírása alapján a bánya helyszínét kutatva a Kelet-Mecsekben elsőként létesült, eddig még ismeretlen 17. század végi üveghuta maradványait sikerült megtalálni az Óbányához közeli Réka-völgyben. A levéltári kutatások (LANG 2008) megerősítették KITAIBEL leírását, és a huta létesítőinek levelezéseiből kiderült, hogy a török kiűzését követően, a 17. század legvégén, az alsó-Ausztriából Magyarországra érkező, bizonyos Daniel DAUTH ezüstércet vélt felismerni az üveghuta létesítési munkálatai közben, közvetlenül a hutával szembeni domboldalon. A korabeli bányászati próbálkozások pontos helyszínére végül Georgius EISENHUTnak 1798-as térképén jelölt „Pézn bánya” felirata (BML C 22 Térképek No.2.) vezetett.

A környéken tefrifonolit és fekete pala érintkezési zónájából származó pirites kőzetdarabokat lehet találni néhány mélyedésben, melyek a 17. század végi kutató horpák lehetnek (2. ábra a). A K–Ny-i csapású, 23 m hosszú, 1,5 m szé-

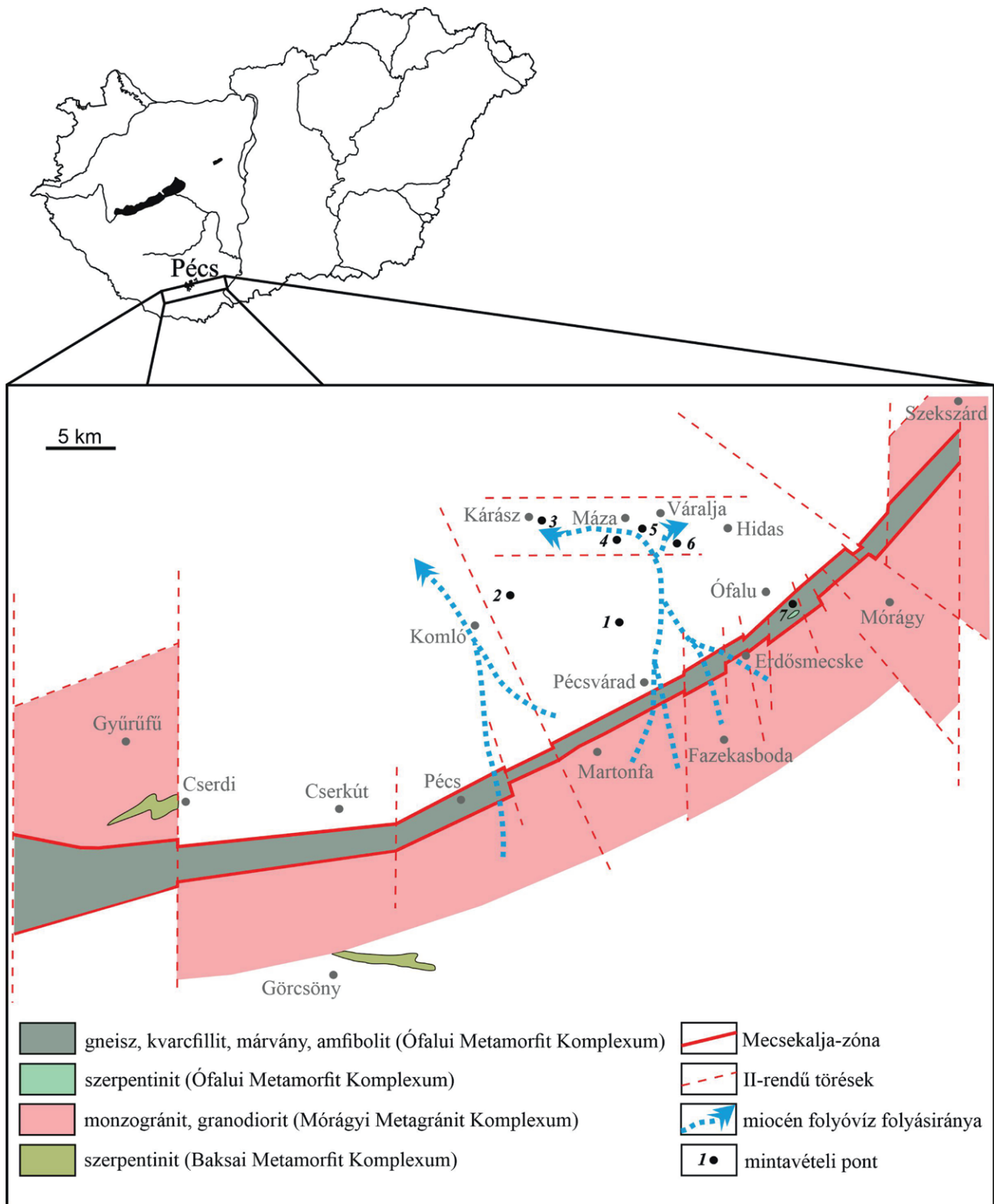
lességű és majd' 2 m magasságú, trapéz keresztmetszetű táró a Réka-völgyi Etelka forrástól ÉK-re, kb. 400 m-re található (377 m tszf., EOV: Y599574, X094732), pontosan ott, ahol azt EISENHUT jelöli és DAUTH egyik levelében írja (2. ábra b). A helyszín továbbá 1 km-re ÉNy-ra helyezkedik el attól a forrástól (Büdös-kút), amit KITAIBEL vonatkozási pontként megjelölt. A táró szűk bejárata nehezen látható a völgyoldalban a bemosódások és omlások miatt. Maga a táró tefrifonolitban halad, mely pirithintéses. Az ÉNy–DK-i irányú Réka-völgy 360–340 méteres tszf. magasságú bevágásaiban és völgyoldalaiban az alsó kréta alkáli magmás telérek és velük érintkező toarci fekete pala több feltárásban tanulmányozhatóak. Az egykori érckutató táró is egy ilyen tefrifonolit telérben, a tefrifonolitnak a fekete palával való érintkezése közelében létesült.

A helyenként pirites magmás telérkőzetek zöme szürke színű és intergranuláris-interszertális szövétű. Fő ásványai a Ti-augit, biotit, albit és oligoklász. A szürke kőzetben néhol lencsés megjelenésben durvaszemű, szubofitos szövétű, világos krémszínű, oligoklászt, albitot, analcimit, egirint, egirinaugitot tartalmazó kőzetszakaszok találhatóak, melyben az ICP-OES vizsgálat alapján emelkedett (348 ppm) Zr-tartalom jellemző. E kőzetek a modális összetétel és megjelenés alapján a Somlyó és Szamár hegyi tefrifonolitos összetételű telérkőzetekkel mutathatnak rokonságot.

A telérkőzetek (esetenként 60 m-es vastagságú teleptelér is) a fekete pala kontakttól kb. 1 m-re az addig főleg intergranuláris szövétből interszertális szövétűvé válnak, a szemcséközi térben pedig másodlagos karbonátosodás és a mafikus elegyrészeket kiszorító piritesedés jellemző. A kontakthoz közeledve a kiszorításokból több cm-es pirites fészkek, pirittel-kalcittal kitöltött hólyagüregek fejlődnek ki. Helyenként a hólyagüregekben megjelenik a másodlagos kvarc is, a fekete pala kontaktusán pedig a mellékkőzet hidrotermás breccsásodása jellemző, kalcitos kötőanyaggal, helyenként kvarccal és pirittel és kis mennyiségű pirobitumennel. A kontaktustól kb. fél méterig a fekete pala erősen goethites, majd a mellékkőzetben távolodva a kontaktustól 1 cm alatti framboidális pirit aggregátumok sűrűn fordulnak elő a palában. Ércmikroszkópi vizsgálatok alapján sem a kontaktuson képződött piritben, sem a fekete pala üledékes eredetű piritaggregátumaiban más szulfid előfordulása nem volt kimutatható.

A XVIII. századi táró jelenléte a pirithintéses telérkőzetben a fekete palával való érintkezéséhez közel azt sugallja, hogy a piritesedést perspektivikusnak gondolták ezüst vagy más nemesfém kinyerésének reményében. A nyomelemvizsgálatok eredménye alapján az ezüst mennyisége a tefrifonolit/fekete pala érintkezése mentén szedett pirites minták, a pirithintéses magmás telérkőzet és a pirites fekete pala esetében is 0,2 ppm alatt, az arany pedig 3 ppb alatt volt (II. táblázat).

A kénizotóp-vizsgálatokhoz a mintavétel mind a toarci fekete palából szeparált framboidális pirit-aggregátumokból, mind a teleptelérnek a fekete palával való érintkezésétől kb. 20 cm-es távolságra lévő kalcitos-pirites hólyagüregeiben található, hexaéderez habitusú piritjéből történt. A feke-

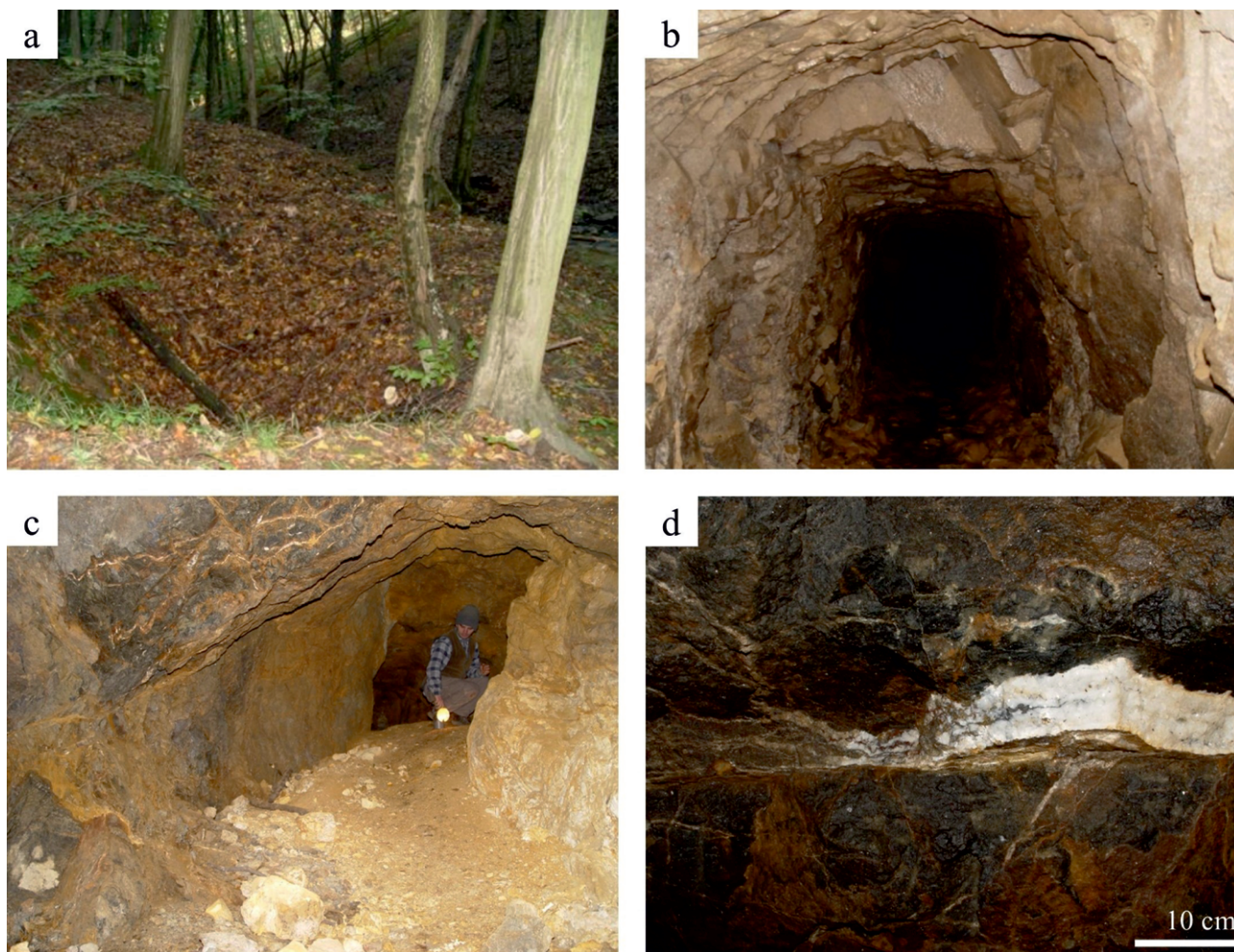


1. ábra. A vizsgálati terület a (perm előtti) zöldpala-faciesű metamorfózist szenvedett képződményekkel és mintavételi pontokkal (JANTSKY 1975: A mecseki gránitosodott kristályos alaphegység fedetlen /perm előtti/ földtani térképe, HÁMOR 1970: A Kelet-Mecseki miocén, valamint HAAS et al 2010: Magyarország pre-kainozoos földtani térképe, művek felhasználásával)

1: „Pénc-bánya”, Réka-völgy, (Óbánya); 2: „Grosz-féle” táró (Magyaregregy); 3: „Grosz-féle” táró meddőhányója (Kárász); 4: Cserfa-forrás völgye (Máza); 5: Farkas-árok (Váralja); 6: Vadvíz-árok (Hidas); 7: Goldgrund-völgy (Ófalu)

Figure 1. The studied area with pre-perm, greenschist facies metamorphosed formations and sampling points (after JANTSKY 1975: A mecseki gránitosodott kristályos alaphegység fedetlen /perm előtti/ földtani térképe, HÁMOR 1970: A Kelet-Mecseki miocén and HAAS et al 2010: Pre-cenozoic geological map of Hungary)

1: „Pénc-bánya”, Réka Valley (Óbánya); 2: „Grosz-adit” (Magyaregregy); 3: minde dump of the „Grosz-adit” (Kárász); 4: Valley of the Cserfa-spring (Máza); 5: Farkas Valley (Váralja); Vadvíz Valley (Hidas); Goldgrund Valley (Ófalu)



2. ábra. A történeti nemesfémkutatások egykori helyszínei a Kelet-Mecsek területén

a: XVII. század végi ezüstkutató horpa a Réka-völgyben; b: az első németajkú telepések által létesített ezüstkutató táró a Réka-völgyben (1. mintavételi pont); c: Grosz-féle aranykutató táró alsó kréta alkálilbazaltban a Magyaregregy melletti Barnakó sziklájában (2. mintavételi pont); d: pirites kalcittelér a Grosz-féle táróban a Barnakónél

Figure 2. Former gold and silver prospecting sites in the Eastern-Mecsek Mountains

a: silver prospecting open pit from the late XVII century at Réka Valley; b: silver prospecting adit from the Réka-Valley (1. sampling point); c: gold prospecting adit from the early XX. century, near the village of Magyaregregy (2. sampling point); d: pyritic calcite vein in alkali basalt

te palában lévő framboidális piritaggregátumok $\delta^{34}\text{S}$ értékei (2 db mintán mérve) $-16,72$ és $-18,01\%$, míg a tefrifonolit telérben lévő sajátalakú piritből mért $\delta^{34}\text{S}$ értékek (2 db mintán mérve) $-11,10$ és $-12,65\%$.

A „Grosz-féle tárók” és a hozzájuk kapcsolódó ércindikációk anyagvizsgálati eredményei (Magyaregregy, 2. mintavételi pont; Kárász, 3. mintavételi pont)

A Barnakó tömegét titon–berriázi mészkő alkotja. A titon mészkő helyenként tűzköves, amiben akár 1 cm körüli, hexaéder habitusú pirit utáni goethit pszeudomorfózák gyakoriak, és a berriázi mészkőben egyre sűrűbben fordulnak elő. A mészkőbe több méter vastagságú alkálilbazalt-telér nyomult, amiben a táró is halad (2. ábra c). A bazalt 2 mm körüli, kalcit kitöltésű hólyagüregeket tartalmaz, az alapanyag szövete interszertális, augit porfirokkal. A bazaltnak a mészkővel való érintkezése mentén a mészkőből hidraulikus breccsa

képződött, illetve a mészkő sűrű kalcit-hálózatot tartalmaz. A kalciterekben maximum 0,5 cm-es, hexaédes habitusú, pirit utáni goethit pszeudomorfózák fordulnak elő, valamint fekete, törékeny pirobitumen is található bennük. A kalciterek a bazalttelért is behálózzák, melyben vastagságuk eléri a 10 cm-t, és néha hidrotermás eredetű kvarcot is tartalmaznak, de az akár 2 cm-es, pentagondodekaédes piritkristályok halmaza a leggyakoribb fázis a kalciton kívül (2. ábra d). A kalciterek piritjében ércmikroszkóppal és SEM-EDS mérésekkel sem volt kimutatható terméсарany.

A pirit utáni goethit pszeudomorfózákat tartalmazó, bazalttelért befogadó mészkő és a bazalt pirites kalcitereinek egyes nyomelemeinek mennyisége között hasonlóságot lehet felfedezni. Az ICP-OES mérések alapján az As, Co, Cr, Ni, Pb, V-tartalom esetén csak pár ppm-es különbségek mutathatóak ki, és a Sr mennyisége is nagyon hasonló a bazaltban lévő pirites kalcitér és a pirit utáni goethit pszeudomorfózákat tartalmazó mészkő között (1. táblázat). Az arany mennyisége az ICP-MS vizsgálatok alapján mindössze 3 ppb a pirites

II. táblázat. Nyomelemek mennyisége ppm-ben a történeti kutatótárók pirites kőzeteiből (ICP-OES elemzés) (arany: ICP-MS)

B1: Magyaregregy, Barnakő, Grosz-féle táro, pirites kalcitár az alkálbazaltba hajtott kutatótárból; B2: Magyaregregy, Barnakő, hexagonális pirit utáni goethitet tartalmazó mészkő alkálbazalt kontaktusáról; R1: Pécsvárad, Réka-völgy, piritintézes tefrifonolit a Péncsbánya tárojáról; R2: tefrifonolit pirites kontaktja; R3: framboidális piritet tartalmazó fekete pala. <jel: kimutatási határ alatti érték

Table II. Concentration of selected trace elements (in ppm) from historical gold prospecting sites of the Eastern-Mecsek Mountains. Trace elements were measured with ICP-OES, only gold was measured with ICP-MS

B1: Magyaregregy, Barnakő, „Grosz-adit”, pyritic calcite vein; B2: Magyaregregy, Barnakő, pyritic-goethitic limestone from the contact with alkali basalt; R1: Pécsvárad, Réka Valley, pyritic tephriphonolite from „Péncsbánya”; R2: pyritic contact of the tephriphonolite; R3: pyritic (framboidal) black-shale. < sign: under detection limit

	B1	B2	R1	R2	R3
Be	<0,5	<0,5	1,2	0,7	3,2
Sc	1	0,9	5	4	12
Ti	0,1	<0,1	0,19	0,54	0,24
V	8	38	35	19	122
Cr	7	10	15	<1	66
Mn	1290	411	5060	1650	6100
Co	5	3,6	5	5	21
Ni	12	13,2	5	<1	37
Cu	1	10,2	10	7	84
As	3	5,9	3	10	14
Mo	<1	1,18	2	3	6
Ag	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cd	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cr	7	10	15	<1	66
Sb	<2	<2	<2	4	<2
Au	0,003	<0,001	0,002	0,003	0,001
Hg	1	<1	<1	<1	<1
Pb	2	4,9	6	4	16

kalciterekben (II. táblázat). A barnakői bazalttelér kalcitereiből szeparált pirit $\delta^{34}\text{S}$ értékei +30,68 és +31,56‰ közöttiek.

Hasonló földtani környezetben, felső jura – alsó kréta mészkövet tört át Kárászon is az alsó kréta alkálbazalt. A pirites kontaktuson nyitott GROSZ-féle táro hányójáról gyűjtött pirites minta SEM-EDS vizsgálata során a homogén összetételű vasszulfid fázison kívül más szulfid-fázist nem lehetett kimutatni, ahogy aranyat sem.

A torlatos arany szemcséken végzett anyagvizsgálati eredmények (Máza, 4. mintavételi pont; Váralja, 5. mintavételi pont)

A Vékény és Váralja közötti kutatási terület (1. ábra) patakfordalékaiból mosott arany szemcsék mérete 0,1–3,1 mm közötti. Már binokuláris mikroszkóppal észrevehető, hogy a szemcsék alig koptatottak, alakjuk változatos, sokszor tagolt. Főleg lemezes, esetleg orsó formájú, ritkábban gömbölyded (3. ábra a–d).

A SEM-EDS vizsgálatok alapján a szemcsékkel együtt előforduló leggyakoribb fázis a kvarc. Az aranyak a kvarccal (mint befogadó fázissal) együtt előforduló, zezugos érintkezései gyakoriak. A kalcit is megjelenik az arannyal együttesen, de a kvarcnál sokkal ritkábban. Az EDS-mérések alapján az aranyban lévő zárványok tömegszázalékos összetételéből számolt sztöchiometria a kvarcon és kalciton kívül az alábbi fázisok jelenlétét igazolják csökkenő gyakori-

sággal: káliföldpát, klorit, muszkovit (szericit), albit, pirit, arzenopirit, cirkon, $(\text{Co}_{1,72}\text{Ni}_{1,22}\text{Fe})\text{As}_{3,28}\text{S}_{3,74}$ és $(\text{Co}_{1,44}\text{Ni}_{1,08}\text{Fe})\text{As}_{2,95}\text{S}_{3,36}$ -összetételű szulfidok, termésmizmut (III. táblázat, 3. ábra e–f). A zárványok mérete változó, a 100 μm -nél nagyobb zárványok a kvarc, kalcit, muszkovit (szericit) és klorit. 100 μm -nél általában kisebbek a káliföldpát- és albitzárványok. A szulfidok és cirkon 10–20 μm körüliek. Az arannyal összefogazódó kvarcban olyan idiomorf, hexaéderez habitusú piritzárvány is megfigyelhető volt, mely termésmizmutot tartalmaz.

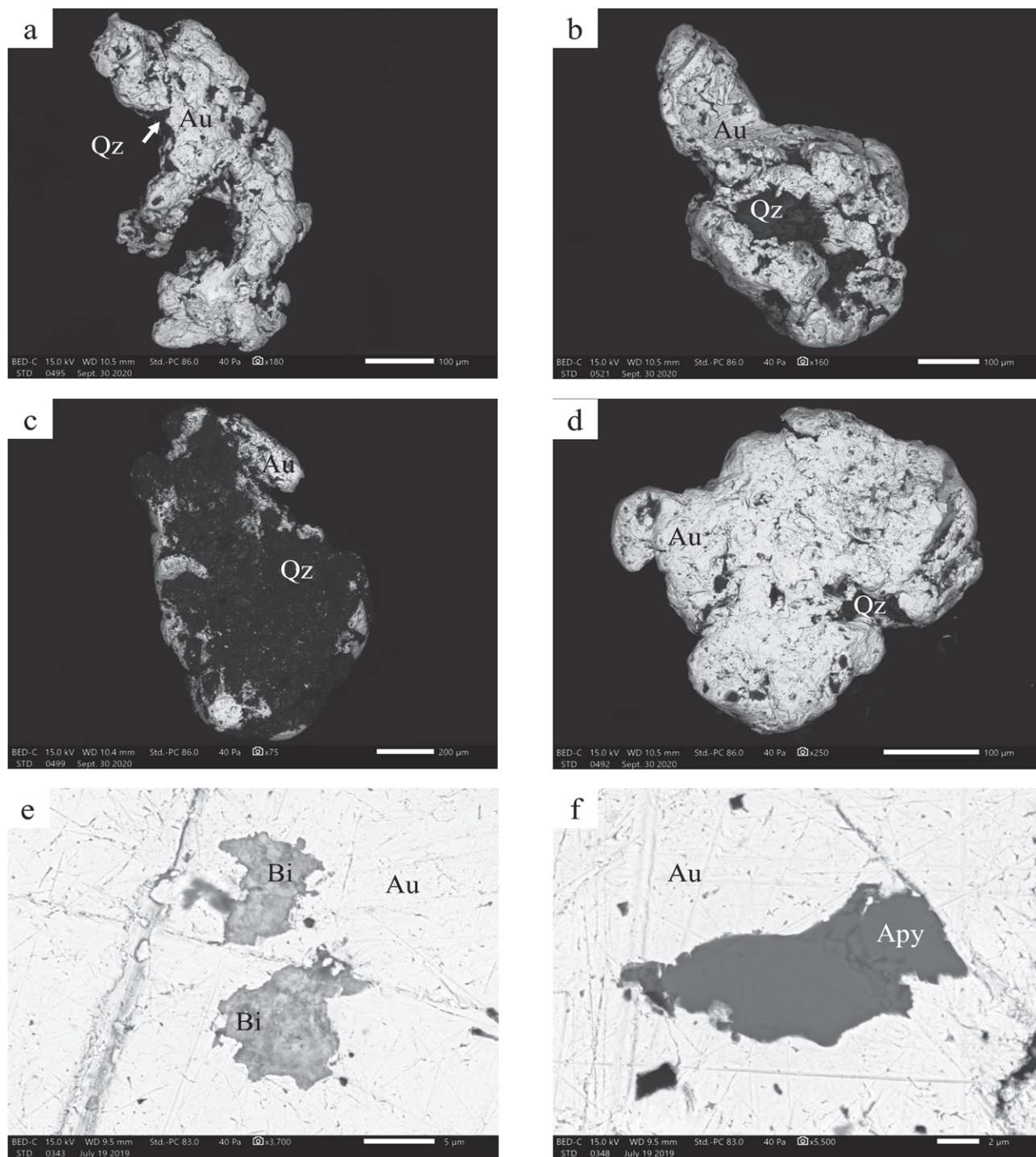
A szemcsék szélén csak nagyon ritkán lehetett ezüstben elszegényedett sávot észlelni. Figyelemre méltó, hogy a 22 darab arany szemcsén végzett 32 darab mérési ponton kapott ezüsttartalom átlaga 5,49%. Csupán egy kiugró értéket lehetett mérni, ez 23,83%-os Ag-tartalmat (elektrum) mutatott. A hisztogramon jól látszik, hogy a leggyakoribb értéktartomány átlaga jó egyezést mutat a mediánal, mely utóbbi 4,66%-os Ag-tartalmat jelent (4. ábra).

A LA-ICP-MS mérések alapján, az EDS-elemzéseket is figyelembe véve az aranytartalom 74–98% közötti, míg az ezüsttartalom 1,47–25,66%, ami némileg kiszélesíti az arany szemcsék összetételi spekt-

rumát az EDS-elemzésekhez képest. A szignálok egy-két esetben mutatnak csak inhomogenitást az ezüst mennyiségében, általában homogének. A vizsgált nyomelemek mennyiségét a IV. táblázat mutatja. Néhány nyomelemnél a szignál erőteljes inhomogenitást mutat, amely egyfelől alátámasztja az arany szemcsék ezüstben való kimerülését néhány peremi helyen, és megerősíti a különféle bizmutfázisok jelenlétét (ólommal, tellúrral vagy ezek nélkül), valamint a termésmizmutból SEM-EDS mérésekkel kimutatott kobalt és nikkel jelenlétét és ezeknek az elemeknek a vas és arzén mennyiségével való korrelációját (5. ábra a–b). Tehát az arany szemcsék termésmizmutot, különböző Pb-Bi-Te fázisokat és Fe-Co-Ni szulfoarzenid zárványokat hordoznak. A Ba jele is inhomogén, többnyire vassal vagy ólommal jelentkezik, ami baritból, esetleg káliföldpátból származhat.

Az arany tartalmú kőzetminták anyagvizsgálati eredményei

A Kelet-Mecsek É-i részén lévő vízfolyások recens szubrecens torlataiban található arany szemcsék előfordulásuk alapján a miocén sziliciklasztitos rétegek lepusztulásából származhatnak. E következtetést az támasztja alá, hogy csak olyan völgyszakaszon volt mosható termésmizmut, ahol az arany szemcsék felhalmozódási helyén és ettől több száz méterre feljebb a patakok mentén (a recens torlatoktól DDNy-ra), egyedül a miocén Szászvári Formáció kőzetei



3. ábra. Recens-subrecens torlatos arany szemcsék pásztázó elektronmikroszkópos képei Mázáról (4–5. mintavételi pontok)

a: szabálytalan alakú, koptatottságot alig mutató, kerekítetlen arany szemcse (Au), kvarc (Qz) zárványokkal; b: alig koptatott, kerekítetlen arany szemcse, kvarc zárványokkal; c: lapos arany szemcse, kvarccal; d: enyhén koptatott, enyhén kerekített arany szemcse, kvarccal; e: arany szemcse csiszolt felülete terméshimut zárvánnyal (Bi); f: arany szemcse csiszolt felülete arsenopirit (Apy) zárvánnyal

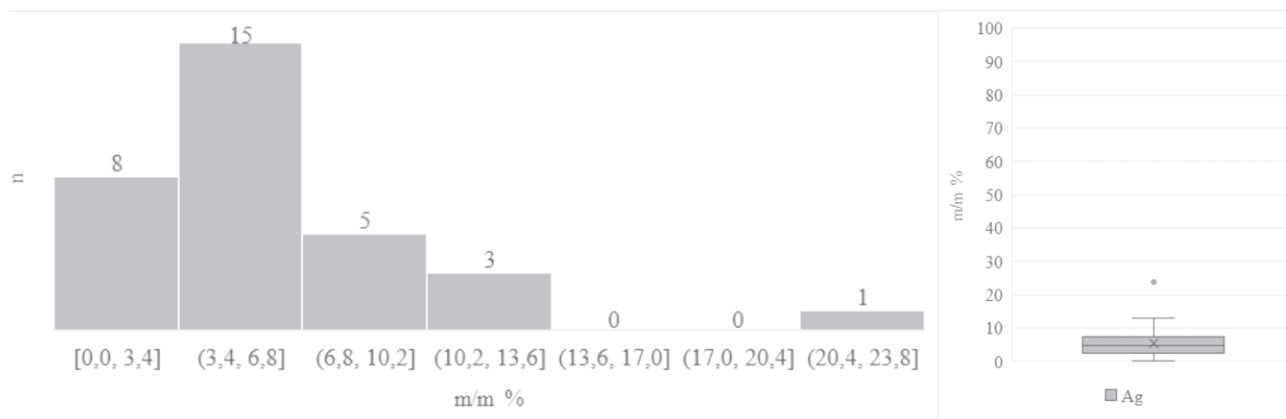
Figure 3. Back-Scattered Electron images (SEM-BSE) of recent-subrecent placer gold grains from Máza (4-5. sampling points)

a: irregular-shaped gold grain (Au) with quartz (Qz); b: irregular-shaped gold grain with quartz; c: flat gold grain with quartz; d: subangular gold grain with quartz; e: bismuth (Bi) inclusion in gold; f: arsenopyrite (Apy) inclusion in gold

→ **III. táblázat.** A meghatározott ásványfázisok a torlatos arany szemcsékből (4–5. mintavételi pontok), érces közettörmelékekből (kvarcit: 4. és 6. mintavételi pontok, deformált mikrogranit: 4. mintavételi pont, gneisz 5. mintavételi pont) (Szászvári F.), valamint a Studervölgyi Gneisz Ófalu melletti feltárásának érces szakaszából (7. mintavételi pont). A teljesség kedvéért a „historikus” nemesfémkutatási helyszíneken végzett vizsgálati eredményeket is közöljük. A táblázatban közölt fázisok azonosítása SEM-EDS-el történt (kivéve a turmalin és allanit ásványokat, melyek meghatározása polarizációs mikroszkóppal történt, a táblázatban ennek rövidítése: p)

→ **Table III.** Identified mineral phases (SEM-EDS) from placer gold (4-5. sampling points), from ore-bearing detrital rock samples (quartzite: 4. and 6. sampling points, deformed microgranite: 4. sampling point, gneiss: 5. sampling point) (Szászvár Formation), and from the ore-bearing gneiss of Ófalu (Studervölgy Gneiss Formation) (7. sampling point)

	Piritfészkek tefrifonoliban és fekete palában Óbánya (1.)	Pirités kalcitér alkáliszaltban Magyareggy (2.)	Pirit alkáliszaltban Kárász (3.)	Termésary- szemcse Máza (4.) Váralja (5.)	Ércsedett, foliált kvartcitörmelek Máza (4.)	Ércsedett, deformált mikrogránit-törmelek Máza (4.)	Pirités gneisz- törmelek Váralja (5.)	Ércsedett, foliált kvartcitörmelek Hidas (6.)	Ércsedett gneisz Ójálu (7.)
Termésary	n.a	n.a	n.a	0,2-3,1 mm	2-30 µm	3-6 µm	n.a	3-12 µm	1-2 µm
Termésaryüst	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	9 µm	n.a
Au-Ag-Pb	n.a	n.a	n.a	n.a	50 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Hessit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1-5 µm
Termésarybismut	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	20 µm	n.a
Au-Ag-Bi-S-Te	n.a	n.a	n.a	n.a	2 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Akantit (+Se, Te, Au)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1-20 µm
Bi-Te-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	5 µm	n.a	n.a	1 µm
Aleksit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	20 µm
Tetradimit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	90 µm	n.a
Joséit-A	n.a	n.a	n.a	n.a	4-40 µm	n.a	n.a	20 µm	n.a
Hedleyit	n.a	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Wittichenit	n.a	n.a	n.a	n.a	7 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Emplektit	n.a	n.a	n.a	n.a	10 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Bi-Pb-Te-Cu-S	n.a	n.a	n.a	n.a	3 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Bi-Pb-Cu-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,5 mm	n.a
Cu-Bi-Te-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1 µm
Bizmutinit	n.a	n.a	n.a	n.a	30-200 µm	10 µm	6 µm	150-200 µm	n.a
Ni-Co-Fe-As-S	n.a	n.a	n.a	20 µm	8-300 µm	n.a	n.a	40 µm	n.a
Arzenopirit	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Gersdorffit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	7 µm	n.a
Pirit	>1 cm	<0,5 cm	>1 cm	8 µm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm
Pb-Se-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	7 µm	n.a
Galenit	n.a	n.a	n.a	n.a	20 µm	5 µm	n.a	20 µm	1-10 µm
Kalkopirit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	100 µm	n.a	8 µm
Bornit	n.a	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
TiO ₂	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	2-30 µm	n.a
Kvarc	n.a	1-5 mm	n.a	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm
Torianit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	3 µm	7 µm	n.a
Uraminit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	16 µm	n.a	8 µm	n.a
Kalcit	n.a	>1 cm	n.a	10 µm	n.a	30 µm	n.a	n.a	>30 µm
Barit	n.a	1-10 µm	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	30 µm	>10 µm
Monacit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	10-40 µm	60 µm	20 µm	10 µm
Xenotim	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	6-20 µm	n.a	n.a	n.a
Fluorapatit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	50 µm	n.a	25 µm - 0,5 mm	10-30 µm
Cirkon	n.a	n.a	n.a	30 µm	n.a	5-20 µm	n.a	20-30 µm	n.a
ThSiO ₄	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	15-20 µm	n.a	n.a	n.a
Allanit (p)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	300 µm
Turmalin (p)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	5-150 µm
Muskovit (szericit)	n.a	n.a	n.a	100 µm	<30 µm	<30 µm	n.a	n.a	>10 µm
Klorit	n.a	n.a	n.a	30-100 µm	n.a	n.a	n.a	>100 µm	>10 µm
Káliföldpát	n.a	n.a	n.a	65 µm	70 µm - 1 mm	>1 mm	>1 mm	250 µm	>1 mm
Albit	n.a	n.a	n.a	50 µm	n.a	60 µm	n.a	n.a	n.a



4. ábra. A torlatos aranszemcsék ezüsttartalmának hisztogramja és dobozdiagramja (n=32) SEM-EDS mérések alapján. A hisztogramon az x-tengely, a dobozdiagramon az y-tengely az ezüst tömegszázalékát jelzi

Figure 4. Histogram and box-plot of silver content of the placer gold grains based on SEM-EDS measurements (n=32)

bukkannak ki (Máza és Váralja térsége). 2019-ben így az összes olyan völgyszakasz átvizsgálása megkezdődött, ahol miocén törmelékes üledékes kőzetek találhatóak. Hidas, Váralja és Máza térségéből sikerült olyan durva kőzettörmelékkel találkozni, melynek anyaga kvarcból áll. Ebben a kőzettípusban szabad szemmel észrevehető pirites sávok, lencsék voltak az alapanyagban. A kvarcittörmelékek és kavicsok palásak. Az egymással közel párhuzamos, kissé hajladozó sávokban pár mm vastagságú pirites kiválások fordulnak elő. Már a terepi gyűjtések során szembetűnő volt, hogy a szabad szemmel nem irányított szövetű, de a palás kvarcitoknál jóval gyakoribb, durvakristályos gránittörmelékéből, gránitpegmatit törmelékéből és nem irányított szövetű kvarckavicsokból szulfidok nem kerültek elő, ahogy terméсарany sem.

Két perspektivikusnak ítélt, és szulfidot, valamint aranyat tartalmazó kőzettípus két különböző völgyből is elő-

került (Hidas, Máza). Az egyik kőzettípus irányított, palás kvarcit (Máza, 4. mintavételi pont és Hidas, 6. mintavételi pont), a másik mikrografikus szövetű, rózsaszínű, deformált mikrogránit (Máza, 4. mintavételi pont).

Ércesedett kvarcittörmelék (Máza, 4. mintavételi pont; Hidas, 6. mintavételi pont)

A világosszürke színű kőzettípus a mázai Cserfa-forrás völgyéből és a hidasi Vadvíz-árok völgyéből került elő (1. ábra). A Mázai területen két ilyen kőzetdarab volt gyűjthető, az egyik 7×6×6 cm-es, sarkoknál nagyon kisfokú koptatottságot mutató, hasáb alakú, palás kvarcittörmelék (6. ábra a), míg a másik szintén alig koptatott, pár cm-es kvarcittörmelék. A hidasi területről három kisebb és sokkal nagyobb fokú koptatottságot mutató kvarcittörmelék került elő.

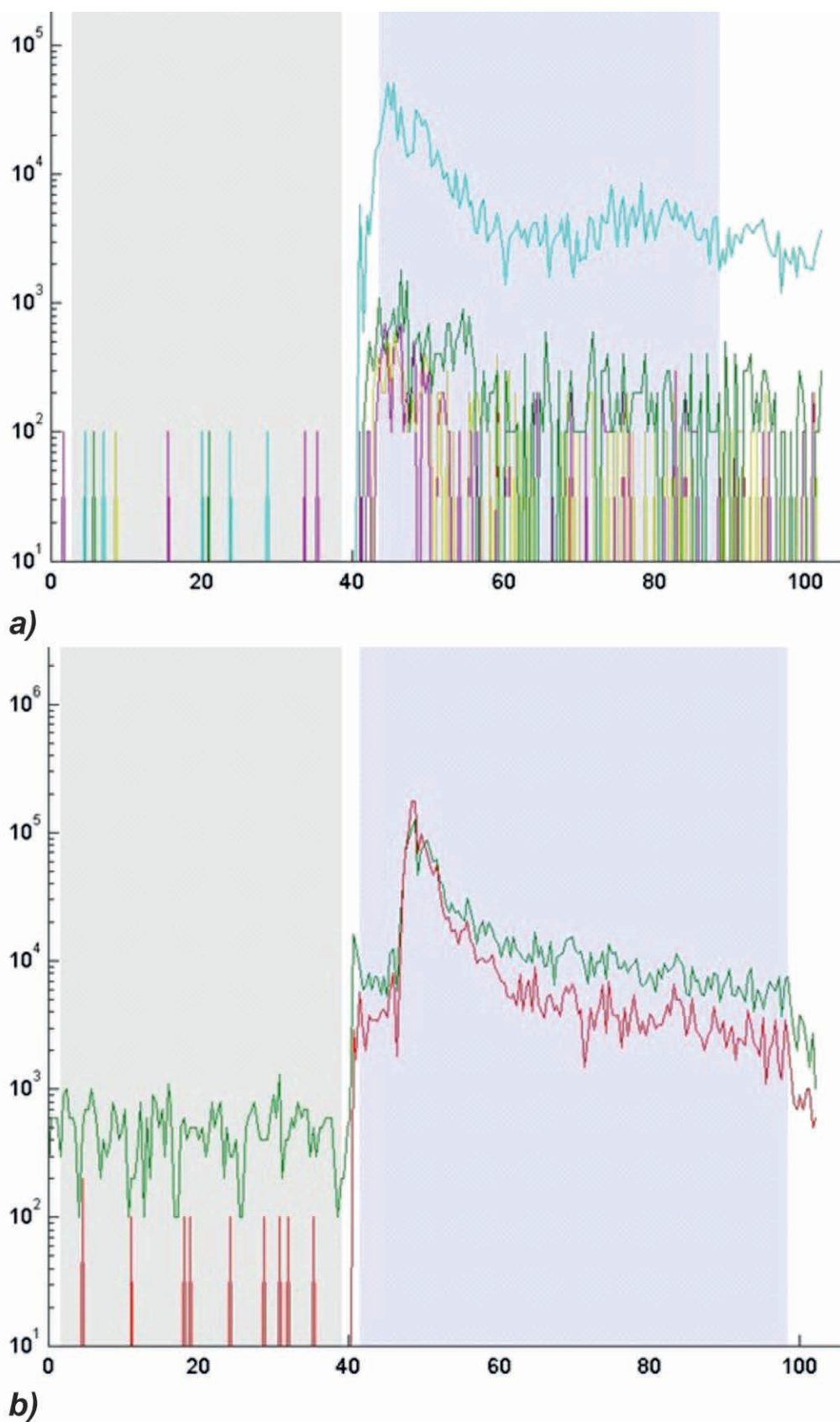
IV. táblázat. A torlatos aranszemcséken végzett lézeralációs ICP-MS-mérések eredményei

Minden szemcsén 5 mérést végeztünk, azok mediánjait tartalmazza a táblázat. Az arany és ezüst tömeg%-ban, míg a többi elem ppm-ben van megadva. A zárványokat próbáltuk elkerülni, de pl. az A2_4 szemcsében többféle zárványt is belemértünk, azonban mindegyik elkülönített fázis a többi szemcsénél több nyomelemet mutatott, különösen bizmutot és ólmot

Table IV. Results of LA-ICP-MS measurements on placer gold grains

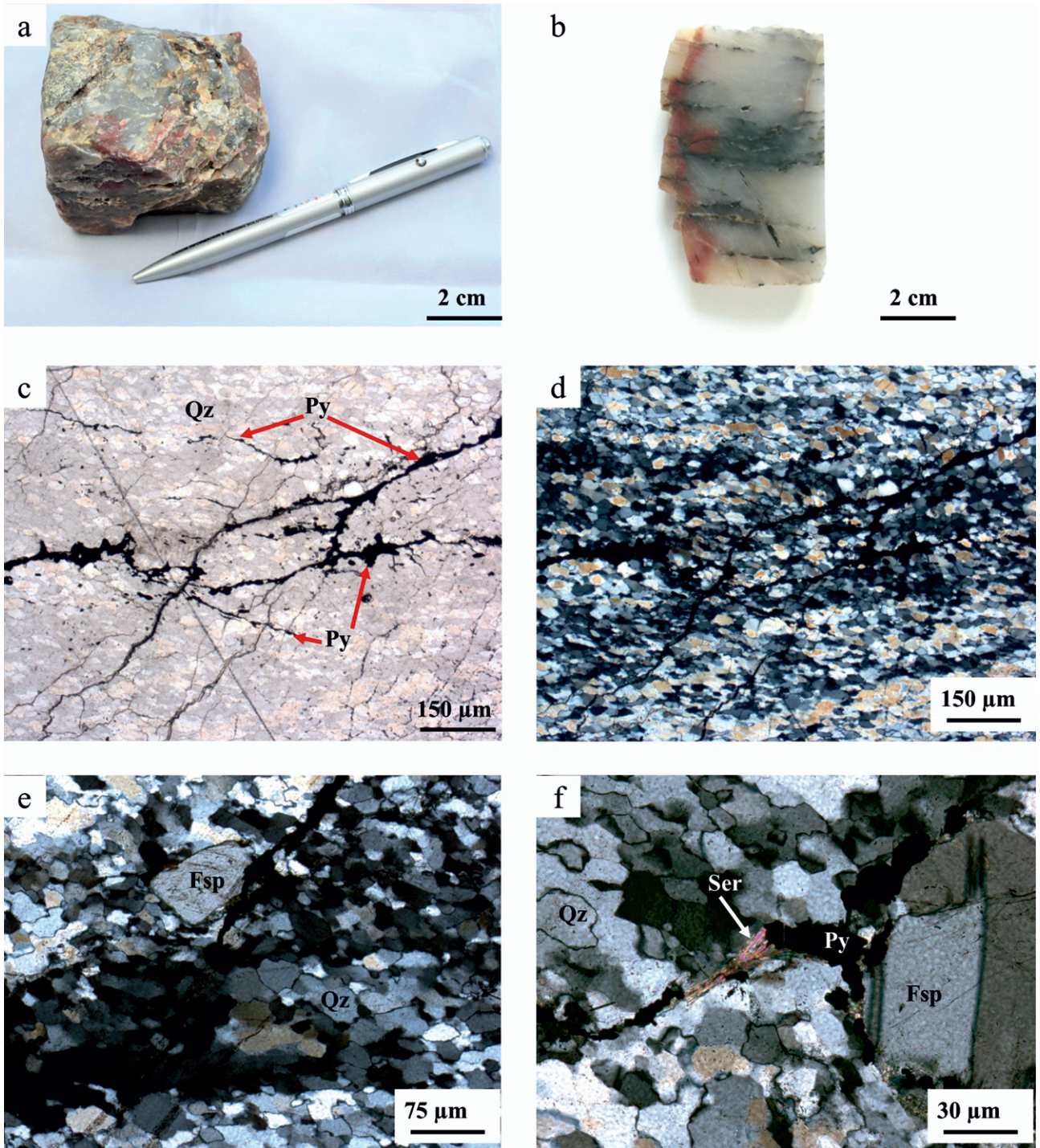
For each grain, 5 measurements were taken, the medians of which are given in the table. Gold and silver are given in % by weight, while the other elements are given in ppm. We tried to avoid inclusions but, for example, in A2_4 we measured several inclusions

	Cr (ppm)	Fe (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Se (ppm)	Ag (wt%)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sb (ppm)	Te (ppm)	Pt (ppm)	Au (wt%)	Pb (ppm)	Bi (ppm)
A1_1	n.d.	37,08	n.d.	0,84	106,10	1,43	0,34	n.d.	10,11	n.d.	0,06	0,03	n.d.	n.d.	90,00	0,15	0,19
A1_2	3,43	1 099,31	0,30	2,39	326,54	28,61	0,89	1,05	13,25	0,18	0,17	0,19	n.d.	n.d.	87,00	1,02	0,39
A1_3	7,77	442,68	n.d.	n.d.	180,66	21,64	n.d.	n.d.	13,13	n.d.	n.d.	0,02	0,46	n.d.	87,00	4,13	0,36
A1_4	3,10	8,20	n.d.	n.d.	97,25	2,01	n.d.	n.d.	4,60	0,16	0,03	0,03	n.d.	0,02	94,50	0,15	0,19
A1_5	n.d.	98,15	0,10	0,36	103,49	9,33	n.d.	0,47	8,72	0,11	n.d.	0,07	n.d.	n.d.	90,50	0,29	0,40
A2_1	n.d.	53,19	n.d.	n.d.	157,15	11,11	0,22	n.d.	8,32	0,34	n.d.	0,66	n.d.	n.d.	92,00	1,43	0,29
A2_2	n.d.	78,55	n.d.	n.d.	48,20	1,69	2,97	n.d.	10,40	n.d.	0,07	0,30	n.d.	n.d.	90,00	0,27	24,87
A2_3	3,68	822,55	0,34	1,75	3,42	4,56	0,51	n.d.	1,47	n.d.	0,07	n.d.	n.d.	n.d.	98,00	1,00	0,04
A2_4	11,25	2 141,45	0,72	2,53	30,74	7,45	1,58	2,32	25,66	0,14	0,10	3,33	1,45	0,03	74,00	255,28	58,54
A2_5	3,50	784,06	0,53	2,32	98,60	7,27	0,38	n.d.	9,40	n.d.	0,12	0,04	n.d.	n.d.	91,00	1,85	0,41
A3_1	n.d.	80,78	n.d.	n.d.	200,87	2,36	n.d.	n.d.	4,76	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	96,00	0,45	0,17
A3_2	n.d.	7,76	n.d.	n.d.	73,50	n.d.	0,58	n.d.	10,91	n.d.	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	89,00	0,11	0,48
A3_3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	168,27	n.d.	n.d.	n.d.	8,39	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	92,00	0,18	1,63
A3_4	4,47	209,27	n.d.	0,21	221,51	n.d.	n.d.	n.d.	4,70	0,15	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	96,00	0,22	0,50
A3_5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	138,70	n.d.	n.d.	n.d.	3,50	n.d.	n.d.	0,08	n.d.	n.d.	97,00	0,06	0,26
A4_1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	653,24	n.d.	n.d.	n.d.	2,75	0,43	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	97,00	n.d.	0,30
A4_2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	142,48	n.d.	n.d.	n.d.	7,01	0,34	n.d.	0,45	n.d.	n.d.	93,00	n.d.	0,07
A4_3	n.d.	n.d.	0,13	0,30	42,72	n.d.	n.d.	n.d.	24,78	n.d.	n.d.	0,27	n.d.	n.d.	75,00	n.d.	0,01
A4_4	n.d.	6,51	n.d.	n.d.	7,10	n.d.	0,21	n.d.	25,16	n.d.	n.d.	0,57	n.d.	n.d.	74,00	0,30	0,02
A4_5	3,51	35,88	n.d.	0,58	46,65	n.d.	0,79	n.d.	1,71	n.d.	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	98,00	0,65	0,25



5. ábra. Két példa a LA-ICP-MS mérések során jellemző inhomogenitásról az aranyzemszekben: a, Fe-As-Co-Ni jele (a görbén felülről lefelé: kékeszöld, Fe; zöld, As; lila, kobalt; sárgászöld, Ni) b, Bi-Pb jele (Bi, piros; Pb, zöld). Az ábrákon az x-tengely az időt jelöli másodpercben, az y-tengely pedig a másodpercenkénti beütésszámot

Figure 5. Two examples of the occurring inhomogeneity in the gold grains based on the LA-ICP-MS measurements a, Fe-As-Co-Ni sign (from top to bottom: Fe, As; Co; Ni) b, Bi-Pb sign (from top to bottom: Bi, Pb)



6. ábra. Ércesedett, foliált kvarcittörmelék és polarizációs mikroszkópi képei Mázáról (4. mintavételi pont)

a: hasáb alakú, koptatottságot nem mutató kvarcittörmelék Au-Ag-Bi-Te érces paragenézissel; b: a bal oldali (a) kvarcittörmelék készült csiszolat, melyen jól látszanak az egymással közel párhuzamosan futó, aranyat és változatos tellurid-fázisokat tartalmazó pirites ércsinórok (a piros szegély valószínűleg a pirít oxidációjából felszabadult vas diszpersz kicsapódását jelzi); c-d: foliációval közel párhuzamos és azt metsző erckitöltés (érc) kvarcittörmelékben (1 és $\times N$); e: hidrotermális alkáli feldspát (Fsp) erckitöltés mentén kvarcittörmelékben ($\times N$); f: sericit (Ser) pirittel (Py) kvarcittörmelékben, alkáli feldspát (Fsp) szomszédságában ($\times N$)

Figure 6. Polarizing microscopic images of ore-bearing, foliated quartzite clast from Máza (4. mintavételi pont)

a: angular quartzite-clast with Au-Ag-Bi-Te paragenesis; b: section from the previous (a) quartzite sample, with parallel-subparallel pyritic veins; c-d: ore filling (érc) in quartzite nearly parallel to and intersecting the foliation (1 and $\times N$); e: hydrothermal alkali feldspar (Fsp) erckitöltés mentén kvarcittörmelékben ($\times N$); f: sericite (Ser) with pyrite (Py) in quartzite, next to alkali feldspar (Fsp) ($\times N$)

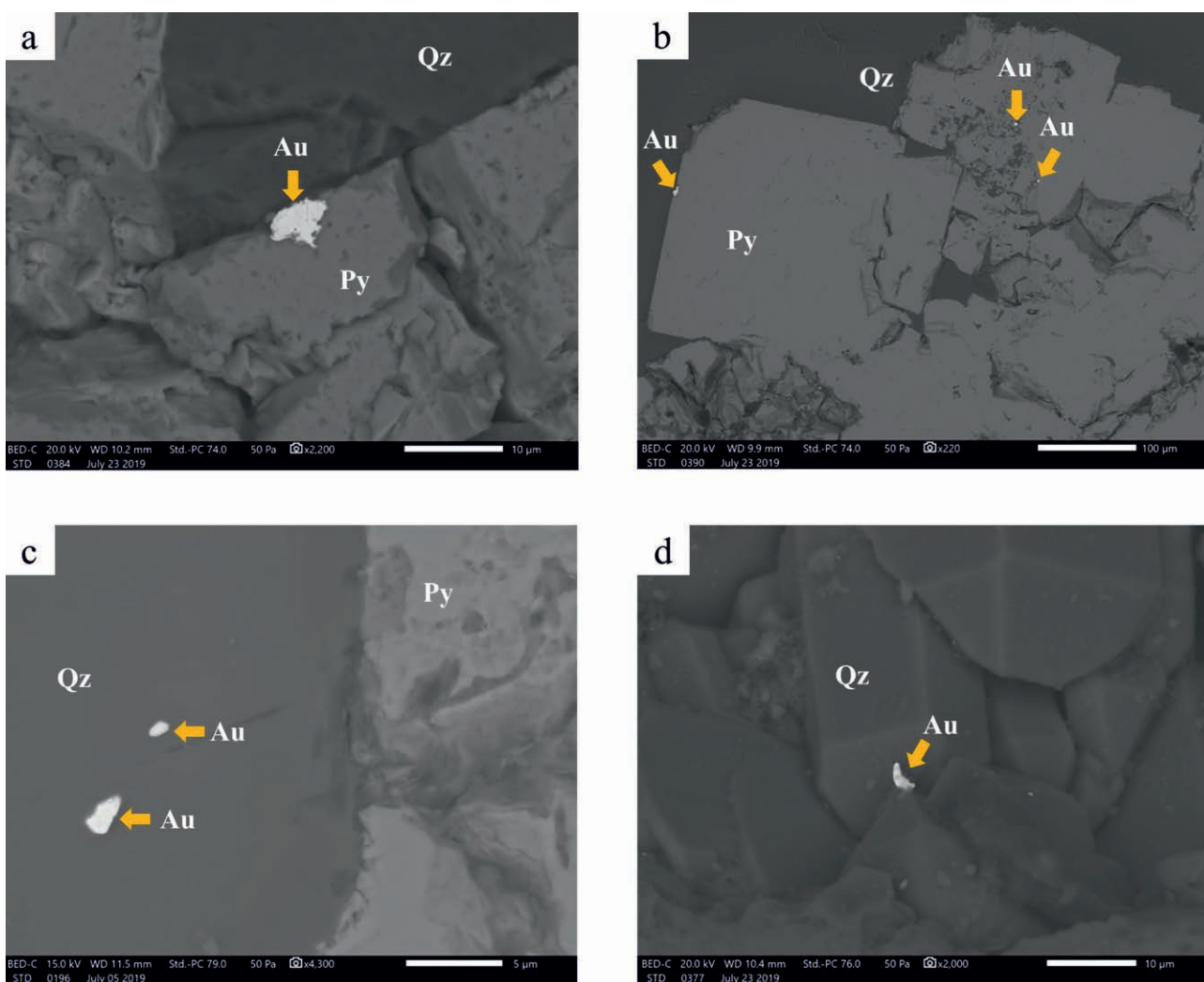
Mindkét területről gyűjtött kvarcittörmelék szabad szemmel is jól láthatóak az egymással közel párhuzamosan, kissé hajladozva, sűrűn futó szulfidtartalmú erezések, melyek pár mm-es vastagságúak (6. ábra b).

Polarizációs mikroszkópban a kvarcittörmelék darabok palásságot mutatnak, melyet dinamikusan átkristályosított, 10–20 μm körüli kvarciszemcsék rajzolnak ki nagyobb lencsékbe rendeződve. A relik, nagyobb kvarciszemcsékben

unduláló kioltás, illetve deformációs lamellák figyelhetőek meg, peremükön alszemcsék képződtek. A dinamikusan átkristályosodott kvarcsejtszemcsék peremei mentén pirit vált ki, melynek halmazai hajladozó vonalban gyakran a palásságot követik (6. ábra c–d). A pirités erek azonban helyenként a palássággal szőget bezárva, azt teljesen keresztülmeteszve is előfordulnak. A pirités erek szericit és hidrotermás káliföldpát (6. ábra e–f), ritkábban albit és a főként Bi-Te-szulfidos ércásványok paragenéziséből állnak. A deformáción átesett, közepesen-erősen kihengerelt kvarcsejtszemcsék által kirajzolt palássággal enyhén szőget bezáró, néhol kataklázosodott erek finomszemű, összetöredezett kvarcsejtszemcséfragmentumokat tartalmaznak.

A kvarcokban az arany 2–30 µm-es szemcsékként fordul elő pirit és káliföldpát szomszédságában (ritkábban káliföldpátban), piritben, kvarc és pirit határán (7. ábra a–c). Az

egyik hidasi minta visszaszórt elektron képén egy kinyíló érben kifejlődött, 40 µm körüli trigonális kvarc romboéderlapjára nőtt 3 µm-es aranysejtszemcsé is megfigyelhető volt (6. ábra d). Az arany átlagos ezüsttartalma 14 különböző szemcsén mérve 13,86%, a medián 8,84% Ag. A hisztogramon jól látszik, hogy a leggyakoribb értéktartomány átlaga jó egyezést mutat a mediánnal (8. ábra). Az elektrum ötvözete ritkán, de előfordul. 50 µm-es szemcséként az elektrumnak ólommal alkotott ötvözete is megjelenik a kvarcokban. Az egyetlen, 9 µm-es termésezüst szemcsé mintegy 90%-os tisztaságú, és 5–5% Cu-t és Fe-at tartalmaz (III. táblázat). A kvarcokban és a benne húzódozó pirités erekben összesen 17 féle különböző szulfid- és telluridfázis volt elkülöníthető a SEM-EDS mérések alapján. A leggyakoribb fázis a pirit, mely több mm-es aggregátumokat is alkot. Gyakoriságban a piritet az arsenopirit (helyenként magas Ni-tartalommal) és

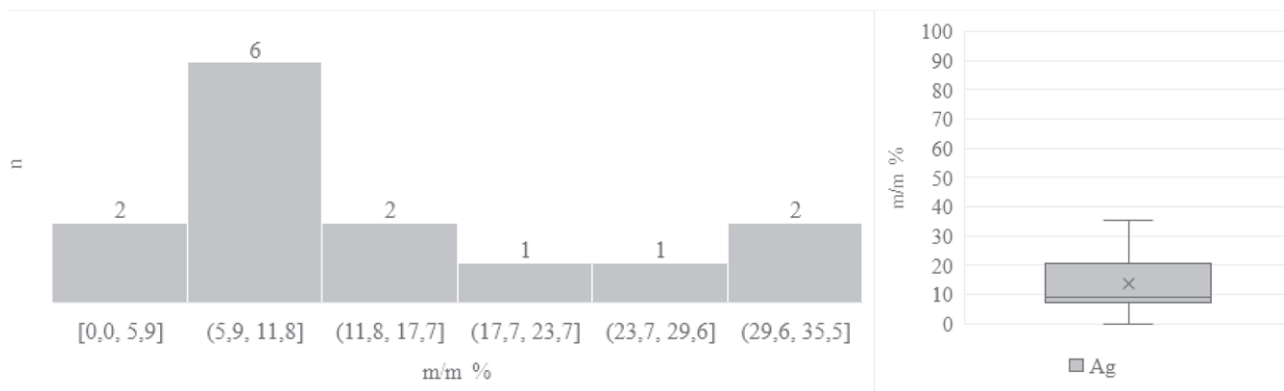


7. ábra. Természaranyat tartalmazó ércesedett, foliált kvarcitzlaszok pásztázó elektronmikroszkópos képei Mázáról (4. mintavételi pont) és Hidasról (6. mintavételi pont)

a: természarany (Au) piritben (Py), kvarc (Qz) szomszédságában Mázáról; b: természaranyzárványok piritben, Mázáról; c: természaranyzárványok kvarcban Mázáról; d: természarany kvarc trigonális romboéderlapján Hidasról

Figure 7. Back-Scattered Electron images (SEM-BSE) of ore-bearing, foliated quartzite clasts containing native gold from Máza (4. mintavételi pont) and from Hidas (6. mintavételi pont)

a: native gold (Au) inclusion in pyrite (Py), next to quartz (Qz) from Máza; b: native gold inclusions in pyrite from Máza; c: native gold inclusions in quartz from Máza; d: native gold on trigonal rhombohedral crystal face of quartz, from Hidas



8. ábra. Az érces közettörmelékben található természetes ezüsttartalmának histogramja és dobozdiagramja (n=14) SEM-EDS mérések alapján. A histogramon az x-tengely, a dobozdiagramon az y-tengely az ezüst tömegszázalékát jelzi

Figure 8. Histogram and box-plot of silver content of the placer gold particles based on SEM-EDS measurements (n=14)

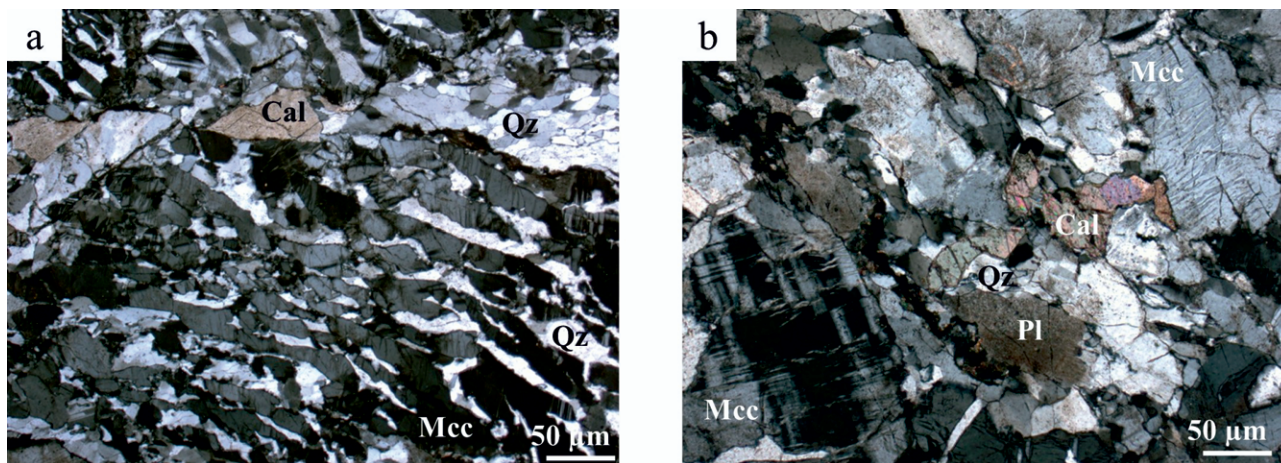
bizmutinit, majd különböző Bi-szulfotelluridok, Bi-Pb-Cu szulfotelluridok, Bi-tellurid követik. Ritkább a gersdorffit, galenit, egy Pb-Se-szulfid, bornit és egy $[(\text{Co}_{1,92}\text{Ni}_{1,92}\text{Fe})\text{As}_{3,47}\text{S}_{5,61}]$ -összetételű szulfid. Az oxidok közül gyakori valamelyik TiO_2 -fázis, az uraninit és torianit. A szilikátok közül a kvarcban mindig jelen van a Th- és U-tartalmú cirkon, az erek mentén pedig a káliföldpát és a szericit (III. táblázat). A nagyobb, 1 mm körüli földpátok általában törtek, az 50–70 μm körüli káliföldpát, mely 1% körüli Na-ot mindig tartalmaz, hipididiomorf, ritkábban idiomorf, az erek mentén gyakori. A klorit és albit alárendeltebb. Foszfátok közül a fluorapatit és monacit jelenik meg. A káliföldpát és apatit néhol összeilleszthető darabokra törött, kataklázosodott, kioltásuk nem unduláló.

Ércesedett, deformált, mikrogránit-törmelék (Máza, 4. mintavételi pont)

A rózsaszínű földpátokból és a közöttük orientáltan elhelyezkedő vékony kvarcsávokból álló közettípus a mázai Cserfa-forrás völgyéből került elő (I. ábra, 4. mintavételi

pont). Szabad szemmel enyhe pirithintés látható benne. Polarizációs mikroszkóppal vizsgálva a kőzet jól láthatóan mikrografikus szövetű (granofír) (9. ábra a). Deformáltságra utal a mikroklin lángpertites megjelenése (9. ábra b), a dinamikus átkristályosodott kvarc, valamint a relikv kvarcszemcsék unduláló kioltása a földpátok között. A földpátok gyakran törtek, egymáshoz képest elcsúsztak.

Plagioklász is megfigyelhető a kőzetben, mely erősen szericitisedett. Szericitisedés megfigyelhető a földpátok repedéseiben is. A kőzetben megjelenik a kalcit is (9. ábra b). Elvértve 30 μm körüli kloritátlak is előfordulnak. A pirit a földpátok repedéskitöltéseként figyelhető meg gyakran szericit kíséretében. Az ércsavány-paragenezis hasonló a palás kvarcit ércparageneziséhez. A természetes 3–6 μm -es szemcséként van jelen a káliföldpát és kvarc szomszédságában piritben (10. ábra a). Ezüsttartalma 0–28% (átlag 11,71% Ag) közötti. Az arany egy esetben 12 μm -es cirkon zárványaként is megfigyelhető volt 1 μm körüli sávokban, ahol pár % K- és Na-tartalom is mérhető volt (10. ábra b). A szulfidok közül a pirit mellett bizmutinit és egy Bi-Te-szulfid volt kimutatható. Az oxidok közül az akár 16 μm körüli uraninit szemcsék ér-

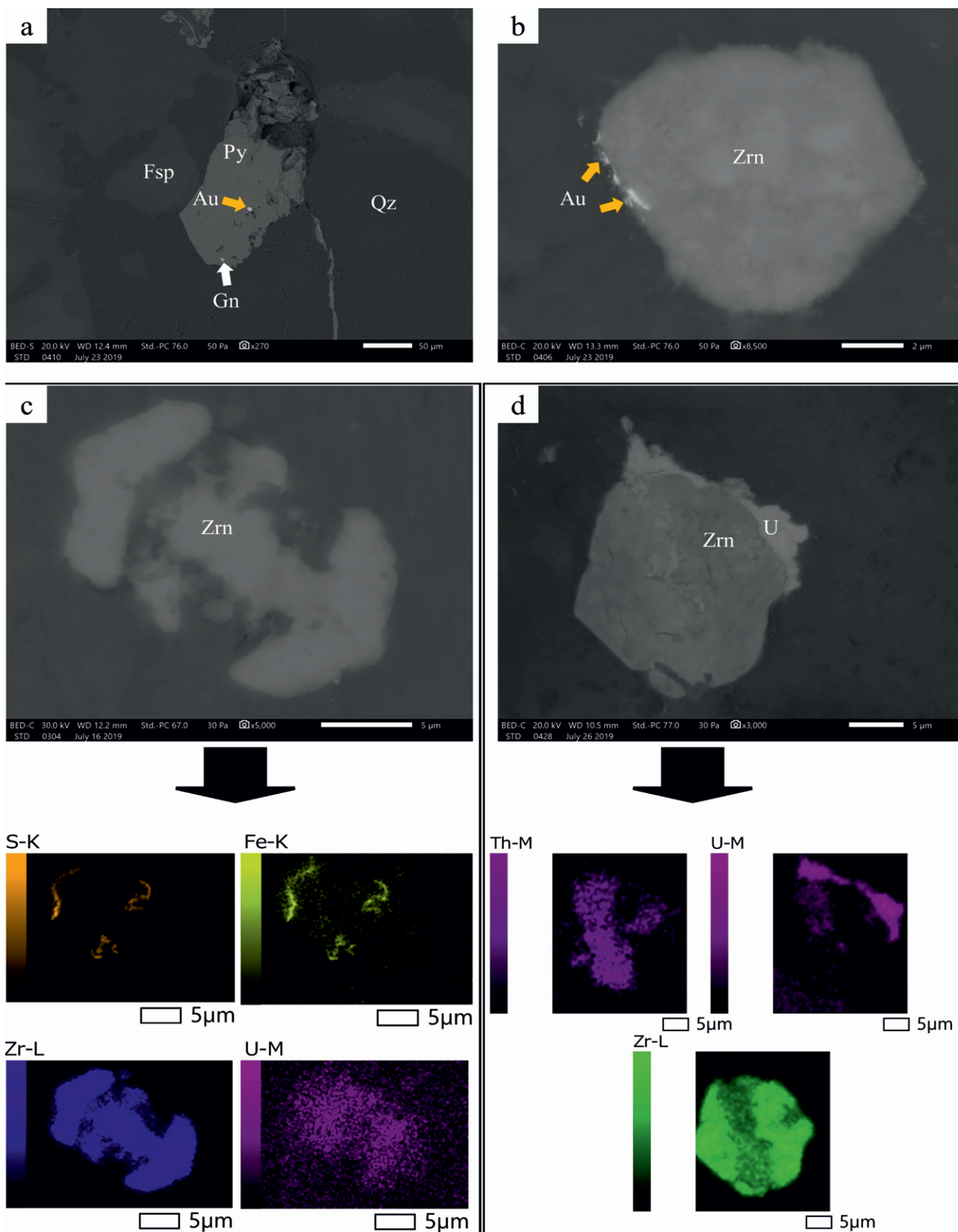


9. ábra. Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelék polarizációs mikroszkópi képei Mázaról (4. mintavételi pont)

a: erősen deformált mikrografikus szövet mikroklin (Mcc) és kvarc (Qz) eutektikus összenövéséből, néhol megjelenő kalcittal (Cal) (xN); b: lángpertites mikroklin (Mcc), plagioklász (Pl), kalcit (Cal) és kvarc (Qz) (xN)

Figure 9. Polarizing microscopic images of ore-bearing, deformed, microgranite clast from Máza (4. sampling point)

a: deformed, micrographic microcline (Mcc) and quartz (Qz) next to calcite (Cal) (xN); b: flame perthitic microcline (Mcc), plagioclase (Pl), calcite (Cal) and quartz (Qz) (xN)



10. ábra. Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelék pásztázó elektronmikroszkópos képei Mázaról (4. mintavételi pont)

a: piritben lévő terméсарany (Au) és galenit (Gn) zárvány; b: a cirkonkristályban (Zrn) és annak peremén kívül terméсарany (Au); c: vázkristályos cirkon (Zrn) vasszulfidos kiválással a bontott zónái mentén (elemtérkép); d: Urángazdag zóna (U) hipidiomorf cirkonkristály (Zrn) körül. Arany (Au); galenit (Gn); káliföldpát (Fsp); pirit (Py); kvarc (Qz); cirkon (Zrn); uránban gazdag epitaxiális továbbnövekedés (U) cirkonkristályon (Zrn)

Figure 10. Back-Scattered Electron images (SEM-BSE) of ore-bearing deformed microgranite clast from Máza (4. sampling point)

a: native gold (Au) and galenite (Gn) in pyrite (Py); b: native gold inclusion (Au) in zircon (Zrn); c: skeletal zircon (Zrn) with iron-sulphidic zones (element map); d: uranium-rich epitaxial zone (U) around subhedral zircon (Zrn)

demelnek figyelmet. A cirkonkristályok általában 5–20 mikrométer körüliek, sok esetben vázkristályosak (10. ábra c) bontott zónáik mentén vas-szulfidos kiválással (10. ábra c). Néhány hipidiomorf cirkonkristályon U-tartalmú epitaxiális továbbnövekedések láthatóak (10. ábra d). A cirkonkristályok mellett egy ThSiO_2 -fázis is jelen van (torit vagy huttonit) a kőzetben. A 40 μm körüli monacit- és xenotimszemcsék szintén nagyon gyakoriak. Gyakori elegyrész a monacittal egyező méretű fluorapatit is (III. táblázat). Itt jegyezzük meg, hogy monacit, torianit, pirit, bizmutinit ásványok kimutathatóak voltak egy szürke színű, foliált gneiszkavicsból is a váraljai Farkas-árokából (1. ábra, 5. mintavételi pont), melynek plagioklász-kristályainak szegélyén alszemcséképződés is megfigyelhető volt.

Ércesedett, milonitos gneisz (Ófalu, 7. mintavételi pont)

A Szászvári Formációból származó, fenti ércesedett kőzettörmelékek erős deformáltsága, és feltehetően milonitosodás során létrejött szöveti bélyegei miatt a Mecsekalja-zóna szálban álló milonitos kőzetfeltárásainak átvizsgálására is sor került. Az Ófalu melletti Aranyos-völgy (Goldgrund) É-i részén, a Goldgrund-pusztai, elhagyott Perczel-villa után pár száz m-re található keleti mellékvölgy után 100 m-re lévő útbévágásban egy kb. 4 m szélességben követhető piritesezett zóna bukkan elő a paleozoós, kloritos, biotitos és milonitosodott Studervölgyi Gneiszből (1. ábra, 7. mintavételi pont). A leginkább pirites szakasz a feltárás É-i részén található kb. 2 m szélességű zóna, mely fehér földpátokat tartalmazó, világos szürkészöld színű milonitosodott, kvarciteres és kvarcitenlencsés gneiszből áll (II. ábra a). A pirit a dinamikusán átkristályosodott kvarc-kloriterek mentén található, melyben megjelenik a kalcit is (II. ábra b–c), illetve a biotitot, kloritot szorítja ki (II. ábra d–e). A pirit, deformáltsága alapján, minimum két fázisban vált ki (pre- és posztkinematikus). A gneisz dinamikusán átkristályosodott kvarcerei jellegükben nagyon hasonlítanak a Szászvári Formációból származó érces kvarcitenminták szöveti mintázatára. A deformáltságot mutató, ófalui kvarciterekben irányított turmalinkristályok helyezkednek el sávosan, c-tengelyükre merőlegesen sok esetben eltörve, ahol a tört kristályok egymástól kissé elvonszolódtak, a palásság síkjába ívesen besimultak (II. ábra e). A turmalin erősen pleokroós (színtelen, kék, zöldesbarna), jellegzetes, ditrigonális bázismetszetei, c-tengelyre merőleges hasadása jól felismerhetővé teszik (II. ábra e). Néhány turmalin kék belső magja körül zöldesbarna külső zóna is látható. Az

ércesedett gneiszből a klorittal együtt előfordul a barna színű allanit is, mely körül jellegzetes pleokroos udvar látható. A feltárás É-i zónájától kb. 2 m-re D-re lévő, hozzátétőlegesen 1 m vastagságú budin szintén jelentős mennyiségű piritet tartalmaz. Ez utóbbi részben a kőzet helyenként mikrobrecsás szövötű. A pirit üde, néhol a kőzetben sávokba rendeződve szórtan helyezkedik el, de eléri az 1 cm-es aggregátméretet is a változó vastagságú kvarciterekben. A kőzet helyenként több cm vastag kvarcitenlencsét is tartalmaz, melyek azonban ércmentesek. E zónától tovább D-re, ércmentes fillonit és fillit található.

SEM-EDS vizsgálatok alapján a kvarcitenben lévő piritben pár μm -es galenit, ritkábban kalkopirit található. A pirit zárványai között ezüst-tellurid fázisként megjelenik az 5 μm körüli hessit, míg ritkábban, 0,5–2 μm -es szemcsékként elektrum ($\sim\text{Au}_{70}\text{Ag}_{30}$) és természetes arany is található a piritben (II. ábra f–g). Jellemzőek még a különféle Bi-Pb-Te-S fázisok a pirit zárvényaiként. A Bi-Pb-Te tömegszázalékos aránya alapján valószínű az aleksit jelenléte is (II. ábra h). Gyakori a Setartalmú akantit, mely a piritben pár μm -széles erek mentén található gyakran barit társaságában. Az akantit néhol tellúr- és aranytartalmú. A piritben nagyon gyakori az apatitzárvány, mely helyenként Th-Ce-tartalmú. A kőzetben viszonylag gyakori elegyrészek a különféle, 10–30 μm körüli Ce-Nd-La-(Th)-tartalmú oxidos fázisok is (III. táblázat).

Diszkusszió

A történeti nemesfémkutatások és az általuk feltárt képződmények értékelése

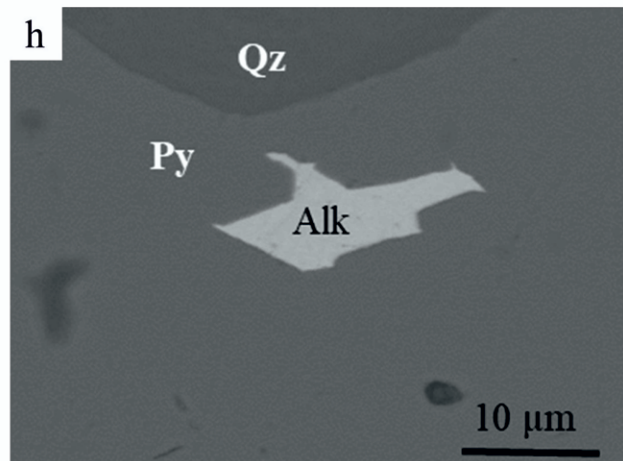
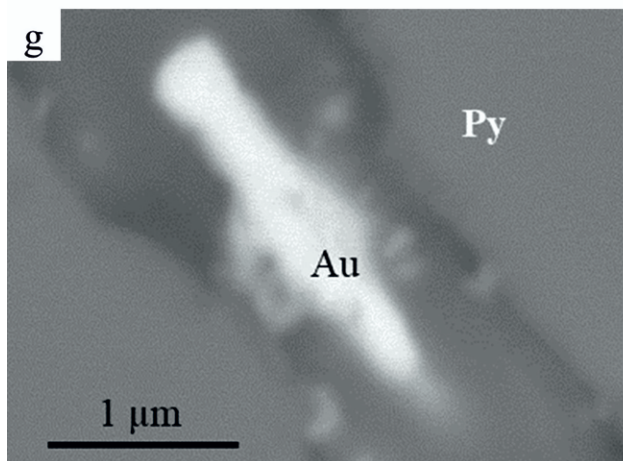
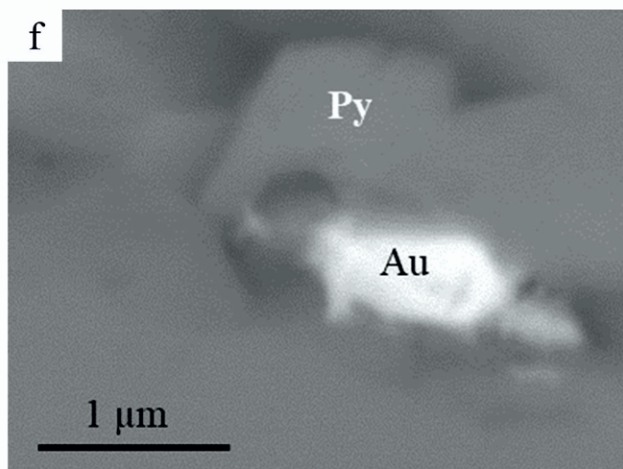
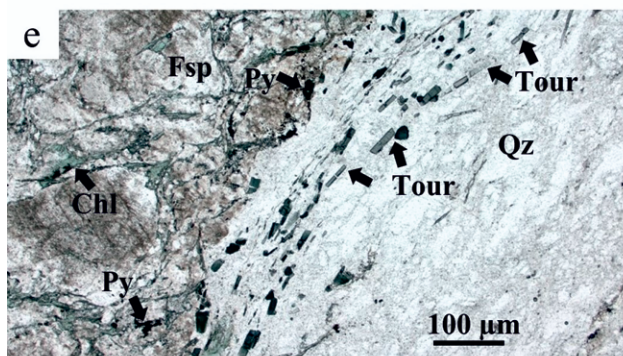
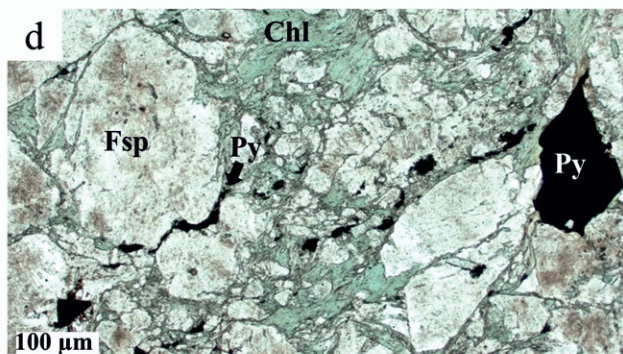
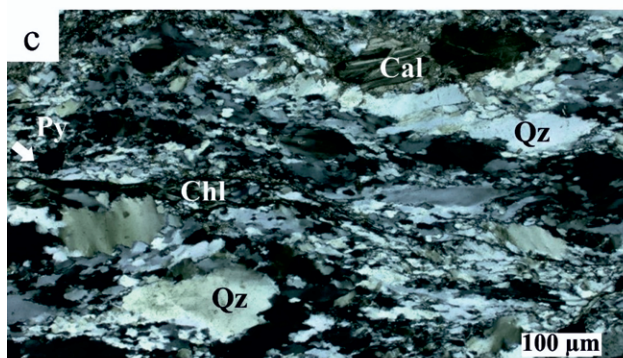
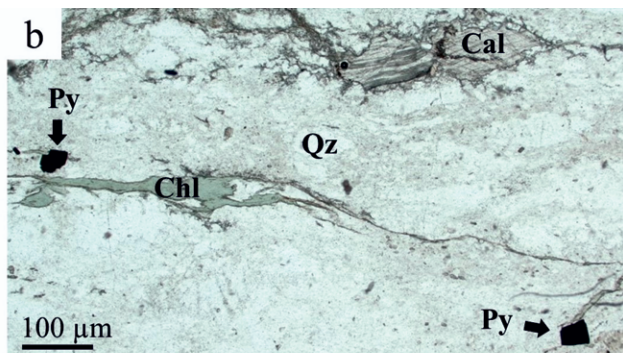
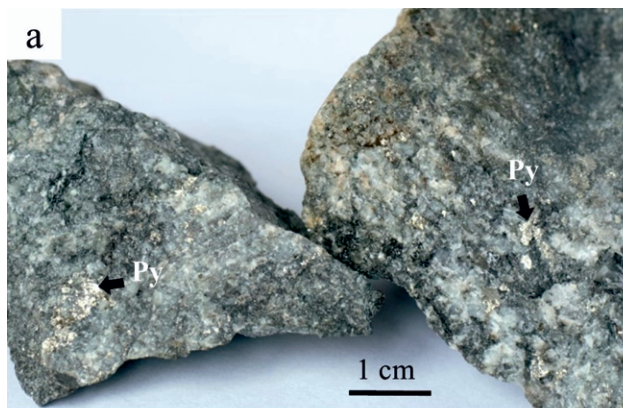
A korabeli, nemesfémekre irányuló bányászati próbálkozások (tárókihajtások) a 17–18. század fordulóján is, majd a 20. század elején is alsó kréta magmás testek és üledékes kőzetek pirites érintkezései mentén történtek a Kelet-Mecsekben. A Réka-völgyi tefrifonolitos teleptelér fekete palával létrejövő érintkezéséhez közeledve jól követhető a mafikus elegyrészek és szemcséközi alapanyag pirittel való kiszorítása, majd a piritnek egyre inkább hólyagüregeket kitöltő megjelenése. Az érintkezéshez közeledve a rohamosan feldúsuló illófázis jelenlétére a piriten kívül kvarccal, klorittal és kalcittal kitöltött több cm-es, helyenként elnyúlt hólyagüregek hirtelen megjelenése utal, valamint a mellékkőzetben létrejövő breccsák, és a breccsát cementáló kalcit, kvarc és pirit. A fekete pala kontaktfolyamatoktól érintetlen részéből vett framboidális pirit $\delta^{34}\text{S}$ értékei (–16,72 és

→ 11. ábra. Ércesedett gneisz (Studervölgyi Gneisz) makroszkópos, polarizációs mikroszkópos, és elektronmikroszkópos képei az ófalui Aranyos-völgyből (Goldgrund), (7. mintavételi pont)

a: pirites gneisz; b: dinamikusán átkristályosodott kvarc (Qz)-ér klorittal (Chl), pirit (Py) és kalcittal (Cal) (1N); c: keresztzett nikolokkal jól látszik a kvarc (Qz) peremén az alszemcséképződés, a nagyobb szemcsék unduláló kioltása (xN); d: a pirit (Py) a földpát (Fsp) szemcsék közötti kloritos (Chl) térben növekszik, kisebb zsinórokat, nagyobb aggregátumokat alkotva, a jellegzetes Au-Ag-Bi-Te zárványfázisokkal (1N); e: a dinamikusán átkristályosodott kvarcitenlencsékben (Qz), erezésekben néhol egymással párhuzamosan futó, turmalinsávok jelennek meg, ahol a turmalinkristályok (Tour) töredezték, a foliáltság síkjába rendeződtek (1N); f, g: természetes (Au) piritben (Py); h: aleksit (Alk) piritben (Py)

→ Figure 11. Macroscopic, polarizing microscope and Scanning Electron Microscope images of the ore-bearing gneiss from the Goldgrund Valley, near the village of Ófalu (7. sampling point)

a: pyritic gneiss; b: dynamically recrystallized quartz (Qz) with chlorite (Chl), pyrite (Py) and calcite (Cal) (1N); c: undulose extinction can be seen in bigger, relict quartz (Qz) grains (xN); d: pyrite (Py) alkali feldspar (Fsp) chlorite (Chl) (1N); e: broken tourmaline (Tour) crystals in dynamically recrystallized quartzite (Qz) lens emplaced parallel with the foliation (1N); f, g: native gold (Au) inclusion in pyrite (Py); h: alexite (Alk) inclusion in pyrite (Py)



–18,01‰) bakteriális szulfátredukciót jelez (HABICHT & CANFIELD 1997). Az alacsonyabb fokú frakcionáció gyorsabb ütemű üledékképződésre és szulfátredukcióra utalhat (GOLDHABER & KAPLAN 1975). Az érintkezéshez közeledve a tefrifonolit mafikus elegyrészeinek pirittel való kiszorítása, a szemcseközi térben és a hólyagüregekben megjelenő pirit képződése a fekete pala üledékes eredetű, framboidális piritjének kontakthatásra létrejött szétesésével és a kénnek a kisebb illónyomású olvadékba migrálásával magyarázható. Ezt a modellt a fonotefrit hólyagüregeiből szeparált pirit $\delta^{34}\text{S}$ értékei (–11,80 and –12,65 ‰) is megerősítik, mely mért értékek csak kis mértékben térnek el a fekete pala üledékes piritjének kénizotóptértékeitől, ami az illófázis képződésekor bekövetkezett frakcionációra utalhat. A tefrifonolit és fekete pala érintkezésén kifejlődött breccsában található pirobitumen a szerves anyag hidrotermás átalakulásának nyomát őrzi.

Hasonló folyamatok mehettek végbe a GROSZ-féle tárók környezetében is, ahol a bazalt áttörte a helyenként pirites titon–berriazi rétegeket. A bazalt és mészkő érintkezése mentén kifejlődött mészkőbreccsa kalcitereiben és az erek mentén itt is megjelenik a pirobitumen, ami a szerves anyag hidrotermás átalakulását jelzi. A bazalttelér kalcitereiből szeparált pirit extrém pozitív $\delta^{34}\text{S}$ értékei (+30,68 és +31,56‰) zárt rendszerű, bakteriális szulfátredukcióra utal (Rayleigh-frakcionáció) (SEAL 2006). A bazaltbenyomulást vélhetően az üledékes kőzetben hidrotermás hatásra széteső piritből (és esetleg szerves anyagból) felszabaduló kén és szintén hidrotermás hatásra, a bazalt elbontott mafikus elegyrészeiből felszabaduló vas reakciója során képződött hidrotermás piritkiválás követte az erekben.

A tárók pirites anyagából sem ércmikroszkóppal, sem pásztázó elektronmikroszkóppal nem lehetett nemesfémeket kimutatni. A pirites indikációk, bár magmás kőzetek kalcitereiben hintve vagy hólyagüregekben találhatóak, nemesfém-dúsulási folyamatok nem jöhettek létre: a kontaktusokon nagyobb mennyiségben megjelenő pirit az ásványtani, szöveti és kénizotóp-vizsgálatok alapján minden esetben üledékes eredetű pirit hidrotermás szétesésének és a mellékkőzetből felszabadult kénnek a kristályosodó olvadékkal és mafikus elegyrészeivel, valamint a magmás kőzet hidrotermás bontásából felszabaduló vassal létrejött reakciójának az eredménye.

Mindezen várható eredmények ellenére egy zavarba ejtő anomáliára fel kell hívni a figyelmet, mely nyomán a kelet-mecseki arany legendája létjogosultságot kap. A trianoni békediktátumot követő évben, amikor GROSZ utoljára kutatót Kárász környékén, az egész ország területén nemesfémekre benyújtott zártkutatómányok (illetékköteles nyersanyagkutatási jog egy adott területre) száma összesen 9457 db volt. Ebből csak a pécsi bányakapitányságra nemesfémekre benyújtott zártkutatómányok száma 8276 db volt (ALLIQUANDER 1931), ami az országos nemesfémkutatási kérelmek több mint 87%-át teszi ki. Ez az érték a békediktátumot követően kieső erdélyi és felvidéki bányák pótlására irányuló, nyilvánvaló nemesfémigényeket is figyelembe véve túl magas ahhoz, hogy csupán spekulációnak minősíthes-

sük, ahogy azt az előbb idézett szerző magyarázta. ALLIQUANDER (1931) megjegyzi ugyanis, hogy 1921-ben elterjedt a hír, hogy Baranya és Tolna területén aranydús torlatokat találtak. A pécsi bányakapitánysághoz nemesfémre benyújtott zártkutatómányok száma 1912–1920 között évente maximum 51 db volt (1918-ban és 1919-ben), de általában ennél kevesebb (uott). Feltételezhető tehát, hogy az elvesztett felvidéki és erdélyi nemesfémlelőhelyek pótlása sarkallta magánkutatások tényleges eredményeket is hozhattak, aminek magyarázata lehet a pécsi bányakapitányságon az előző évekhez és az ország többi bányakapitányságához beadottakhoz képest aránytalanul sok nemesfémekre bejelentett zártkutatómányok száma. Ezek igen magas száma tehát mutatja, hogy néhány megismert aranyelőfordulásról szóló eredmény bekerült a köztudatba, de természetesen ez nem jelenti azt, hogy a Kelet-Mecsekben ilyen nagyszámú aranyelőfordulás létezhet. A másodlagos aranyelőfordulásokra azonban további bizonyítékul szolgálhat VITÁLIS (1935a) jelentése, melyben a nemesfémkutatásokban járatos, Selmezbányán és Körmöcbányán tapasztalatokat szerzett TIMKÓ Gyula bányamérnök által közölt aranytartalmú konglomerátum megtalálásáról számolt be Komló térségében. Azonban TIMKÓ a nagyobb ércvagyon reményében a vastagabb, nyugat-mecseki perm–triász konglomerátum vizsgálatát indítványozta, ami negatív eredményt adott. Összehasonlításként, a MÉRCE Bt. (2000) zárójelentéséből ismert, hogy a perm–triász törmelékes képződményekből 0,005–0,02 ppm arany mérhető (bár jelentősebb ezüstanomáliák mellett), és egyedül a szulfidosodott, uránércesedett növényi maradványok környezetében mértek lokálisan maximum 5,6 ppm-es Au-mennyiséget. A Ny-mecseki vizsgálatokat követő negatív eredmények és a két háború közötti időszakban inkább a vasérc és széntelepek feltárására összpontosító központi figyelem miatt az aranykutatás elhalt.

A lejátszódott földtani folyamatok ismeretének tükrében és az anyagvizsgálati eredmények alapján a Kárász–Magyaregregy és Óbánya környéki pirites kontaktusok nemesfémekre nézve meddőknak bizonyultak. A helyenként nagymértékű piritesedés megtévesztő jellege azonban egészen a XX. századig elkísérte az aranyat és ezüstöt kutatókat. Ugyanakkor ALLIQUANDER (1931) közlésében spekulációnak tartott, torlatos aranyról szóló hírek mégis igaznak bizonyulhattak, amit a zártkutatómányok kérvényezőinek egy része valóban ismerhetett, ahogyan TIMKÓ eredményei (VITÁLIS 1935a) is megerősítik a területen lévő miocén konglomerátumban helyenként feldúsuló aranytartalmat.

A torlatos arany eredete

A Kelet-Mecsek patakjainak (Máza, Cserfa-forrás-völgye; Váralja, Farkas-árok) hordalékában lévő arany szemcsék eredetének felderítéséhez 1) az arany és zárványainak geokémiai vizsgálatára, 2) a patakmeder aranytartalmú törmelékes kőzeteinek felkutatására, ásványtani-geokémiai összehasonlító vizsgálatára, valamint 3) utolsó lépésként a lehetséges aranytartalmú szálkőzet felderítésére és ásványtani-geokémiai összehasonlító vizsgálatára volt szükség.

1) A sok esetben tagolt arany szemcsék enyhe koptatottsága, nagyon kevés kivételtől eltekintve a peremek mentén is állandó ezüsttartalma, valamint szulfidzárványai alapján minimális, mindössze 50–300 m szállítás valószínűsíthető (TOWNLEY et al. 2003). Vagyis az arany anyagközetének szállítódását követő felaprózódása után, a kőzetből való kiszabadulásától kezdve a leülepedéséig max. 300 m-es távolság becsülhető (uott). Az arany finomsága $[Au/(Ag+Au)*1000]$ a 22 szemcse 32 mérési pontján végzett EDS-mérések alapján: 761–1000. Az átlag 945, a medián pedig 953. Ez a szűk tartomány magas aranytartalommal az orogén aranytelepekre jellemző, melyeknél az arany finomsága általában 800–1000 közötti, az átlaga pedig 940 (MORRISON et al. 1991, CHAPMAN & MORTENSEN 2006). Az arany zárványainak elemzése során termésmizmut, pirit, arzenopirit, egy Ni-Co-Fe-As-S fázis és szilikát (klorit, kálföldpát, albit, szericit, cirkon) volt azonosítható, de a kvarc a legtöbb arany szemcsében nagy mennyiségű és méretű primer elegyrész, ezenkívül gyakori a kalcit is. Az orogén aranyércesedések domináns szulfid fázisai szintén az arzenopirit és pirit, valamint igen jellemzőek a különféle bizmut- és tellúrtartalmú fázisok is (GOLDFARB et al. 2005), mely szintén megerősíti a torlatos arany orogén eredetét. Az arany szemcsék morfológiája, ezüsttartalma és eloszlása, valamint az azonos zárványparagenezis azonos forrásra utal. Ezenkívül az arany szemcsék LA-ICP-MS elemzésekor kimutatott Bi, Pb, és a Ni, Co, As és Fe jelének együttmozgása alátámasztja az arany szemcsékből SEM-EDS módszerrel meghatározott Co-Ni-As-S fázisok jelenlétét, másrészt a Bi határozott jelenlétét, ami természetben lévő bizmutból és más szulfid (esetleg tellurid) zárványokból származhat (5. ábra a–b).

2) A Szászvári Formációból származó, aranyat tartalmazó kőzettörmelékek közös tulajdonsága az erősen foliált, irányított és nyírásra utaló szerkezet. Mindegyik mintában gyakori elem a bizmut, mely szulfid, szulfotellurid és tellurid fázisban van jelen. A mázai kvarcittminták tellúrban gazdag paragenezissel rendelkeznek, míg a hidasi kvarcit tellúrásványokban némileg szegényebb, de tartalmaz gersdorffitot és a torlatos aranyban zárványként előforduló Co-Ni-Fe-As-S-ásvány elemarányaival nagyfokú hasonlóságot mutató fázist, valamint termésmizmutot is. Mindkét lelőhely kvarcittjában nagyon gyakori elegyrész a kálföldpát. A cirkon, klorit, fluorapatit, uraninit és torianit a hidasi mintákra jellemző, míg a muszkovit (szericit) gazdagság a mázaiakra. Az aranytartalmú, deformált mikrogránit-törmelékben mindig jelen van a bizmutinit, esetenként a Bi-szulfotellurid. A mázai, deformált mikrogránittörmelék-mintában az arany a cirkon zárványaként is megjelenik, valamint jellemző elegyrészüket a monacit, xenotim, uraninit, és különböző Th-ásványok. A paragenezis alapján megállapítható, hogy mind az érces, foliált kvarcittörmelékben, mind az érces, deformált, mikrogránit-törmelékben lévő hidrotermális ásványparagenezis genetikai rokonságban lehet egymással. A torlatos arany szemcsék és az ércesedett kőzettörmelékek paragenezise szintén egyező genetikai kapcsolatra utal.

3) Az ércesedett kőzettörmelékek és kavicsok erősen fo-

liált, valószínűleg milonitos szerkezetre utaló bélyegei alapján indult meg a Mecsekalja-zóna szállban álló képződményeinek vizsgálata. A feltárások jó része Ófalu környékén található, ahol a közelmúltban intenzív földtani kutatás zajlott (BALLA & GYALOG 2009). Ennek ellenére a Goldgrund-völgy milonitosodott ortogneiszében (M. TÓTH et al. 2005) egy olyan helyenként intenzíven piritesedett, néhol mikrobrecsás zóna előfordulását azonosítottuk, melyből természetes, ezüst-tellurid, arany- és szeléntartalmú ezüst-szulfid, Bi-, Pb-, Cu-szulfotelluridok, galenit és kalkopirit volt kimutatható. Az ércesedett zóna és az Ag-, Pb-, Bi-, (Cu)-tartalmú szulfidos paragenezis jelentőségét szintén alátámasztja CSALAGOVITS et al. (1976) korábbi geokémiai felmérése, mely a legnagyobb, talajban mért Ag-indikációt az ófalui „szegélytörés” mentén, annak csapásában, a Mecsekalja-zónában észlelte.

*Egy feltáratlan érchordozó szerkezet:
a Mecsekalja-zóna, mely hazánk
első orogén aranytelepét rejteti*

A Mecsekalja-zóna egy olyan ércesedett tektonikus zóna, melynek Au, Ag, Bi, Te, Pb, (Co, Ni) (valamint U, Th és RFF) potenciálja a jelen kezdeti kutatási adatok alapján helyenként akár jelentős is lehet, amit a Kelet-Mecsek (recens-szubrecens) torlatos aranyelőfordulásai megerősítenek. Ez a zóna egy olyan átlagosan másfél km széles, Szigetvár és Tolna közt kb. 90 km-es hosszúságban nyomon követhető tektonikus öv, mely a perm óta aktív oldalelmozdulásokkal jellemezhető (BALLA & GYALOG 2009). A Mecsekalja-zóna kőzeteinek nyírásos deformációjával keletkezett milonit egy részének protolitja a cirkon morfológiai vizsgálatok alapján nagy valószínűség szerint kéregeredetű, S-típusú, peralumíniumos monzogranit-granodiorit (ortogneisz) lehetett (M. TÓTH et al. 2005). A cirkonmorfológiai vizsgálatok és az akcesszórius fázisok alapján azonban a kiindulási kőzet nem azonosítható az I-I/S-típusú, metalumíniumos Mórággyi Gránittal, viszont az alföldi ortogneisszel M. TÓTH et al. (2005) szerint feltűnő a hasonlóság. POGÁCSÁS et al. (1989) alapján a Mecsekalja-zóna keleti irányban geofizikai módszerekkel egészen a Kőrösökig követhető, és egybeesik az említett ortogneisz zóna vonalával. M. TÓTH et al. (2005) az eddigi alapján az ófalui gránit milonitban (milonitos ortogneisz) az alföldi (Békési-medence északi részén lévő) monzogranit-granodiorit eredetű ortogneisz zóna DNy-i folytatását valószínűsítik.

A Mecsekalja-zóna kőzeteinek milonitosodása a felső zöldpalafaciesben (350–550 °C) ment végbe (KIRÁLY & KORONAI 2004), 4–6 kbar nyomáson (ÁRKAI & NAGY 1994, LELKES-FELVÁRI et al. 2000). A milonitosodás kora 270–303 millió éves intervallum közé tehető (LELKES-FELVÁRI et al. 2000). Az aranytartalmú, deformált mikrogránit kőzettörmelékben lévő lángpirtites mikroklin (Máza) megjelenése szintén zöldpala-faciesű metamorfózisra utal, melynek különösen képlekeny nyírás zónákban gyakori a megjelenése (PASSCHIER 1982). GROVES (1993) megállapításai alapján a zöldpala-faciesű metamorfózistól a granulit-faciesű meta-

morfózisig, a metamorfózissal egyidejűleg, a nyíró- és törészónák mentén felfelé ható fluidumvándorlás kezdődik, melynek oldott fémtartalma jelentős. A hidrotermás működés zöldpala-fáciesű metamorfózis esetén ~3–15 km közötti mélységben jellemző (uott). GOLDFARB et al. (2005) szerint minden jelentősebb orogén aranytelep akkréciós és kollíziós övek zöldpala-fáciesű metamorfózist szenvedett területein található, ahol a telepek többsége elsőrendű, mélyre hatoló törések és nyírózónák mentén alakult ki minimum 4 km-es mélységben. Ezek a zónák akár több száz km hosszúságúak lehetnek, és néhány száz métertől több km-es szélességig terjednek. BIERLEIN et al. (2004) alapján a meredek feltolódási zónákban később fellépő oldalelmozdulás a legkedvezőbb a nagy mennyiségű fluidumáramlásnak, mely az aranyércesedés kialakulásához vezethet. Ez a megállapítás annak ismeretében válhat fontossá, hogy a Mecsekalja-zóna metamorf kőzeteiben található, nyírási jelző porfiroklasztnak vizsgálata alapján a zónában mind feltolódás, mind oldalelmozdulás is zajlott (BALLA & GYALOG 2009). A Mecsekalja-zóna metamorfitjait északról határoló Mórággyi Metagránit ismeretében szintén figyelemre méltó, hogy GROVES et al. (2000) alapján az eltérő kompetenciájú kőzetek határán, pl. granitoidok szegélyén jelentős fluidummigráció léphet fel a metamorf összletben. Sőt, GOLDFARB et al. (2005) szerint a világon kevés olyan jelentős orogén aranytelep van, ahol a metamorfösszlet szomszédságában magmás intrúzió ne volna, mely a fémmakkumulációs rendszer bonyolultságát is szemlélteti egyben. Az aranytartalmú fluidumok eredetét tekintve egyelőre nincsenek vizsgálati eredményeink, de orogén aranytelepek esetében a nagy mennyiségű fluidummigrációt – általában szubdukálódott, serpentinisedett óceáni lemez fölött elhelyezkedő – pelites (sokszor aranytartalmú piritet tartalmazó), esetleg bazaltos protolitok metamorfózisához kötik (GROVES & SANTOSH 2016, GABOURY 2019).

A kutatási terület kőzeteinek vizsgálata során az aranytartalmú fluidumokkal kapcsolatos összefüggésekre a következő petrogenetikai indikátorok is rávilágítanak. A Szászvári Formáció ércesedett és deformált mikrogránit-törmelékében megfigyelt vázkristályos, esetenként hipidiomorfnak, U-tartalmú epitaxiális továbbnövekedéseket (10. ábra d), vasszulfidos kiválást (10. ábra c) valamint aranyat(!) tartalmazó (10. ábra b) cirkonkristályai („hidrotermális cirkon”) intenzív fluidumáramlásra, a cirkon hidrotermális fluidumok általi bontására és újrakristályosodásra utal (pl. PARK et al. 2016). Az orogén aranyelőfordulásokat vizsgálva figyelemre méltó, hogy az alkáli turmalin mint petrogenetikai indexásványcsoport, az orogén aranytelepek kvarc, kvarc-karbonát ereiben nagyon gyakran jelenik meg, közel drávitos összetétellel (MOLNÁR et al. 2016, SCIUBA et al. 2020). GOLDFARB et al. (2005) szerint a turmalin megelőzheti az arany kiválását, és csak ritkán utólagos a megjelenése, de minden esetben az aranytartalmú kvarcerek részét képezi, melyekben a leggyakoribb szulfidfázisok a pirit és arzenopirit, valamint a különféle Bi-Te-ásványok főként szulid, szulfoarzenid és tellurid formájában. MOLNÁR et al. (2016), BEAUDOIN & PITRE (2016), VASILOPOULOS et al.

(2021) és számos más szerző alapján a turmalin megjelenése az orogén aranytelepekben rendszerint egyidős az arany képződésével. Az Ófalunál kibukkanó Studervögyi Gneisz érces kvarcitjában előforduló turmalin töredezettsége és a palásság síkjába ívesen besimuló turmalinfragmentumok alapján feltételezhető, hogy a turmalinosodás is a milonitosodáshoz kötődően, a kvarc dinamikus átkristályosodását megelőzően vagy annak során jöhetett létre. Megfigyeléseink alapján turmalinosodás az aranyércesedett zónákban jellemző.

Az ércesedett metamorfitek lepusztulása, torlatképződés

A miocén szávai fázisában létrejött KÉK–NyDNy-irányú vetődések D-ről É-felé lejtő, lépcsős pászttakat hoztak létre közel 800–1000 m-es szintkülönbséggel a Kelet-Mecsek É-i előterében, így nagy vastagságú, törmelékes összlet rakódott le a Magyaregregy–Hidas közötti területen (HÁMOR 1970). A kisebb elvetési távolsággal jellemezhető, ÉÉNy–DDK-i irányú harántvetőknek a délről érkező fő szállító folyók medrének preformálásában volt meghatározó szerepe (uott). A több száz méter vastag szárazföldi üledékes összlet a K-i Mecsek központi mezozoos tömegének É-i peremén kialakult mélyedésben akkumulálódott (RAVASZNÉ BARANYAI 1973). A gyors üledékképződésre a szemcsék igen gyenge osztályozottsága és a törmelék méret és anyag szerinti megoszlásának időben és térben észlelhető nagyfokú változékonysága utal (uott). Az ércesedett és dinamikus átkristályosodott kvarcit D-i irányból érkező szállítással a miocénben legkiemeltebb helyzetű paleozoos kristályos képződményekből (HÁMOR 1970), vagyis metamorfitek esetében jelenlegi ismereteink szerint csak a Mecsekalja-zónából (LELKES-FELVÁRI et al. 2000, JÓZSA et al. 2009) származhat. A helyenként mikrofotikus szövetű, ércesedett és deformált mikrogránit törmelék pedig a szintén zöldpala-fáciesű metamorfózist szenvedett Mórággyi Metagránit Formáció kőzeteinek a Mecsekalja-zónával határos elterjedési területéről származhat. A Mórággyi Metagránit Formáció kőzeteiből KIRÁLY és KOROKNAI (2004) szintén leírtak milonitos öveket, melyek csapásiránya megegyezik a Mecsekalja-zóna ÉK–DNy-i irányú csapásával. A Mecsekalja-zóna ércesedett, metamorf kőzeteinek lepusztulási modelljét erősíti az a megállapítás is, miszerint a milonitos, erősen foliált és kvarctartalmú közettörmelékek előfordulási maximuma a Szászvári Formáció kavicsanyagában (Kelet-Mecsek középső sávja, JÓZSA et al. 2009) egyezik a torlatos aranyat tartalmazó kelet-mecseki völgyszakaszokkal, amit megfigyeléseink is alátámasztanak. A folyóvízi áthalmozással a metamorf zónából származó kőzetek durva sziliciklasztnak üledékként akkumulálódtak (Szászvári Formáció). Az időszakosan erőteljes esőzések egykori megjelenésére RAVASZNÉ BARANYAI (1973) szintén felhívta a figyelmet. Ez pedig kedvező lehetett a felsőszakasz jellegű folyók hordalékában az aprózódás következtében felszabaduló arany-

szemcsék hirtelen lerakódásához. Az arany ezután a Szászvári Formáció kőzeteinek felszínre kerülésével a szubrecens-recens torlatokban is megjelenik. A paleo-torlatok előfordulásait tekintve egyelőre nincsenek bizonyítékaink, feltárásuk további kutatásokat tesz szükségessé.

Következtetések

1) A Kelet-Mecsekben, az alsó kréta magmás kőzeteknek üledékes kőzetekkel való érintkezési mentén megjelenő pirites indikációkat már évszázadokkal korábban kutatták mint lehetséges nemesfémlelőhelyeket. A jelenlegi kutatásaink során elvégzett vizsgálatok alapján a pirites előfordulások nem tartalmaznak nemesfémeket.

2) Az ALLIQUANDER (1931) által spekulációnak tartott hír, miszerint 1921-ben aranydús torlatokat találtak Baranya és Tolna területén, igaznak bizonyult. Ezt a VITÁLIS (1935a) által közölt, a komlóvi vízkutató fúrás során a miocén konglomerátumban talált arany, valamint az azóta megismert recens-szubrecens torlatokból mosott arany vizsgálati eredményei is megerősítik. A vízkutató fúrás konglomerátumjából kimutatott arany ezen kívül az arannak nem csak recens, hanem paleo-torlatos előfordulását is valószínűsítheti. Szintén jelentősége van annak, hogy KÖRPÁS et al. (1999) a mánfai terület főleg sziliciklasztos (Budafai Formáció) kőzeteinek lepusztulásából képződött patakordalék mintázása során 1,27 ppm aranyat mutatott ki, ami az arany áthalmozódására és további paleo-torlatok (tengerparti, delta) előfordulására utalhat.

3) A Kelet-Mecsekben található recens-szubrecens, aranytartalmú torlatok miocén folyóvízi eredetű, törmelkes üledékes kőzetekből (Szászvári Formáció) kimosódott szemcsék gyors akkumulációjával jöttek létre. Az arany állandó ezüsttartalma, az enyhe koptatottság, a kerekítettség hiánya vagy az igen kis fokú kerekítettség, valamint a szulfidzárványok alapján mintegy 50–300 m-es szállítási útvonal feltételezhető (TOWNLEY et al. 2003) az anyakőzetből való felszabadulás, a miocénben történt hirtelen lerakódás és a recens patakok általi, szintén igen rövid távú újraülepítés között. Az arany finomságának átlaga 945, ami az orogén aranytelepekkel rokonítható. Szintén az orogén aranytelepek jellemzőit mutatja az aranszemcsék zárványaként megőrzött ércásvány-asszociáció. Az aranszemcsék azonos összetételi sajátosságai és hasonló morfológiai bélyegei azonos forrásra utalnak.

4) Az ércesedett, milonitosodott(?) kvarcit- és szintén ércesedett, milonitosodott(?) mikrogranit kőzettörmelékek D-i irányból érkező szállítással (HÁMOR 1970), a miocénben kiemelt helyzetű Mecsekalja-zónából és közvetlen környezetéből származhatnak (hozzávetőlegesen a Martonfa és Erdősmecke közötti területről). A Mecsekalja-zónából folyóvízi áthalmozással származó kőzetek durva sziliciklasztos üledékként akkumulálódtak (Szászvári Formáció). Az aprózódás következtében felszabaduló arany szinte azonnal

leülepedett a folyóágyban, majd a Szászvári Formáció felszínre kerülésével a szubrecens torlatokban is megjelenik. Miocén korú paleo-torlatok előfordulása a területen tehát valószínűsíthető.

5) A Mecsekalja-zónában nagy tömegben előforduló, ércesedett, Au-Ag-Bi-Te fázisokat tartalmazó, milonitosodott gneisz (Studervölgyi Gneisz, Ófalu) és a hasonló ércparagenezisű és erős deformáltságot mutató (Szászvári Formációból származó) kőzettörmelékek, valamint a torlatos arany zárványainak nagyfokú egyezése arra utal, hogy a torlatos arany primer forrása a Mecsekalja-zóna mentén található, (felső) zöldpala-fáciesű átalakulást szenvedett kőzetek voltak. A modellt a miocén folyók lehordási területének ismert kőzettípusai és szállítási útvonala (HÁMOR 1970) is megerősíti. A Mecsekalja-zóna kőzeteinek variszkuszi, (felső) zöldpala-fáciesű metamorfózisa, az ércindikáció nyírési zónához való kapcsolódása, a primer ércesedés ásványtani, szöveti és geokémiai jellemzői együttesen egy orogén aranyércesedés jellemzőit mutatják.

A további vizsgálatok a felszíni feltárások ércesedett anyagából és a Mecsekalja-zónát harántoló, még meglévő mélyfúrási anyagokból vett szulfidos indikációk arany és más hasznosítható nyomelemeinek mennyiségi és minőségi elemzésére, az ércesedés képződési körülményeinek folyadékzárvány vizsgálatok révén történő pontosítására, az arany hidrotermális xenotim és monacit U-Pb módszerrel történő kormeghatározására, valamint a felszíni indikációk geofizikai vizsgálataira irányulnak.

Köszönetnyilvánítás

Az arany mosásának és szerkészesének elsajátításához ÉVA Zsombor nyújtott segítséget. KOVÁCS Jánost és SZABÓ Pétert illeti köszönet az SZKK elektronmikroszkópjának használatáért. BÍRÓ Máté a Finn Geológiai Szolgálatnál Finnországban (GTK) végzett ellenőrző elektronmikroszkópos vizsgálatai megerősítették az aranszemcsékből mért ezüstarányokat és a zárványok elemarányait. Peter KODÉRÁnak és Rastislav MILOVSKYNak a kénizotópmérések lebonyolításáért mondunk köszönetet. SZLEPÁK Tímea az adattári kutatások során nyújtott lelkes segítséget. Köszönet illeti MÁTÉ Gábort, akinek nagypapája volt az utolsó „aranybányász” Kárászon, és akinek segítségével az eltűnt tárók kutatása és a színes néprajzi anyagba való betekintés további eredményeket szolgáltatott. LANG Ádámnak köszönet az egykori „Pérez bányász” létesítését alátámasztó, latin nyelvű levéltári dokumentumok felkutatásáért és a közös felfedezésekért. Köszönet illeti két bírálónkat, FÖLDESSY JÁNOST és egy anonim bírálót, valamint SZAKMÁNY György és PÓSFALAI Mihály szakszerkesztőket, hogy korrekcióikkal és javaslataikkal emelték a kézirat színvonalát. Végül köszönjük FALUS György és TÖRÖK Kálmán támogatását, hogy a kutatást állami szintű projektbe integrálhattuk.

Irodalom – References

- ALLIQUANDER Ö. 1931: *Magyarország bányá- és kohóipara az 1912–1926. évben. I–II. rész.* – Magyar Királyi Állami Nyomda, Budapest.
- ÁRKAI, R. & NAGY, G. 1994: Tectonic and magmatic effects on amphibole chemistry in mylonitized amphibolites and amphibole-bearing enclaves associated with granitoid rocks, Mecsek Mountains, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **37**, 235–268.
- BABICS A. 1960: A bányászati nyersanyagkutatás és a bányaművelés története a Keleti Mecsek északnyugati (Magyaregregy – Kárász – Vékény) területén. – In: *A Magyar Tudományos Akadémia Dunántúli Tudományos Intézete. Értekezések* 1960. Szerk. BABICS A. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1961, 107–148, Klny.
- BALLA Z. & GYALOG L. (szerk.) 2009: A Mórógyi-rög északkeleti részének földtana. *Magyarító a Mórógyi-rög északkeleti részének földtani térképsorozatához (1:10000)* (Geology of the North-eastern part of the Mórógy Block. Explanatory notes to the Geological map series of the north-eastern part of the Mórógy Block (1:10 000). Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 283 p.
- BEAUDOIN, G. & PITRE, D. 2005: Stable isotope geochemistry of the Archaean Val-d’Or (Canada) orogenic gold vein field. – *Mineral Deposita* **40**, 59–75. <https://doi.org/10.1007/s00126-005-0474-z>
- BIERLEIN, F. P., CHRISTIE, A. B. & SMITH, P. K. 2004: A comparison of orogenic gold mineralization in central Victoria (AUS), western South Island (NZ) and Nova Scotia (CAN) — implications for variations in the endowment of Paleozoic metamorphic terrains. – *Ore Geology Reviews* **25**, 125–168. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2003.09.002>
- CHAPMAN, R. J. & MORTENSEN, J. K. 2006: Application of microchemical characterization of placer gold grains to exploration for epithermal gold mineralization in regions of poor exposure. – *Journal of Geochemical Exploration* **91**, 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2005.12.004>
- CSALAGOVITS I., DIENES I., FÜGEDI P., HETÉNYI R., JANTSKY B., ZENTAY P. & HETÉNYI R-NÉ: 1976: *A Dél-dunántúli érckutatás geokémiai előkészítése. B-téma.* – MBFSZ-adattár, T:5873.
- GABOURY, D. 2019: Parameters for the formations of orogenic gold deposits. – *Applied Earth Science* **128/3**, 1–10. <https://doi.org/10.1080/25726838.2019.1583310>
- GATTER, I. & TÖRÖK, K. 2004: Mineralogical notes and fluid inclusion studies on quartz-feldspar granite pegmatites and quartz veins from Mórógy and Erdősmecke granitoid, S-Hungary. – *Acta Mineralogica-Petrographica* **45/1**, 39–48.
- GOLDFARB, R. J., BAKER, T., DUBÉ, B., GROVES, D. I., HART, C. J. R. & GOSSELIN, P. 2005: Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terranes. – In: HEDENQUIST, J. W., THOMSON, J. F. H., GOLDFARB, R. J. & RICHARDS, J.-P. (eds) *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 407–450. Society of Economic Geologists. <https://doi.org/10.5382/AV100.14>
- GOLDHABER, M. B. & KAPLAN, I. R. 1975: Controls and consequences of sulfate reduction rates in recent marine sediments. – *Soil Science* **119**, 42–55.
- GROVES, D. I. 1993: The crustal continuum model for late-Archaean lode gold deposits of the Yilgarn block, Western Australia. – *Mineralium Deposita* **28**, 366–374. <https://doi.org/10.1007/BF02431596>
- GROVES, D. I. & SANTOSH, M. 2016: The giant Jiaodong gold province: The key to a unified model for orogenic gold deposits? – *Geoscience Frontiers* **7**, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.08.002>
- GROVES, D. I., GOLDFARB, R. J., KNOX-ROBINSON, C. M., OJALA, J., GARDOLL, S., YUN, G. & HOLYLAND, P. 2000: Late-kinematic timing of orogenic gold deposits and its significance for computer-based exploration techniques with emphasis on the Yilgarn block, Western Australia. – *Ore Geology Reviews* **17**, 1–38. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(00\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(00)00002-0)
- HÁMOR G. 1970: A Kelet-Mecseki miocén. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **53/1**.
- HABICHT, K. S. & CANFIELD, D. 1997: Sulfur isotope fractionation during bacterial sulfate reduction in organic-rich sediments. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **61/24**, 5351–5361. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(97\)00311-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(97)00311-6)
- HORVÁTH A. O. & GOMBOCZ E. 1939: Kítaibel Pál Baranyában. – *A Ciszterci Rend pécsi Nagy Lajos-gimnáziumának Értesítője* 1938–1939, 21–72.
- JÁGER L. 2017: A komlói kőszénbányászat története IV. rész. – *Bányászati és Kohászati Lapok* **150/2**, 28–39.
- JÓZSA S., SZAKMÁNY GY., MÁTHÉ Z. & BARABÁS A. 2009: A Mecsek és környéke miocén konglomerátum összletek felszíni elterjedése és a kavicsanyag összetétele. – In: *Magmás és metamorfképződmények a Tiszai Egységben*. GeoLitera, Szeged, 195–217.
- KIRÁLY E. & KOROKNAI B. 2004: A Mórógyi-rög ÉK-i részének magmás és metamorf fejlődéstörténete. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* (2003), 311–326.
- KORPÁS, L., HOFSTRA, A. H., ÓDOR, L., HORVÁTH, I., HAAS, J. & ZELENKA, T. 1999: Evaluation of the prospected areas and formations. – In: *Carlin-gold in Hungary*, eds: KORPÁS, L. & HOFSTRA, A. H., *Geologica Hungarica Series Geologica* **24**, 197–294.
- LANG Á. 2008: *Üveghuták a Kelet-Mecsekben.* – Reproflex, Pécs.
- LELKES-FELVÁRI, GY., ÁRKAI, P., FRANK, W. & NAGY, G. 2000: Late Variscan ultramylonite from the Mórógy Hills, SE Mecsek Mts., Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **43/1**, 65–84.
- M. TÓTH T., KOVÁCS G., SCHUBERT F. & DÁLYAY V. 2005: Az ófalui „migmatit” eredete és deformációtörténete. – *Földtani Közlöny* **135/3**, 331–352.
- MOLNÁR, F., O’BRIEN, H., LAHAYE, Y., KÄPYAO, A., SORJONEN-WARD, P., HYODO, H. & SAKELLARIS, G. 2016: Signatures of Multiple Mineralization Processes in the Archean orogenic Gold Deposit of the Pampalo Mine, Hattu Schist Belt, Eastern Finland. – *Economic Geology* **111/7**, 1659–1703. <https://doi.org/10.2113/econgeo.111.7.1659>
- MORRISON, G. W., ROSE, W. J. & JAIRETH, S. 1991: Geological and geochemical controls on the silver content (fineness) of gold in gold-silver deposits. – *Ore Geology Reviews* **6/4**, 333–364. [https://doi.org/10.1016/0169-1368\(91\)90009-V](https://doi.org/10.1016/0169-1368(91)90009-V)
- N. LÁSZLÓ E. 1996: A kárászi arany története. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **129/3**, 268–274.
- PARK, C., SONG, Y., CHUNG, D., KANG, IL-MO., KHULGANAKHUU, C. & YI, K. 2016: Recrystallization and hydrothermal growth of high U-

- Th zircon in the Weondong deposit, Korea: Record of post-magmatic alteration. – *Lithos* **206**, 268–285. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.05.026>
- PASSCHIER, C. W. 1982: Mylonitic deformation in the Saint-Barthélemy Massif, French Pyrenees, with emphasis on the genetic relationship between ultramylonite and pseudotachylyte. – *GUA Pap Geol Ser.* 1 **16**, 1–173.
- POGÁCSÁS GY., LAKATOS L., BARVITZ A., VAKARCS G. & FARKAS CS. 1989: Pliocén-quarter eltolódások a Nagyalföldön. – *Általános Földtani Szemle* **24**, 149–169.
- RAVASZNÉ BARANYAI L. 1973: A Kelet-mecseki miocén képződmények ásvány-kőzettani vizsgálata. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **53/2**.
- REUTER C. 1960: *Magyaregregy helynevei*. – A Magyar Tudományos Akadémia Dunántúli Tudományos Intézete – Értekezések. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- SCIUBA, M., BEAUDOIN, G. & MAKVANDI, S. 2021: Chemical composition of tourmaline in orogenic gold deposits. – *Mineralium Deposita* **56**, 537–560. <https://doi.org/10.1007/s00126-020-00981-x>
- SEAL, R. R. 2006. Sulfur Isotope Geochemistry of Sulfide Minerals. Sulfur Isotope Geochemistry of Sulfide Minerals. – *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **61**, 633–677.
- TOWNLEY, B. K., HERAIL, G., MAKSAEV, V., PALACIOS, C., DE PARSEVAL, P., SEPULDEVA, F., ORELLANA, R., RIVAS, P. & ULLOA, C. 2003: Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas. – *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* **3**, 29–38. <https://doi.org/10.1144/1467-787302-042>
- VADÁSZ E. 1935: *A Mecsekhegység. Magyar tájak földtani leírása I.* – Budapest, 1–180.
- VASILOPOULOS, M., MOLNÁR, F., O'BRIEN, H., LAHAYE, Y., LEFÉBVRE, M., RICHARD, A., ANDRÉ-MAYER, A. S., RANTA, J.-P. & TALIKKA, M. 2021: Geochemical signatures of mineralizing events in the Juomasuo Au-Co deposit, Kuusamo belt, northeastern Finland. – *Mineralium Deposita* **56**, 1195–1222. <https://doi.org/10.1007/s00126-020-01039-8>
- VITÁLIS I. 1935a: *Jelentés a pécsvidéki aranyelőfordulásról* 1935. okt. 25. – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat adattára. T.10052.
- VITÁLIS, I. 1935b: *Jelentés a pécsvidéki aranykutatásról*. 1935. nov. 9. – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat adattára. T.D.1381.
- Kézirat beérkezett: 2022. 08. 28.