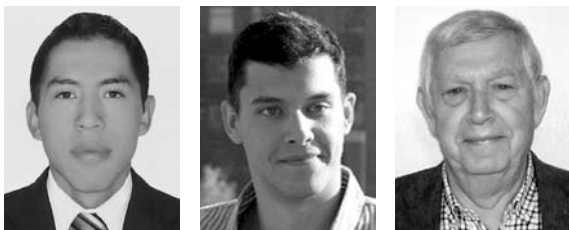


Cink-réz szkarnok – a recski mélyszint rézdús szkarn érceinek kevésbé ismert szomszédai

LIDBERT ALARCÓN LAIME földtudományi mérnök MSc hallgató, Miskolci Egyetem
BÍRÓ MÁTÉ okl. geológus, PhD hallgató, ELTE Budapest
FÖLDESSY JÁNOS okl. geológus, professzor emeritus, a földtudomány kandidátusa, Miskolci Egyetem



A recski porfirós rézérc előfordulás szkarnos övében a rézdús szkarnércek melletti cink-réz szkarnércek földtani helyzetét, geokémiai viszonyait, ásványos összetételét vizsgáltuk annak érdekében, hogy a Cu és Zn dúsulások közötti határ jellegéről pontosabb képet alkothassunk.

A vizsgálatokat archiv adatokon és a V-50 föld alatti mélyfúrás válogatott archivált magmintáin végeztük. Az eredmények alapján a Zn-Cu szkarnok alkotta átmeneti zóna mintegy 100 m szélességű, és követi az intruzió határfelületét. A hozzá kapcsolódó kőzetek rendszerint a mészkő/márvány zónába tartoznak, és retro-szkarn elváltozást szenvedtek.

Bevezetés

A recski mélyszinti érces együttes az ország legjelentősebb még érintetlen ásványi nyersanyag vagyona. Sorsa immár több generáción keresztül a bizonytalanság, a tagadhatatlan gazdasági jelentőségével szemben áll a feltáráshoz, bányalétesítéshez, ércelőkészítéshez, meddő elhelyezéshez kapcsolódó költség és a megvalósításig tartó hosszú idő. Évszázados kutatás története ellenére az ércesedések számos vonása még kevésbé ismert.

A jelen tanulmány fő eredményei két egyetemi műhely, a budapesti ELTE TTK és a miskolci Műszaki Földtudományi Kar egy-egy hallgatójának együttműködéséből születtek, mindkettőjük kutatási témája a recski mélyszint cink-érceinek jellemzése.

A hagyományosan porfirós rézérc telepként elkönyvelt recski érces együttes másik fő érc típusa a szkarnos rézérc, ritkábban említett és kevésbé megkutatott vagyonszámát pedig az ólom-cinkércek alkotják. A mélyszinti előfordulás felfedezése az Rm-5, Rm-6 és Rm-8 számú fúrásokban az ólom-cinkércek megismerésével kezdődött [1]. A figyelem a kutatás korai szakasza után a rézércekre terelődött, s a kutatások előrehaladtával az ólom-cinkércek ismeretessége fokozatosan elmaradt a rézércekétől.

Mivel a kétféle érc típusat külön kell kezelni egy jövőbeli érctermelés és az előkészítés során, így fontos a földtani helyzetüknek, a határuk jellegének mélyebb vizsgálata. A jelen cikkben vázolt eredmények közvetlen háttérét alkotó kutatás az egyik jelentős cink-érc változat, a szkarnos Cu-Zn érc megismerésére indult.

A vizsgált cinkérc típus korábbi ismeretei

A recski érces komplexum két fő ércesedési szintje közül a nagy mélységben elhelyezkedő változatok por-

firós intruzív testekhez és környezetükhöz kapcsolódnak, a kis mélységben található érc típusok vulkáni és szubvulkáni képződményekben alakultak ki. A rézércek kialakulását, területi és mélységi elterjedését a kutatások során többen vizsgálták és értékelték [1, 2, 3]. A mélyszinti ólom-cinkérceket kezdetben hidrotermális metasomatikus kifejlődésüként értelmezték [1]. Valójában a felszíni előfordulásoktól a legmélyebb környezetekig, a magmás benyomuláshoz közeli helyzettől a peremi, intruziótól távoli üledékes környezetekig többféle típusban, és feltételezhetően a vulkáni-intruzív működés különböző szakaszaiban keletkezett dúsulásokként fordulnak elő. Dúsulásuk mértéke úgy kémiai összetétel szerint, mint értékét tekintve is egyes típusokban meghaladja a rézércekét.

Az 1991. évi vagyonbecslés során [4] az északi területrészen kimutatott ércvagyonban a cink szkarnércek tömegének és értékének aránya az összvagyonban egyaránt mintegy 21%.

Recski érces együttes földtani környezete

A terület a Kárpát-medence paleogén vulkáni képződményeihez sorolható, rétegvulkáni sorozatokból, szubvulkáni szintű kisebb magmás testekből és több intruzióból épül fel. Központi eleme egy mélységben megrekedt diorit- és kvarcdiorit porfir intruzió sor, mely 1000 m mélységig 5 elkülönült benyomulásként húzódik észak-déli irányban [5]. Az intruzívumok egy korábban történt jelentős elmozdulásokról is tanúskodó szerkezeti zónában, a Darnó nagyszerkezeti övben [6] foglaltak teret. A benyomulások radiometrikus adatok szerint [7] 46,7±3,8 M év és 27,8±1,6 M év, azaz a középső eocén és felső-oligocén közötti időszakban történtek.

Az előfordulás tömör földtani leírását Baksa és társai [2] munkájában találjuk. A benyomulások befogadó közeteti a Bükk-hegység képződménysorából ismert két szerkezeti egységbe sorolhatók: (1) a bükki para-autochton felső-triász korú mészkő képződmények, (2) a júra időszaki turbiditeket, agyagpalákat, kovapalákat egyesítő Mónosbél egység [8]. A karbonátos és sziliciklasztos üledékes képződmények változásából kialakult összlet az intruzív testek környezetében a benyomulások termális hatására kontakt metamorfózist szenvedett, és szkarn kőzetekké alakult [9].

A korábbi felosztás szerinti kőzettípusokat Csillag [9] ismertette, és bimetaszomatikus, infiltrációs, illetve aposzkarn típusokba sorolta. A ma általánosan használt modern szkarn terminológiát [10] alkalmazva ezekre a szkarn kőzetekre:

- egy részük ún. prográd (a hőfront előrehaladásával a karbonátos üledékes kőzetekből mész-szilikát ásványegyüttessé – gránát-piroxén szkarnná – alakult, de később további elváltozást nem szenvedett) változat; ezeket a kőzeteket a cikkben pro-szkarnoknak fogjuk nevezni. Ezekben a kőzetekben a Cu-dús szkarnérek a gyakoriak.

- másik részük ún. retrográd (a hőfront visszahúzóásával és a hidrotermális oldat cirkuláció belépésével a prográd szkarnokból kialakult alacsonyabb hőmérsékletű serpentin-talk-aktinolit-anhidrit együttesével jellemzett) változat. A szkarnos Zn-Cu szulfid ércesedés döntően ehhez a változathoz kapcsolatos, a retrográd átalakulást követően alakult ki. Ezeket a cikk további részében *retro-szkarnnak fogjuk hívni*.

Az értékelt adatok, a vizsgált minták és vizsgálati módszerek

A munka során a következő adatokkal dolgoztunk és az alábbi mintákat vontuk be a vizsgálatba:

- Rm-97 mélyfúrás földtani leírása és elemzési adatai [18];

- V-50 föld alatti magfúrás földtani leírása, elemzési adatai és magmintái [19],
- a -900 m szint vágatainak földtani leírása és elemzési adatai.

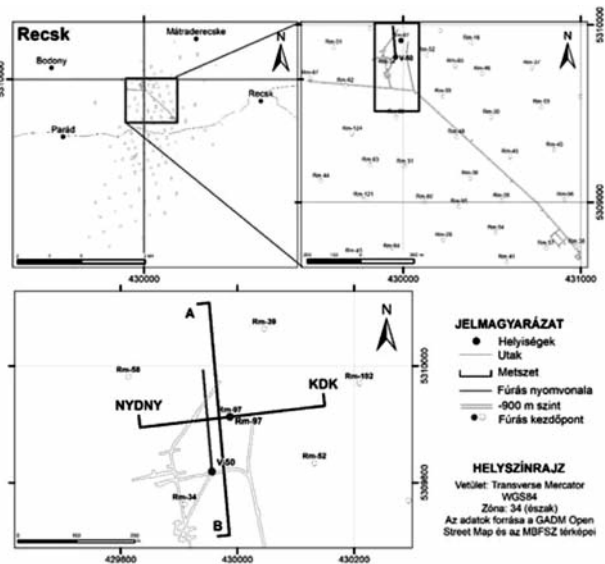
A három adatsor egy 3D-hez közeli kiterjesztésű földtani, geokémiai értékelést enged meg a -700 és -900 szintek vágatainak, az Rm-97 mélyfúrás nyomvonalának, illetve a V-50 fúrás nyomvonalának határai között (1. ábra).

A kutatás során a V-50 tárolt mag-

1. táblázat: A szkarnérek feltételezett ásványvagyona az 1991-ben készült becslés szerint [4]

	Érc-tömeg	Minőség	Minőség	Ár	Ár	Érc fajlagos értéke
	millió tonna ércvagyon	% Cu	% Zn	USD/tonna réz fém	USD/tonna cink fém	USD/tonna érc
Rezes (-Zn) szkarnérc	42,80	2,34	NA	5033		118
Cink (-Cu) szkarn érc	11,50	0,30	5,53	5033	1897	138

Fém áraknak a 2020 május 28-án kialakult azonnali tőzsdei fémárat választottuk (www.kitco.com). NA= nincs adat



1. ábra: A V-50 és az Rm-97 mélyfúrások helyszínrajza

mintái közül az átmeneti zóna jellemzésére alkalmas 15 db mintán végeztük a további vizsgálatokat (2. táblázat).

A terpi leírás részletes értékelésén és a mintaanyag makroszkópos dokumentálásán túl, rásó fényű mikroszkópos vizsgálatot, röntgen diffrakciós ásványtani elemzést, elektron-mikroszondás EDX vizsgálatokat, XRF röntgen-fluoreszcens elemzéseket alkalmaztunk

2. táblázat: A vizsgált minták listája, helye, kőzetanyaga

Sor-szám	Fúrás mélység, kőzet	Sor-szám	Fúrás mélység, kőzet	Sor-szám	Fúrás mélység, kőzet
1	97,5 pro-szkarn	6	128,3 pro-szkarn	11	138,4 diorit kőzettelér kontaktus
2	98,5 tömeges szulfid	7	130,9 retro-szkarn	12	140,5 tömeges szulfid
3	123,3 tömeges szulfid	8	132,3 retro-szkarn	13	155,4 pro-szkarn
4	123,4 pro-szkarn	9	135,3 pro-szkarn	14	159,7 pro-szkarn
5	127,4 retro-szkarn	10	136,3 tömeges szulfid	15	171,1 kontakt metamorf márvány

(3. táblázat). A vizsgálatok a ME MFK ÁFI laboratóriumának következő berendezéseinek történtek és az alábbi jellemzők meghatározására irányultak:

3. táblázat: A mintákon végzett vizsgálatok és alkalmazott műszerek

Vizsgálat fajta	Berendezés	Vizsgálatok célja
minta makroszkópos dokumentálása	SteREO Discovery V20 ZEISS sztereo mikroszkóp	érces alkotók és szilikátos környezete szöveti jellemzése
réses fényű optika	SteREO Discovery V20 ZEISS microscopy	ércásványok fajtái, viszonya egymáshoz és meddő ásványokhoz
mikroszonda	JEOL JXA-8600 Super-probe	ércásványok szemcsehatárai, kémiai összetétele
XRD diffraktometria	Bruker D8 Advance diffraktométer	minták mennyiségi ásványos összetétele
XRF kémiai elemzés	Rigaku WDXRF	minták fő kémiai összetevőinek aránya
Kőzetminta CT	YXLON FF35 Micro CT	szilikát és szulfid összetevők 3D szöveti jellemzői

A táblázatban pro-szkarnnak nevezett kőzetek kvarc, gránát (grosszulár, spessartin), piroxén (diopszid) összetételű, eredetileg mészkőként létrejött, termikus átalakulást szenvedett képződmények. A retro-szkarnok a pro-szkarnok át nem alakult maradványából, s az ezekből vízfelvétellel magas hőmérsékleten hidrotermális átalakulás során létrejött ásványegyesből (epidot, szerpentin-lizardit, anhidrit, talk) állnak. A márvány a mészkő érintkezéstől távoli, de magas hőmérsékleten átkristályosodást szenvedett változata, a makroszkópos leírások alapján wollastonit csomókkal. Az ásványi egyesítés részei még a kaolinit (a kontaktushoz közelebbi, pro-szkarn zónában), illetve a szaponit (a kontaktushoz távolabbi, illetve retro-szkarn zónában) agyagásványok.

A változatos ércásvány egyesítésben az pro-szkarnokban főleg réz-szulfidok, a retro-szkarn zónában réz- és cinkszulfidok, vasoxidok, Fe-Mn karbonátok vesznek részt. A minták XRF elemzése alapján pirit tartalom a 15 mintában 0,3 és 90% között változott, átlagosan 39%. A kalkopirit tartalom 0 és 1,5% közötti tartománnyal átlagosan 0,5% volt. A szfalerit tartalom 0 és 14% között, átlagosan 2,1%. Ezek mellett számos egyéb – néha jelentős mennyiségben lévő vas-szulfid és -oxid ásvány (pirrotin, magnetit, hematit, sziderit, ankerit) alkotja a kőzetanyagot.

A recski érces komplexum fő érc típusai

A rézporfirok hidrotermális rendszerek alapjául szolgáló modell [11] valamennyi ismert tagja előfordul a recski területen.

A kutatásokkal feltárt zónában a hidrotermális rendszer centrumát Recskén a diorit-kvarcdiorit intrúziók rézporfirok ércesedést tartalmazó kupolájának adja [3]. Ekörül részint koncentrikusan, részint pedig elszórt szabálytalan testek formájában következnek a szkarnban a hidrotermális érces ásványtársulások változatos, a magmás kontaktushoz közel Cu, Cu-Fe szkarn, attól távolabb Zn, majd Zn-Pb szkarn ércesedéssel [1]. A karbonátos és törmelékes mellékkőzetek-

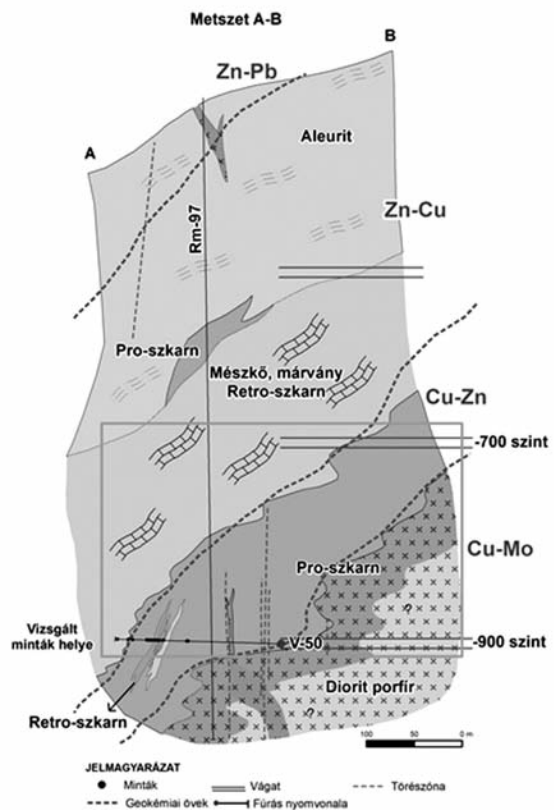
ben a felszíntől számított 200-1200 m mélységközben, az intrúziótól távolodva lefelszerű sztratifórm és kúrtörserű, tektonikusan kontrollált kifejlődésekkel változatos Pb-Zn-(Cu)-Ag ásványtársulást tártak fel a kutatások [1, 3, 12]. A távoli üledékes kőzetekben epitermális üledékes környezethez kötött arany indikációkat is találtak [13].

A felszínhez közelebb egyfelől a Lahóca-hegy diatréma breccsájában, másfelől a környező andezites vulkanitokat átszelő törérendszerben változatos Cu-Au epitermás ércesedés ismert [5, 14, 15, 16].

Vizsgálati eredmények

A szkarnos érc típusok intruzív testhez viszonyított helyzete

A szkarnos érc típusok intruzív testhez viszonyított helyzetét a Rm-97 számú felszínről indult magfúrás rétegsorával lehet a legjobban szemléltetni, amely mellett a vizsgált V-50 fúrás elhaladt (2. ábra). Ennek 922 m mélység alatti szakasza mintegy 270 m vastagságban harántolta a -700 m szint alatti földtani környezetet. Ebben a sorozatelemzések alapján jól elkülönül – a legmélyebb szinttől a felszín felé haladva – elsőként az



2. ábra: Az Rm-97 mélyfúrás és a V-50 föld alatti mélyfúrás helye és földtani helyzete

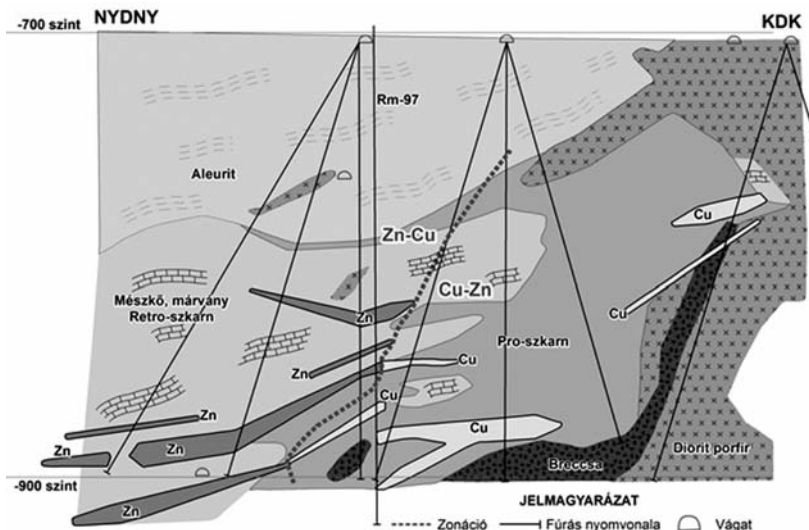
intruzív kontaktus belső, magmás oldalán – a Cu-Mo dúsulással jellemzett zóna, értelmezésünk szerint a porfirós rézérc. Ezzel közvetlenül érintkezik, és főként a pro-szkarn mellékkőzetekre összpontosul a Cu-Zn zóna, amelyben a Cu dominanciája mellett állandó a Zn kis mennyiségű jelenléte.

Ez a zóna a kontaktustól mintegy 100 m vertikális vagy horizontális távolságig terjed. Ennek külső részén a retro-szkarn mellékkőzetekkel – s így valószínűleg a pro-szkarnok utólagos hidrotermális átalakulásával – jött létre a Zn-Cu-szkarnos érc zóna, mely a kontaktustól kb. 100 és 300 m közötti térrészben, azaz 200 m vastag „héj” jelleggel veszi körbe a pro-szkarnos képződményeket. A retro-szkarnok az eredeti rétegzettséggel közel párhuzamos sávokban, illetve kőzetminőség változást jelző (karbonátos-sziliciklasztos képződmények közötti) határfelületeken alakultak ki. A legkülső öv (melyet a vizsgált V-50 fúrás már nem érint) a karbonátos-metaszomatikus Pb-Zn ércesedések zónája. Az öves elrendeződést a 2. ábrán az Rm-97 és V-50 fúrások adatainak összekapcsolása segítségével ábrázoltuk. A szaggatott vonalú körrel határolt területen belülről esnek a vizsgált mintáink helyei.

A cink-réz szkarnok térbeli helyzete

A cink-réz szkarn a szkarnos zóna külső részén, a rezes szkarnércel átmenetet alkotva jelenik meg. Az ún. polimetallikus (értsd Pb-Zn-Cu) ércváltakozatok között az egyik különleges típust alkotják. Tömeges, nagy koncentrációjú ércestekként fejlődtek ki, mely még nem szerepelt elkülönítve a korábbi értékelésekben [17], mert a kutatás késői szakaszában, a külsőni sűrítő mélyfúrásokban (pl. Rm-97) és a föld alatti fúrások kutatások és vágathajtások során ismerték fel. Első felderítő információk a föld alatti kutató mélyfúrásokból születtek, majd az ún. É-2 terület északi szárnyvágataiban is harántolták az ércesedést.

A cink-réz ércesedés a rézérces szkarn intrúziótól



3. ábra: NYDNY-KÉK irányú földtani szelvény a -700 és -900 szintek között a Cu-Zn és a Zn-Cu ércestek feltüntetésével (>0,8% Cu, >1,0% Zn) [4]

távoli külső szárnyán alakult ki, a Cu/Zn szkarnok határa közelítőleg párhuzamosan fut az intrúzió és befogadó szkarnos kőzetek határával, a kontaktustól 100-120 m távolságban. A cink szkarnok ilyen helyzetéről ad képet a 3. ábrán látható mellékelt egyszerűsített földtani szelvény [4].

Szulfid - szilikát ásványok aránya a szkarn-ércekben

A mennyiségi arányok becslése a tömeges szulfid ércetek esetében különösen nehézkes, a mintaanyag belső részében lévő szemcseeloszlás esetleges nagy változékonysága, szerkezeti, szemcsehatár menti lehatárolások bizonytalansága miatt. Ennek megoldására kísérletileg röntgentomográfiai vizsgálatot végeztünk két mintán (7. és 8. minta, 4. ábra). A röntgentomográfiai vizsgálattal különböző sűrűségi csoportba tartozó ásványegyütteseket különíthetünk el. A kapott mennyiségi arányokat egybevetettük ugyanezen minták röntgendiffrakciós vizsgálatának, illetve a kémiai elemzés kéntartalmából számított pirít mennyiségi arányokkal. Az eredményeket a 4. táblázat mutatja be:

4. táblázat: Röntgentomográfiaival mért szulfid-szilikát tömegarányok két mintában

Minta-szám	CT tomográfia szulfid tömeg%	XRD diffraktometria, pirít tömeg%	XRF kémiai elemzés S tartalmából számított pirít tömeg%
7	25,0	29,5	39,5
8	41,0	44,6	53,5

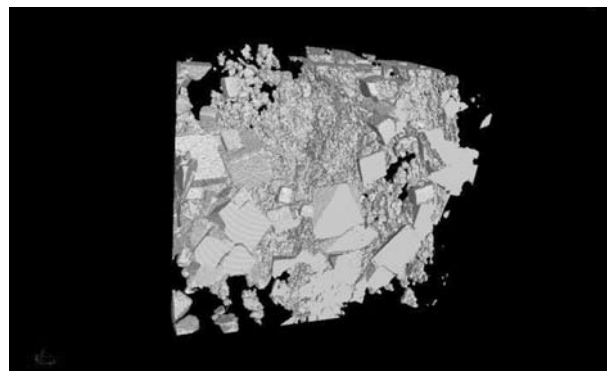
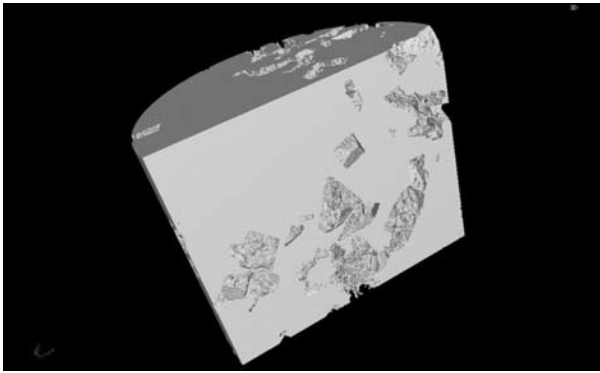
Ércásvány együttesek

A tömeges szulfidércetek fő ércalkotó ásványa a pirít, helyenként pirrotin. A hidrotermálisan átalakult szkarn zónájában a vas-szulfid ásványok magnetit, a magnetit később részlegesen hematitá alakult.

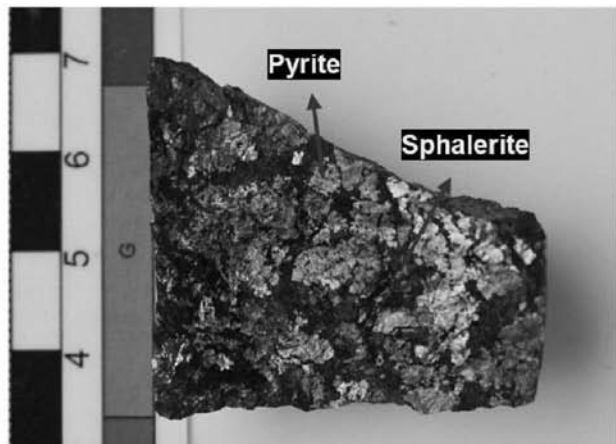
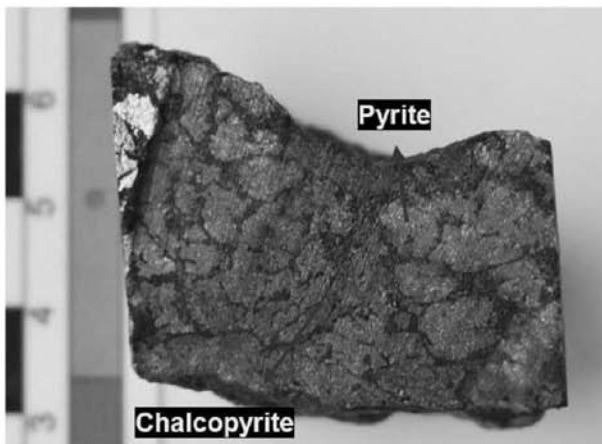
A fő rézhordozó ásvány a kalkopirit. Az önálló kalkopirit szemcsékben a szételegyedési szfalerit csomók gyakoriak. A cink hordozó ásványa a szfalerit, ebben kalkopirit szételegyedési szerkezetek figyelhetők meg (5. és 6. ábra). A peremi zónában megjelenik a karbonáthelyettesítéssel létrejött metaszomatikus eredetű sziderit, ankerit.

Nyomásványok és nyomelemek

A szkarnos övi pirítben és pirrotinban jellemző a magas Co tartalom. Ezt a mikroszonda vizsgálatok CoAsS összetételű ásványfázisként, zárványok formájában azonosították. A hidrotermálisan átalakult szkarnokban gyakran felismerhetők a mikro-



4. ábra: A két kép a gyémántfelezett 7. sz. minta (V-50 130,9 m) külső felületéről és belső szerkezetéről készült CT komputertomográf felvétel. A bal oldali kép a kisebb sűrűségű szilikát ásványok szövetét mutatja be, amelyek tömeges formában elfedik a szulfid ásványcsoportokat. A jobb oldali képen a kisebb sűrűségű szilikát ásványok láthatatlanná tételével, azaz csak a meddő mátrixban kifejlődött szulfid ásványok morfológiáját mutató kép látható, döntően sajátalakú nagyméretű pirit kristályokkal

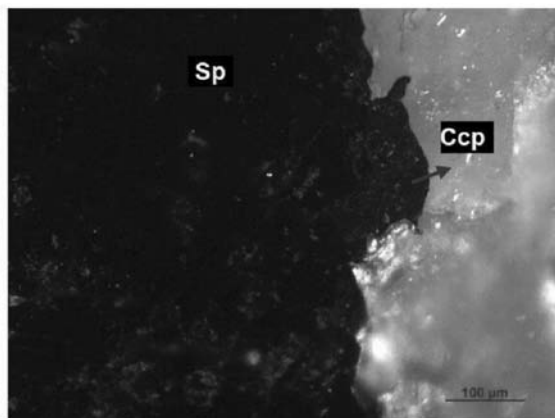
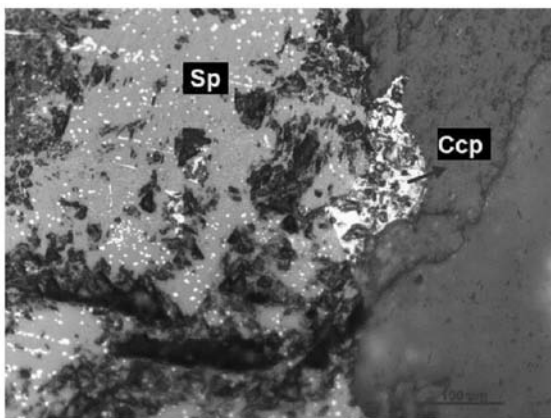


5. ábra: Bal oldali képen a rézdús szkarnérc változat (V-50, 136,3 m, 0,57% Cu, 0,07% Zn), a jobb oldali képen a cinkdús szkarnérc változat (V-50, 123,3 m, 0,17%Cu, 1,5%Zn) magmintáinak makroszkópos fotója látható

szonda preparátumokban a néhány mikronos méretű léces, foltos Bi-Te-S, Pb-Se, Bi-Se, Bi-Te-Se-Ag különböző arányú összetételt képviselő szulfosó nyomásványok önállóan, vagy a piritben zárvány formájában. Ezek a szöveti bélyegek szerint az alacsony hőmérsékletű ércesedési szakaszban, késői felülbélyegzőként kerültek a szkarnos ércbe.

Az Zn-Cu átmeneti szkarnérc zóna geokémiai viszonyai

A fő érchordozó elemek, Cu, Fe és Zn kapcsolatát a V-50 jelű vízszintes magfúrás kémiai elemzése alapján követhetjük nyomon. A föld alatti vízszintes mélyfúrás észak felé haladt, az intrúzió-szkarn határtól távolodva. A 10 méterenként összevont képződmény-



6. ábra: Kalkopirit - szfalerit szételegyedési szerkezet, kvarc meddőásvány kísérettel – áteső fényes mikroszkópi felvétel, a szfaleritben gyakori elszórt szételegyedésként kalkopirit orsók alakultak ki. Bal oldali kép || nikol, jobb oldali kép + nikol. V-50, 132,30 m minta

nán belül az ércdúsulások az eredeti üledékes kőzet rétegzettségét követő, megnyúlt táblás tömeges szulfidot (főleg pirit és szfalerit, kevesebb kalkopirit) tartalmazó ércestekként jeleníthetők meg.

• Képződése a szkarnok alacsonyabb hőmérsékletű, már hidrotermális elváltozásáért felelős folyamatokhoz kapcsolható, s valószínűleg későbbiek, mint a pro-szkarnokban megjelenő rézdús szkarnércek.

• Gyakoriak a kis, max. 10 mikron körüli szemcseméretben megjelenő Bi-Te-Se-Ag-Pb-S elemeket különféle kapcsolódásban hordozó szulfosók. Ezek irodalmi adatok szerint elsődrendű jelzői a nemesfém szkarnoknak [10]. Mivel nemesfém elemzések a vizsgált mintákban nem történtek, ezek ismételt mintavételét és elemzését javasoljuk.

Köszönetnyilvánítás

A mintákat *Szebényi Géza* gyűjtötte és dokumentálta a föld alatti kutatások során. A különféle ásványtani vizsgálatok elvégzésében a Miskolci Egyetem MF Kar oktatói és kutatói nyújtottak igen értékes segítséget: *Kristály Ferenc* (Röntgendiffraktometria), *Móricz Ferenc* (XRF – kémiai analízis), *Leskó Máté* (CT röntgentomográfia), *Papp Richárd Zoltán* (EMPA mikroszkópia).

A tanulmányban ismertetett kutató munka *Lidbert Alarcón Laime* esetében az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *Cseh Németh, J.* 1975: A recski mélyszinti színesfémérc előfordulás és annak teleptani ércföldtani képe. *Földtani Közöny*, 105, pp. 692–708.
- [2] *Baksa, Cs., Cseh-Németh, J., Csillag, J., Földessy, J., Zelenka, T.* 1980: The Recsk porphyry and skarn copper deposit, Hungary. *European Copper Deposits*, Belgrade, pp. 73–77.
- [3] *Baksa, Cs.* 1984: A recski ércesedés genetikai vizsgálata. *Földtani Közöny*, 114, pp. 335–348.
- [4] *Gagyi-Pálffy A.* ifj. (szerk). 1991: Technical project document. Recsk Mining Project. REV-DCI. Unpublished company report.

- [5] *Földessy, J.* 1997: A recski Lahóca aranyérc előfordulás. *Földtani Kutatás*, 34, pp. 12–15.
- [6] *Zelenka, T.* 1975: A recski színesfémérc előfordulás szerkezeti-magmáföldtani helyzete (Structural and geological position of the Recsk polymetallic ores, in Hungarian). *Földtani Közöny*, 105, pp. 582–597.
- [7] *Földessy, J., Hartai, É.* 2008: Geology of the Paleogene Ore Complex, Publications of the University of Miskolc. Publications of the University of Miskolc Series A, Mining, 73, pp. 1–227.
- [8] *Kovács, S., Haas, J., Szebényi, G., Gulácsi, Z., Pelikán, P., Bagoly-Argyelán, G., Józsa, S., Görög, A., Ozsvárt, P., Gecse, Zs., Szabó, I.* 2008: Permo-Mesozoic Formations of the of the pre-Tertiary basement of the stratigraphy and structure Recsk-Darnó hill area: Paleogene Recsk orefield, Publications of the University of Miskolc Series A, Mining, pp. 33–56.
- [9] *Csillag, J.* 1975: A recski terület magmás hatásra átalakult képződményei, *Földtani Közöny*, 105, pp. 646–671.
- [10] *Meinert, L. D.* 1992: Skarns and Skarn Deposits, *Geoscience Canada*, 19. doi: 10.12789/gsc.v19i4.3773.
- [11] *Sillitoe, R.* 2010: Porphyry copper systems, *Economic Geology*, 105, pp. 3–41.
- [12] *Biró, M.* 2019: Hidrotermás ércszöveti megfigyelések a Recsk mélyszinti karbonátos mellékkőzet Pb-Zn ércesedésében, *Szakdolgozat, ELTE TTK Ásványtani Tanszék*
- [13] *Korpás, L., Hofstra, A. H.* 1999: Potential for Carlin-type gold deposit in Hungary, *Geologic Hungarica*, Tomus 24, pp. 133–135.
- [14] *Fehérvári, Z.* 2011: Porfíros intrúzió ércföldtani sajátosságai a parádi alacsony szulfidációs fokú epitermás zónák alatt, *Szakdolgozat, ELTE TTK Ásványtani Tanszék*
- [15] *Fekete, Sz.* 2012: A Recski Magmás Érckomplexum fehérkői epitermás zónájának vizsgálata, *Szakdolgozat, ELTE TTK Ásványtani Tanszék*
- [16] *Takács, Á., Molnár, F., Turi, J., Mogessie, A., Menzies, J.C.* 2017: Ore mineralogy and fluid inclusion constrains on the temporal and spatial evolution of a high sulfidation epithermal Cu-Au-Ag deposit in the Recsk Ore Complex, Hungary, *Economic Geology*, 112, pp. 1461–1481.
- [17] *Csongrádi J.* 1975: A recski mélyszinti színesfémércesedés jellemzése ércmikroszkópi vizsgálatok alapján. *Földtani Közöny*, 105, pp. 672–691.
- [18] *Markó, B., Szabó, M., Földessy, J., Sík, P., Baksa, Cs., Asbóth, Z.* 1975: Az Rm-97 sz mélyfúrás földtani értékelő jelentése. Recsk. Kézirat
- [19] *Szebényi, G.* 1997: V-50 számú vágatelőfúrás, földtani alapidokumentáció. Recsk. Kézirat.

LIDBERT ALARCÓN LAIMÉ perui geológus, BSc fokozatát hazájában, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-n szerezte 2016-ban, majd a Miskolci Egyetemen szerzett MSc fokozatot 2020-ban. Jelenleg Peruban él.

BÍRÓ MÁTÉ geológus, 2019-ben szerzett MSc-fokozatot az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, jelenleg ugyanott PhD-hallgató.

FÖLDESSY JÁNOS okl. geológus, a földtudomány kandidátusa, PhD 1970-ben szerzett geológus oklevelet a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen. 1984-ig az Országos Érc- és Ásványbányák Recski Rézérc Műveinél dolgozott geológus, később földtani osztályvezető-helyettesi beosztásban. 1984-1989 között Kubában működött nyersanyag-kutatási szakértőként. 1991-2000-ig az Enargit Kft. igazgatójaként a lahócai aranyérc-kutatásokat vezette. 2000 óta oktatója, tanszékvezetője a Miskolci Egyetemnek, Professor Emeritus.