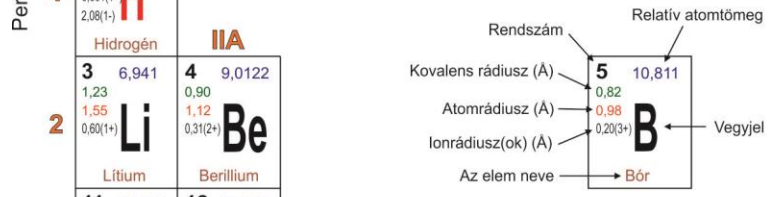
Rézásványok átalakulásai

Fehér Béla

Herman Ottó Múzeum, Miskolc

TIT Stúdió Egyesület, Budapest, 2019. november 20.

Az elemek periódusos rendszere



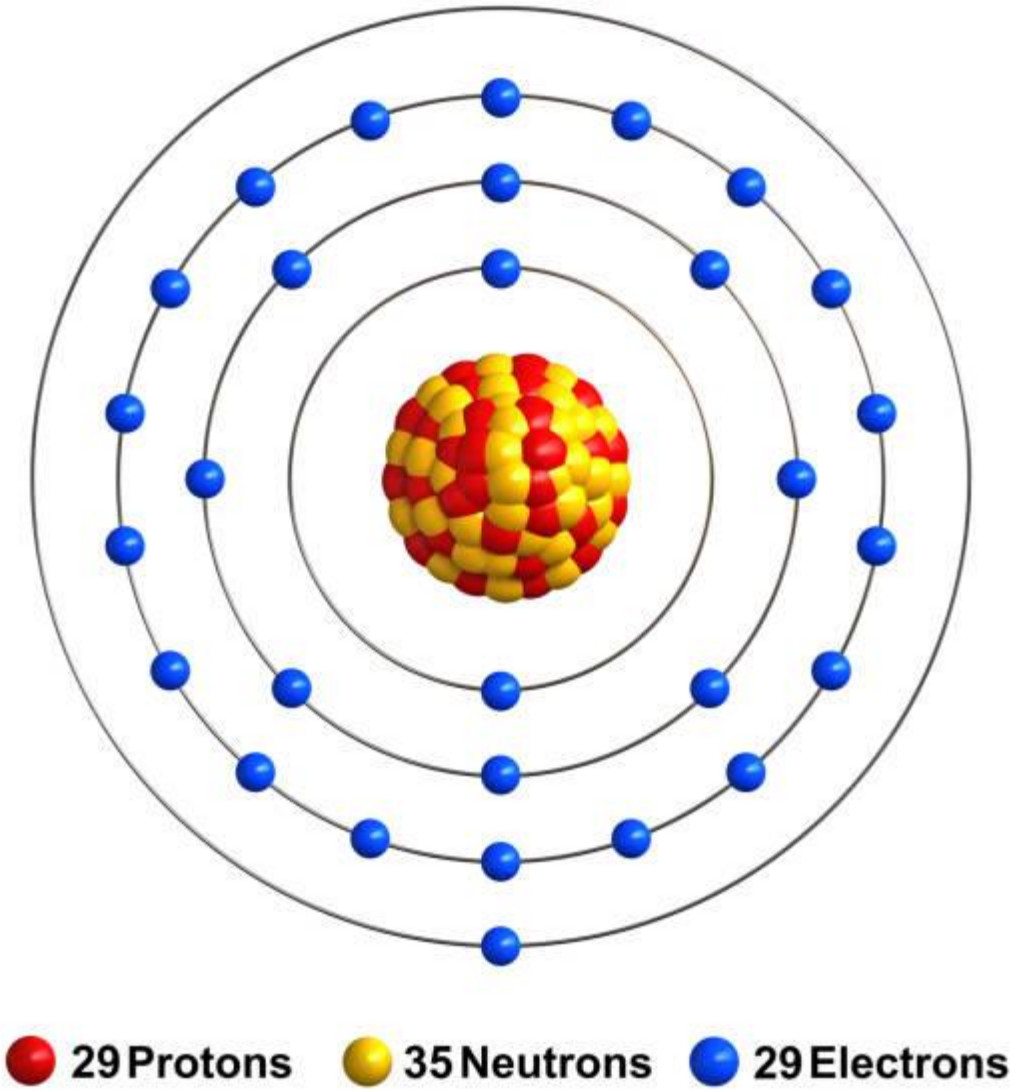
Fekete betű: szilárd
Kék betű: folyadék
Piros betű: gáz
Üres betű: csak mesterségesen állítható elő

Periódus	Csoport IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	1 1,0079 0,32 - 0,001(1+) 2,08(1-) H Hidrogén																	2 4,0026 0,93 - - He Hélium
2	3 6,941 1,23 1,55 0,60(1+) Li Lítium	4 9,0122 0,90 1,12 0,31(2+) Be Berillium											5 10,811 0,82 0,98 0,20(3+) B Bór	6 12,011 0,77 0,914 2,60(4-) 0,15(4+) C Szén	7 14,007 0,75 0,92 1,71(3-) 0,11(5+) N Nitrogén	8 15,999 0,73 - 1,40(2-) 0,09(6+) O Oxigén	9 18,998 0,72 - 1,36(1-) 0,07(7+) F Fluor	10 20,180 0,71 - - Ne Neon
3	11 22,990 1,54 1,90 0,95(1+) Na Nátrium	12 24,305 1,36 1,60 0,65(2+) Mg Magnézium											13 26,982 1,18 1,43 0,50(3+) Al Alumínium	14 28,086 1,11 1,32 2,71(1-) 0,41(4+) Si Szilícium	15 30,974 1,06 1,28 2,12(3-) 0,34(5+) P Foszfor	16 32,065 1,02 1,27 1,84(2-) 0,29(6+) S Kén	17 35,453 0,99 - 1,81(1-) 0,26(7+) Cl Klór	18 39,948 0,98 - - Ar Argon
4	19 39,098 2,03 2,35 1,33(1+) K Kálium	20 40,078 1,74 1,97 0,99(2+) Ca Kalcium	21 44,956 1,44 1,62 0,81(3+) Sc Szkandium	22 47,867 1,32 1,34 0,90(2+) 0,68(4+) Ti Titán	23 50,942 1,22 1,34 0,74(3+) 0,59(5+) V Vanádium	24 51,996 1,18 1,30 0,69(3+) 0,52(6+) Cr Króm	25 54,938 1,17 1,35 0,80(2+) 0,66(3+) Mn Mangán	26 55,845 1,17 1,26 0,76(2+) 0,64(3+) Fe Vas	27 58,933 1,16 1,25 0,74(2+) 0,63(3+) Co Kobalt	28 58,693 1,15 1,24 0,72(2+) 0,62(3+) Ni Nikkel	29 63,546 1,17 1,28 0,96(1+) 0,69(2+) Cu Réz	30 65,39 1,25 1,38 0,74(2+) Zn Cink	31 69,723 1,26 1,41 1,13(1+) 0,62(3+) Ga Gallium	32 72,64 1,22 1,37 0,93(2+) 0,53(4+) Ge Germánium	33 74,922 1,20 1,39 2,22(3-) 0,47(5+) As Arzén	34 78,96 1,16 1,40 0,96(2-) 0,42(6+) Se Szelén	35 79,904 1,14 - 1,95(1-) 0,39(7+) Br Bróm	36 83,80 1,12 - - Kr Kripton
5	37 85,468 2,16 2,48 1,48(1+) Rb Rubídium	38 87,62 1,91 2,15 1,13(2+) Sr Stroncium	39 88,906 1,62 1,78 0,93(3+) Y Ittrium	40 91,224 1,45 1,60 0,80(4+) Zr Cirkónium	41 92,906 1,34 1,46 0,70(5+) Nb Nióbium	42 95,94 1,30 1,39 0,68(4+) 0,62(6+) Mo Molibdén	43 (98) 1,27 1,36 - Tc Technécium	44 101,07 1,25 1,34 0,69(3+) 0,67(4+) Ru Ruténium	45 102,91 1,25 1,34 0,86(2+) Rh Ródium	46 106,42 1,28 1,37 0,86(2+) Pd Palládium	47 107,87 1,34 1,44 1,26(1+) Ag Ezüst	48 112,41 1,48 1,54 0,97(2+) Cd Kadmium	49 114,82 1,44 1,66 1,32(1+) 0,81(3+) In Indium	50 118,71 1,41 1,62 1,12(2+) 0,71(4+) Sn Ón	51 121,76 1,40 1,59 2,45(3-) 0,62(5+) Sb Antimon	52 127,60 1,36 1,60 2,21(2-) 0,56(6+) Te Tellúr	53 126,90 1,33 - 2,16(1-) 0,50(7+) I Jód	54 131,29 1,31 - - Xe Xenon
6	55 132,91 2,35 2,67 1,69(1+) Cs Cézium	56 137,33 1,98 2,22 1,35(2+) Ba Bárium	57–71 La-Lu Lantanoidák	72 178,49 1,44 1,67 0,81(4+) Hf Hafnium	73 180,95 1,34 1,49 0,73(5+) Ta Tantál	74 183,84 1,30 1,41 0,64(4+) 0,68(6+) W Volfrám	75 186,21 1,28 1,37 - Re Rénium	76 190,23 1,26 1,35 0,69(4+) Os Ozmium	77 192,22 1,27 1,36 0,66(4+) Ir Irídium	78 195,08 1,30 1,39 0,96(2+) Pt Platina	79 196,97 1,34 1,46 1,37(1+) Au Arany	80 200,59 1,49 1,57 1,10(2+) Hg Higany	81 204,38 1,48 1,71 1,40(1+) 0,95(3+) Tl Tallium	82 207,2 1,47 1,75 1,20(2+) 0,84(4+) Pb Ólom	83 208,98 1,46 1,70 1,20(3+) 0,74(5+) Bi Bizmut	84 (209) 1,46 1,76 - Po Polónium	85 (210) 1,45 - - At Asztácium	86 (222) - - - Rn Radon
7	87 (223) - - 1,76(1+) Fr Francium	88 (226) - - 1,40(2+) Ra Rádium	89–103 Ac-Lr Aktinoidák	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium									

Lantanoidák	57 138,91 1,69 1,87 1,15(3+) La Lantán	58 140,12 1,65 1,81 1,11(3+) 1,01(4+) Ce Cérium	59 140,91 1,65 1,82 1,09(3+) 0,92(4+) Pr Prazeodímium	60 144,24 1,64 1,82 1,08(3+) Nd Neodímium	61 (145) 1,63 - 1,06(3+) Pm Prométium	62 150,36 1,62 1,81 1,04(3+) Sm Szamárium	63 151,96 1,85 1,99 1,12(2+) Eu Európium	64 157,25 1,61 1,79 1,02(3+) Gd Gadolínium	65 158,93 1,59 1,80 1,00(3+) Tb Terbium	66 162,50 1,59 1,80 0,99(3+) Dy Diszprózium	67 164,93 1,58 1,79 0,97(3+) Ho Holmium	68 167,26 1,57 1,78 0,96(3+) Er Erbium	69 168,93 1,56 1,77 0,95(3+) Tm Túlium	70 173,04 - 1,94 1,13(2+) 0,94(3+) Yb Itterbium	71 174,97 1,56 1,75 0,93(3+) Lu Lutécium
Aktinoidák	89 227 - 1,88 1,18(3+) Ac Aktínium	90 232,04 1,65 1,80 1,14(3+) 0,95(4+) Th Tórium	91 231,04 - 1,61 1,12(3+) 0,98(4+) Pa Protaktínium	92 238,03 1,42 1,38 1,11(3+) 0,97(4+) U Urán	93 - 1,3 1,09(3+) 0,95(4+) Np Neptúnium	94 - 1,51 1,07(3+) 0,93(4+) Pu Plutónium	95 - 1,73 1,06(3+) 0,92(4+) Am Amerícium	96 Cm Kűrium	97 Bk Berkélium	98 Cf Kalifornium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelévium	102 No Nobélium	103 Lr Laurencium

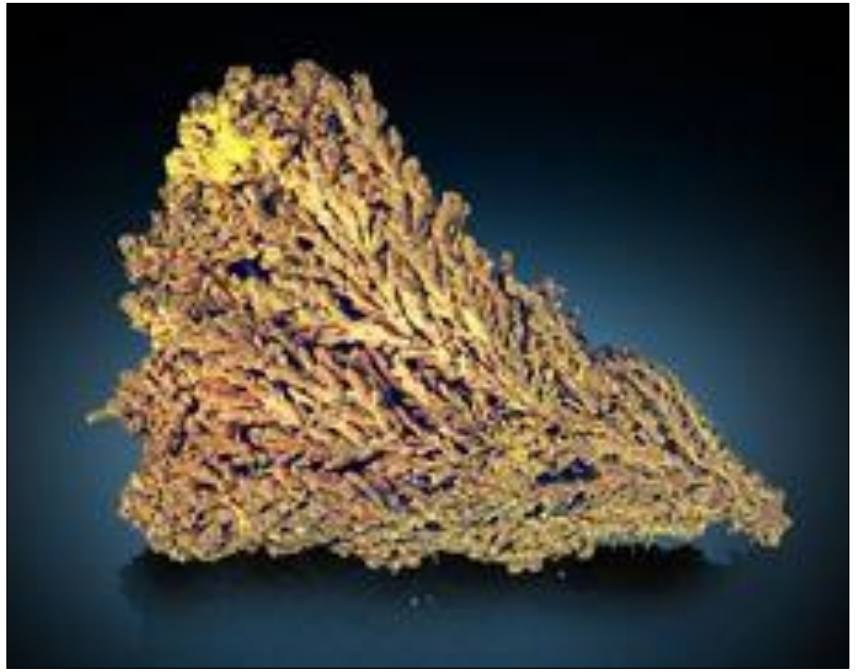
A réz kémiai tulajdonságai

- Vegyjele: Cu (cuprum = réz, latin → ciprusi fém).
- A magyar *réz* szó eredete bizonytalan, talán kaukázusi jövevényszó (*rez* = sárgaréz a kaukázusi avarban). Végső forrása a közép-perzsa *rod* (= érc, sárgaréz-öntvény) lehet.
- Rendszáma: 29.
- Elektronkonfiguráció: $[Ar]3d^{10}4s^{1}$.
- Atomsugara: 1,35 Å, ionsugara: 0,74-0,91 Å (Cu^{+}), 0,71-0,87 Å (Cu^{2+}).
- Természetes izotópjai: ^{63}Cu 69,1% és ^{65}Cu 30,9%.
- Színe: rézvörös.
- Fénye: fémes.
- Képlékeny, könnyen megmunkálható, jól vezeti az elektromosságot és a hőt.
- Relatív atomtömege: 63,546.
- Olvadáspontja: 1083 °C.
- Sűrűsége: 8,96 g/cm^3.



Rézkor

- Az újkőkor (neolitikum) és a bronzkor közötti történelmi időszak, kb. Kr.e. 4500-3300 között (de ez területenként változó).
- Ma inkább kőrézkornak vagy korai bronzkornak, illetve eneolitikumnak nevezik.
- Ekkortól kezdte használni az ember az első fémeket, vagyis a rezet, az aranyat és az ezüstöt.



← *Termésréz, Rudabánya (12 cm). HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.*

Rézbalták a badeni kultúrából (Kr.e. 3500-2800 éve). Budapesti Történeti Múzeum gyűjteménye.

Patina (rézrozsda)

A budavári palota kupolája.

Szabadság szobor (New York, USA).

Patina = rézből, illetve rézötvözetekből (pl. sárgaréz, bronz) készült tárgyak felületén megjelenő, zöld színű korróziós termék, mely különböző réz-tartalmú vegyületek (oxidok, hidroxidok, karbonátok, szulfátok) keverékéből áll.

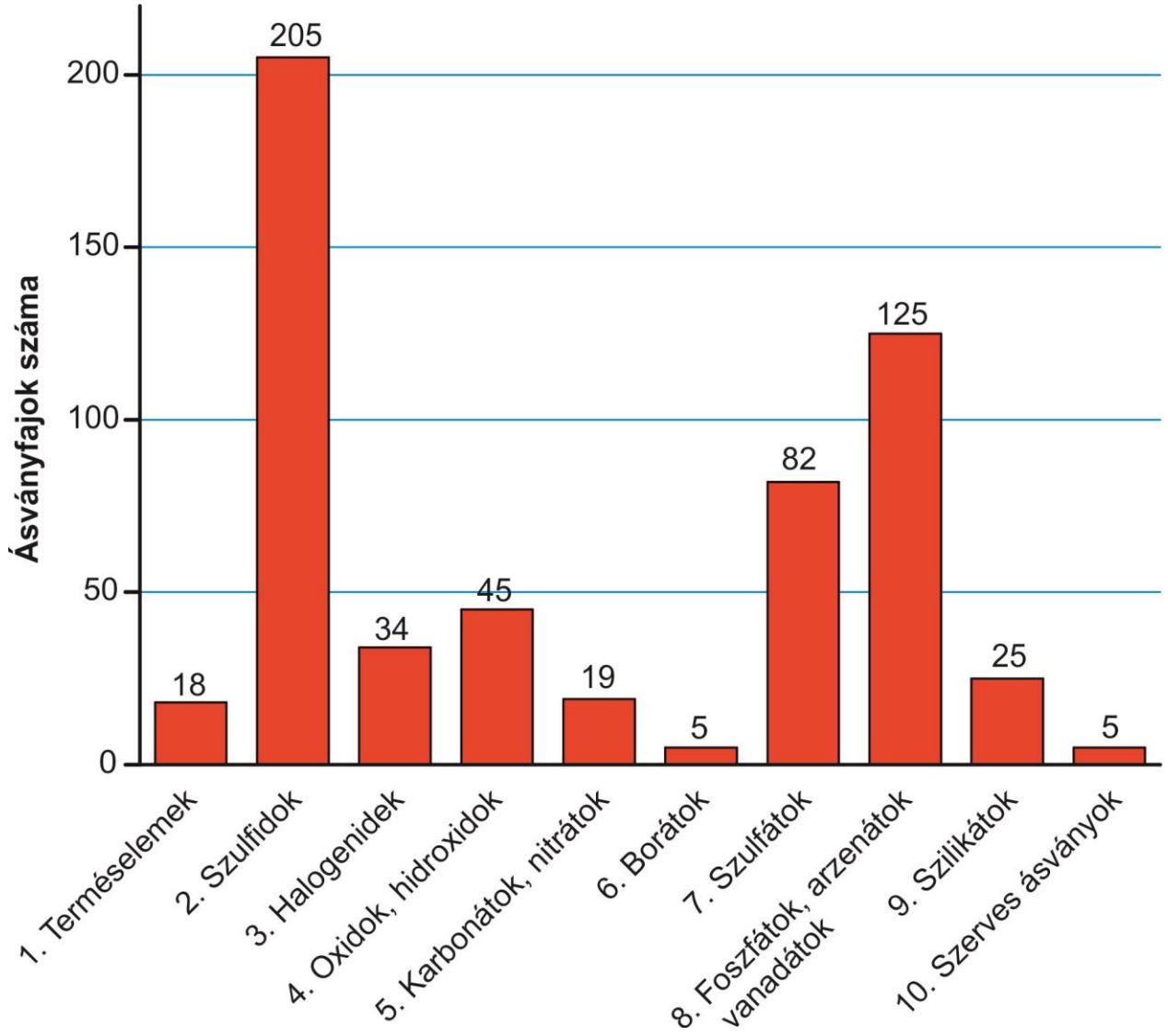
A leggyakoribb elemek a földkéregben

1. Oxigén: 46,1%.
2. Szilícium: 28,2%.
3. Alumínium: 8,23%.
4. Vas: 5,63%.
5. Kalcium: 4,15%.
6. Nátrium: 2,36%.
7. Magnézium: 2,33%.
8. Kálium: 2,09%.
9. Titán: 0,57%.
10. Hidrogén: 0,14%.
11. Foszfor: 0,11%.
12. Mangán: 0,095%.
13. Fluor: 0,059%.
14. Bárium: 0,043%.
15. Stroncium: 0,037%.
16. Kén: 0,035%.
17. Szén: 0,020%.
18. Cirkónium: 0,017%.
19. Klór: 0,015%.
20. Vanádium: 0,012%.
21. Króm: 0,010%.
22. Rubídium: 90 ppm.
23. Nikkel: 84 ppm.
24. Cink: 70 ppm.
25. Cérium: 66,5 ppm.
26. **Réz: 60 ppm.**

A réz geokémiai tulajdonságai

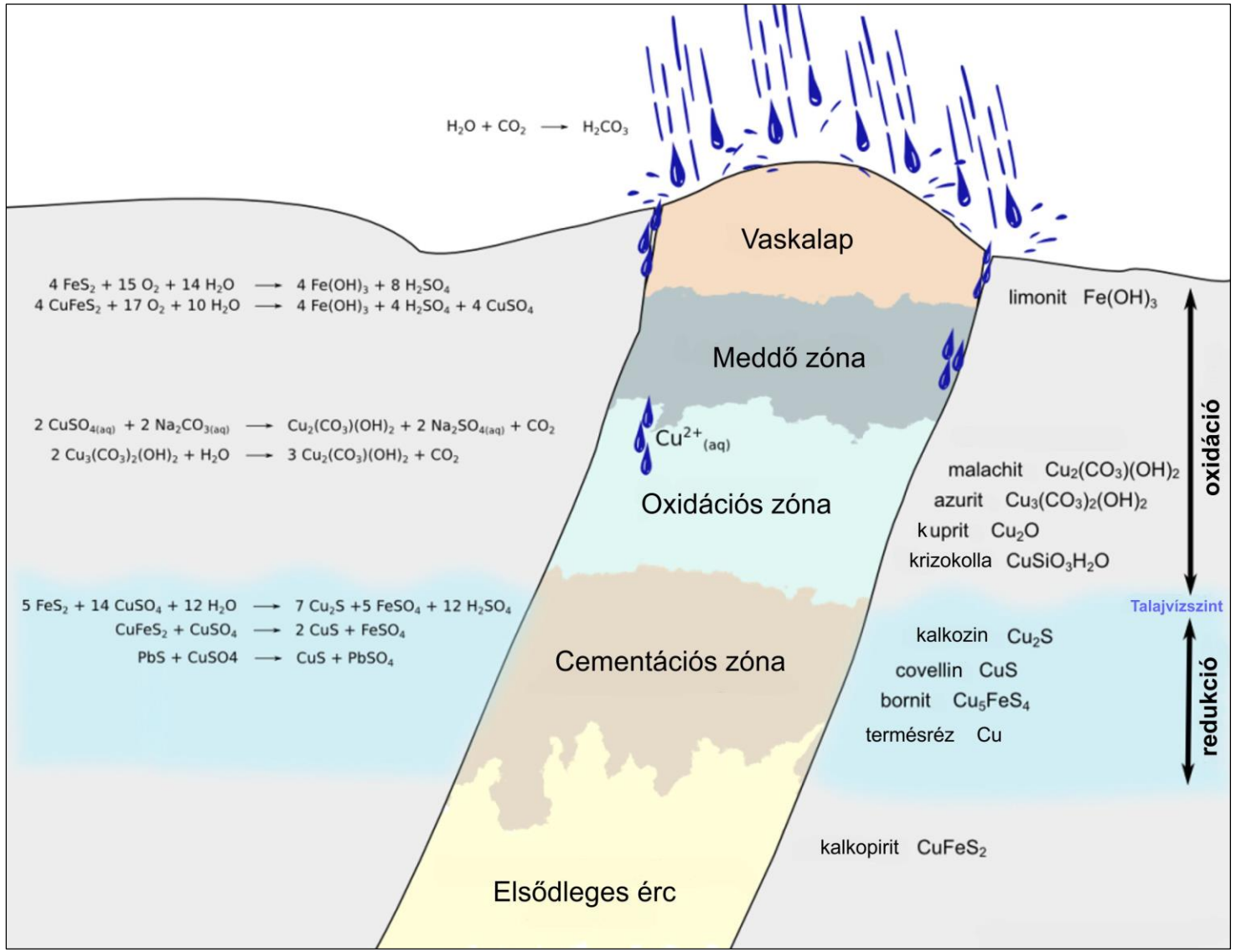
- A földkéreg 26. leggyakoribb eleme: átlagos gyakorisága 60 ppm, bázisos kőzetekben 150 ppm, intermedier kőzetekben 40 ppm, savanyú kőzetekben 15 ppm.
- A Goldschmidt-féle geokémiai osztályozásban a kalkofil elemek közé tartozik, vagyis vegyületeiben a kénhez vonzódik. A földkéregben az egyik legnagyobb mennyiségű kalkofil elem.
- Dúsulásra hajlamos, mivel az atomtérfogatban közelálló Na csak kis mértékben képes elrejteni (ellentétben pl. a nikkellel, melyet a Mg jobban elrejt). A rézből sok megmarad az ásványképződés hidrotermás szakaszára, amikor is könnyen művelhető telepekké dúsul.
- Nagy telepeit szulfidásványok alkotják.
- Műrevaló teleptípusai számos geofázisban megjelenhetnek: likvidmagmás előkristályosodás (kalkopirit, bornit, kubanit), karbonatitokban, szkarnokban (főleg intermedier kőzetekkel kapcsolatban), hidrotermás telérekben (kalkopirit, bornit, kubanit, fakóércek, enargit, kalkozin, bournonit), üledékes sztratiform telepekben (kalkopirit, bornit, kalkozin, termésréz).
- Oxidáló savakban könnyen oldódik, vegyületeiből viszonylag könnyen redukálható színfémmé (gyakran jelenik meg termésréz formájában).
- Három vegyértékállapotban fordul elő: Cu^0, Cu^+ és Cu^{2+}.
- Összesen 563 olyan ásványfajt ismerünk, melyben a réz fő alkotóként megjelenik; ez az összes ismert ásványnak több, mint 10%-a!

A rézásványok száma ásványosztályonként



- A szulfidok osztályba 9 Cu-arzenid is tartozik.
- A karbonátok-nitrátok osztályban 16 Cu-karbonát és 3 Cu-nitrát található.
- Megoszlás a foszfátok osztályban: 30 foszfát, 78 arzenát és 17 vanadát.

Hidrotermás, teléres rézérc átalakulási modellje



Cementréz Úrvölgyről (Szlovákia): lópatkóra kivált természréz. MTM gyűjteménye. Fotó: Papp G.

Elsődleges Cu-szulfidok

Kalkopirit, $CuFeS_2$, szfalerittel és galenittel. Gyöngyösoroszi, Aranybánya-telér. Képszélesség: 3 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Tetraedrit, $(Cu, Fe)_{12}(Sb, As)_4S_{13}$, bornitos bevonattal. Rudabánya, Andrássy-I. Képszélesség: 2 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Elsődleges Cu-szulfidok

Enargit, Cu_3AsS_4, Recsk, Lahóca. Képszélesség: 3 mm. Klaj S. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

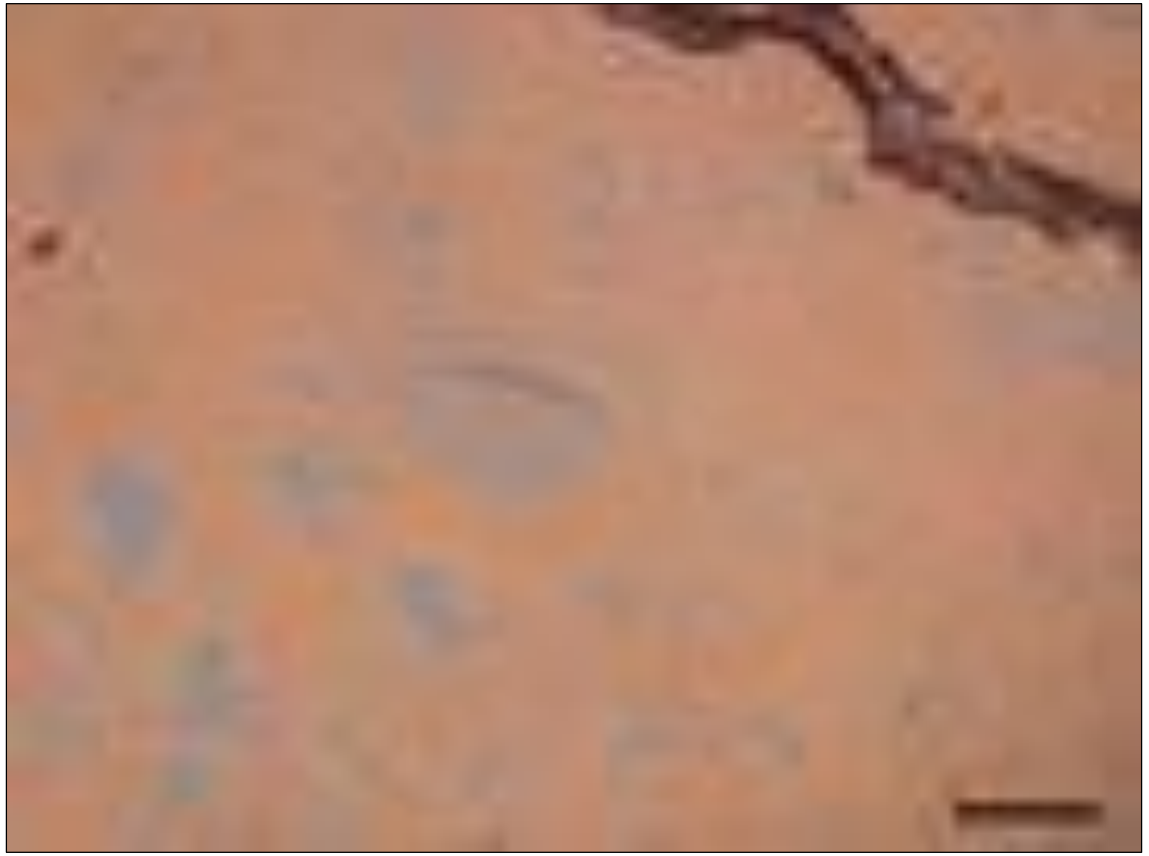
Bournonit, $PbCuSbS_3$, Óradna (Románia). A kristály 5 mm-es. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-szulfidok

„Pávaérc”: aranysárga kalkopirit, bíborszínű bornit (Cu_5FeS_4) és kék covellin (CuS) együttese Mexikóból.

Jól fejlett kalkopiritkristályokat bevonó fekete kalkozin (Cu_2S), fehér kvarcon. Cobre-bánya, Concepción del Oro, Zacatecas (Mexikó). Mérete: 8 x 5,4 x 5 cm. Gyűjtemény és fotó: Robert Lavinsky.

Cu-szulfidok



Bal oldali kép: Aranysárga kalkopiritet helyettesítő barna bornit, hematiterekkel. Skála: 100 µm. *Jobb oldali kép:* Barna bornitban szürkéskék covellin. Skála: 50 µm. Rožná (Csehország). Ércmikroszkópi felvételek. Fotók: Stefan Örtel.

Cu-halogenidek

Claringbullit, $Cu_4Cl(OH)_7$, kupriton. Rudabánya. Képszélesség: 3 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Connellit, $Cu_{19}Cl_4(SO_4)(OH)_{32} \bullet 3\ H_2O$, kupriton. Rudabánya. Képszélesség: 4 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

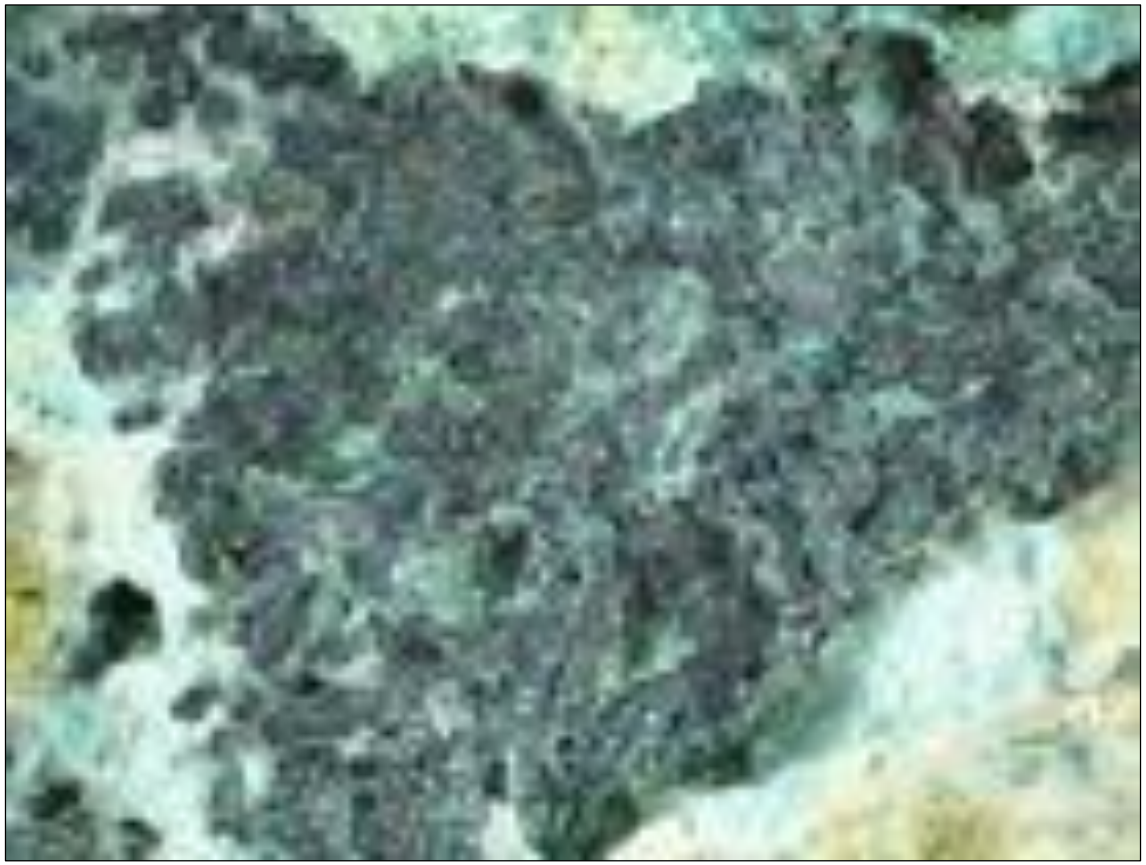
Cu-halogenidek

Paratacamit, $Cu_2Cl(OH)_3$, Rudabánya, Andrássy-I. Képszélesség: 2,5 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Szakáll S.

Eriokalkit, $CuCl_2 \bullet 2H_2O$, Recsk, mélyszint, -700 m. Mérete: 2 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Szakáll S.

Cu-oxidok

Kuprit, Cu_2O, Rudabánya, Andrássy-II. Képszélesség: 2 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.



Tenorit, CuO, Rudabánya, Andrássy-III. Képszélesség: 1,5 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-karbonátok

Malachit, $Cu_2(CO_3)(OH)_2$, kalciton. Rudabánya. Képszélesség: 5 cm. Bányászattörténeti Múzeum gyűjteménye (Rudabánya). Fotó: Tóth L.

Azurit, $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$, Rudabánya. Képszélesség: 5 mm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

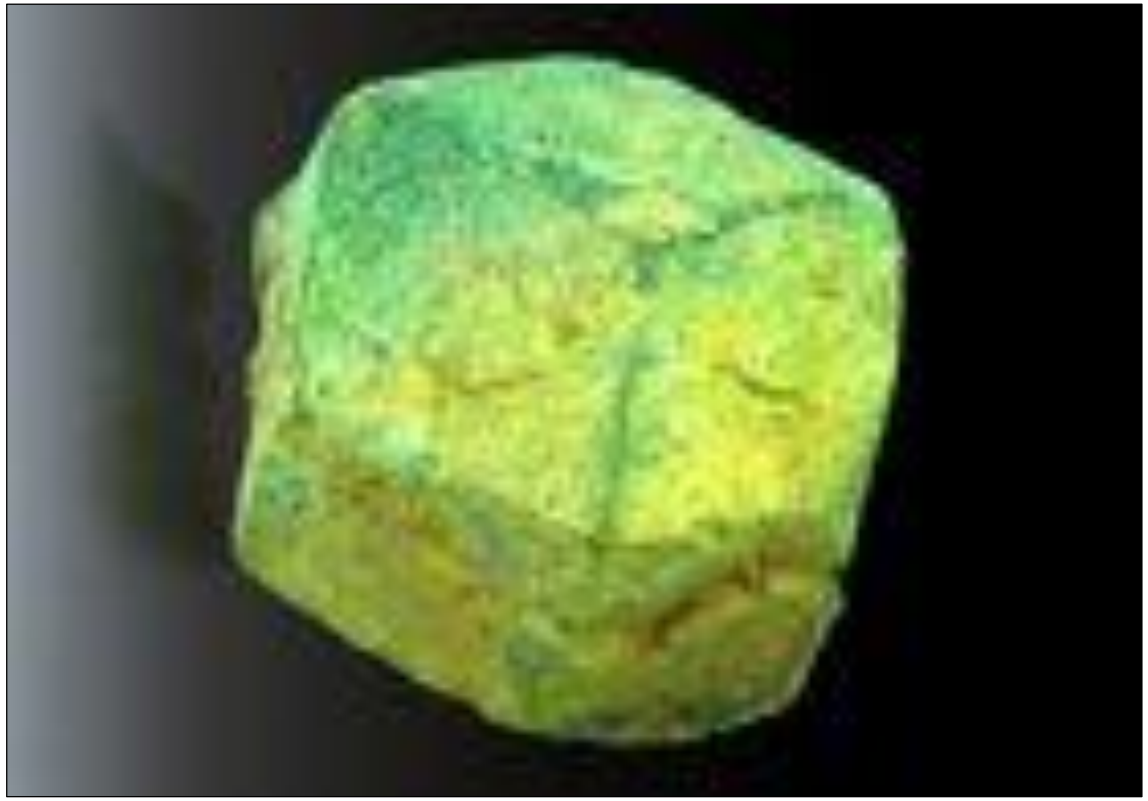
Cu-karbonátok

Részben malachittá alakult azurit, Rudabánya, Andrássy-I. A példány 7 cm-es. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Malachit álalakok max. 4 cm-es, táblás azuritkristályok után. Rudabánya, Andrássy-II. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-karbonátok

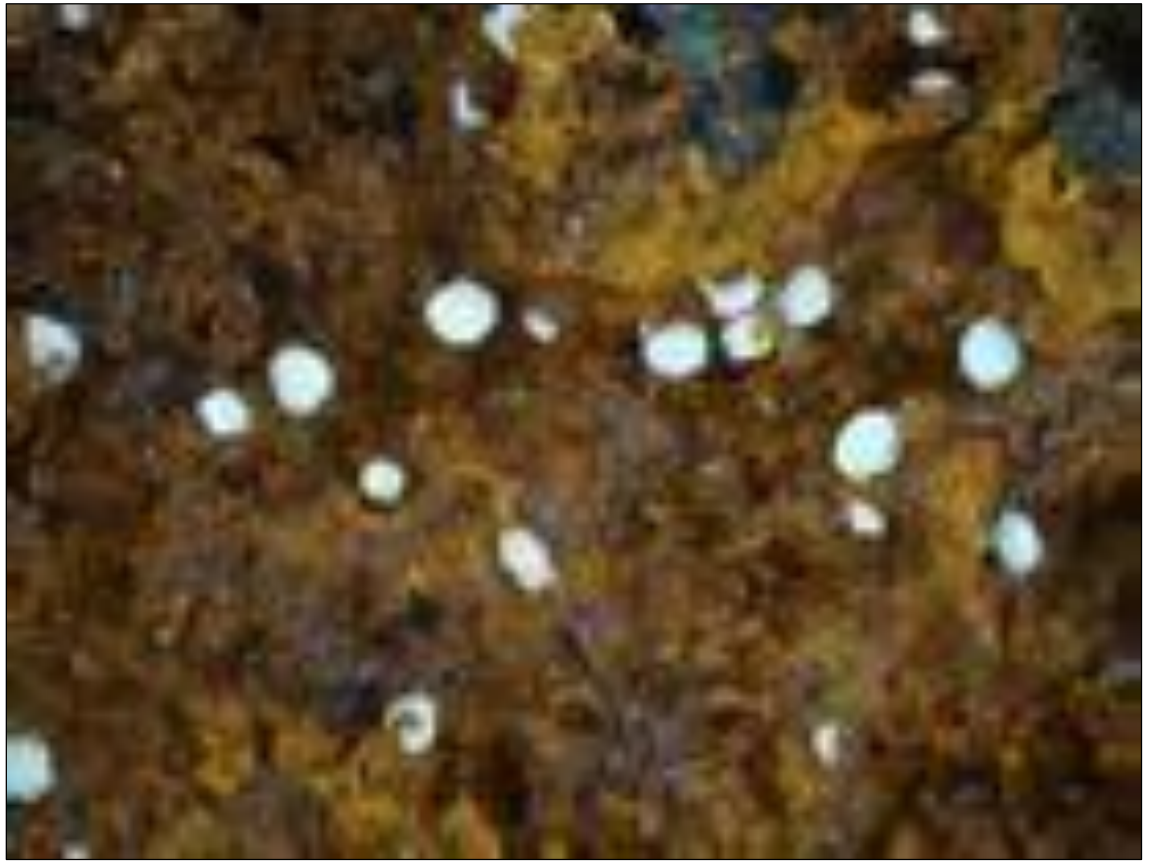
Termésréz malachitbevonattal, Rudabánya, Andrássy-II.
Mérete: 18 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.



Kuprit malachitbevonattal, Rudabánya, Adolf bányarész.
Mérete: 2,5 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-karbonátok

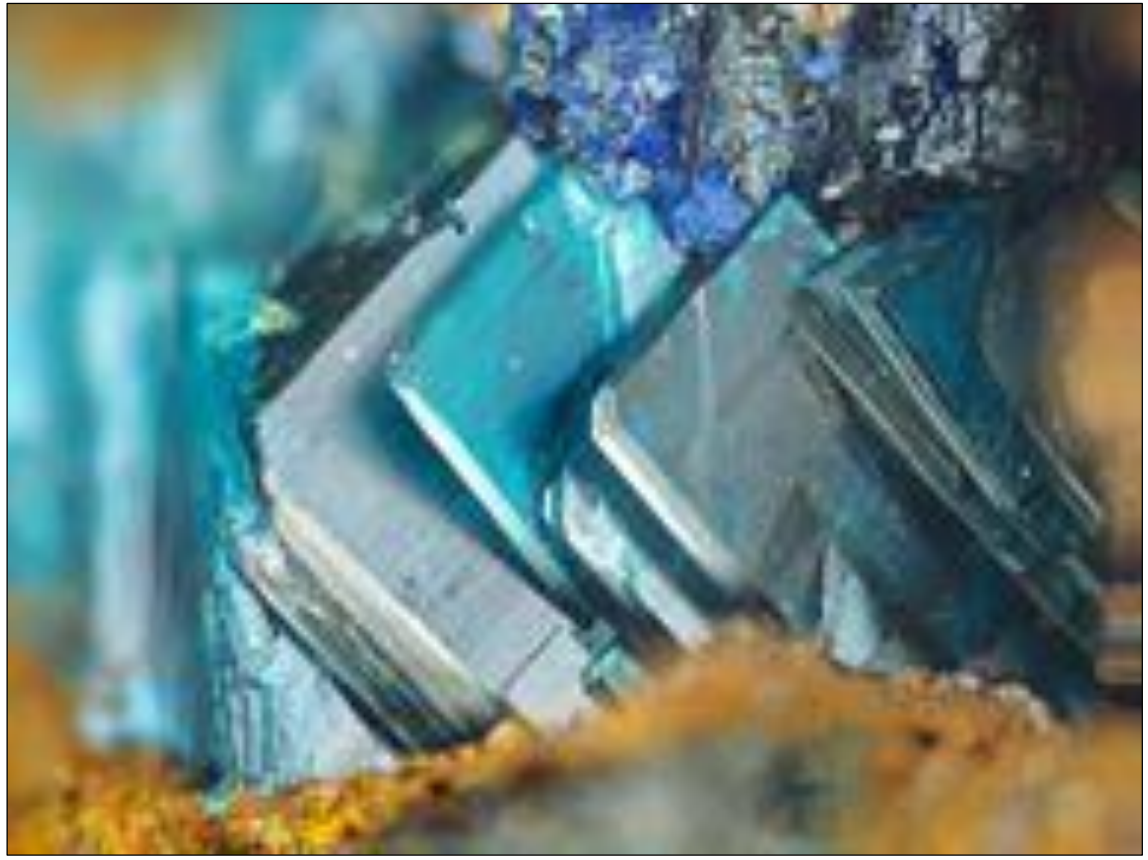
Rosasit, $CuZn(CO_3)(OH)_2$, Rudabánya, Andrássy-I. Képszélesség: 6 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.



Parádsasvárit, $Zn_2(CO_3)(OH)_2$, Rudabánya, Andrássy-I. Képszélesség: 4 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-karbonátok és -nitrátok

Aurikalkit, $(Zn, Cu)_5(CO_3)_2(OH)_6$, Rudabánya, Adolf bányarész. Képszélesség: 4 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.



Gerhardtit, $Cu_2(NO_3)(OH)_3$, Rudabánya. Képszélesség: 3 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

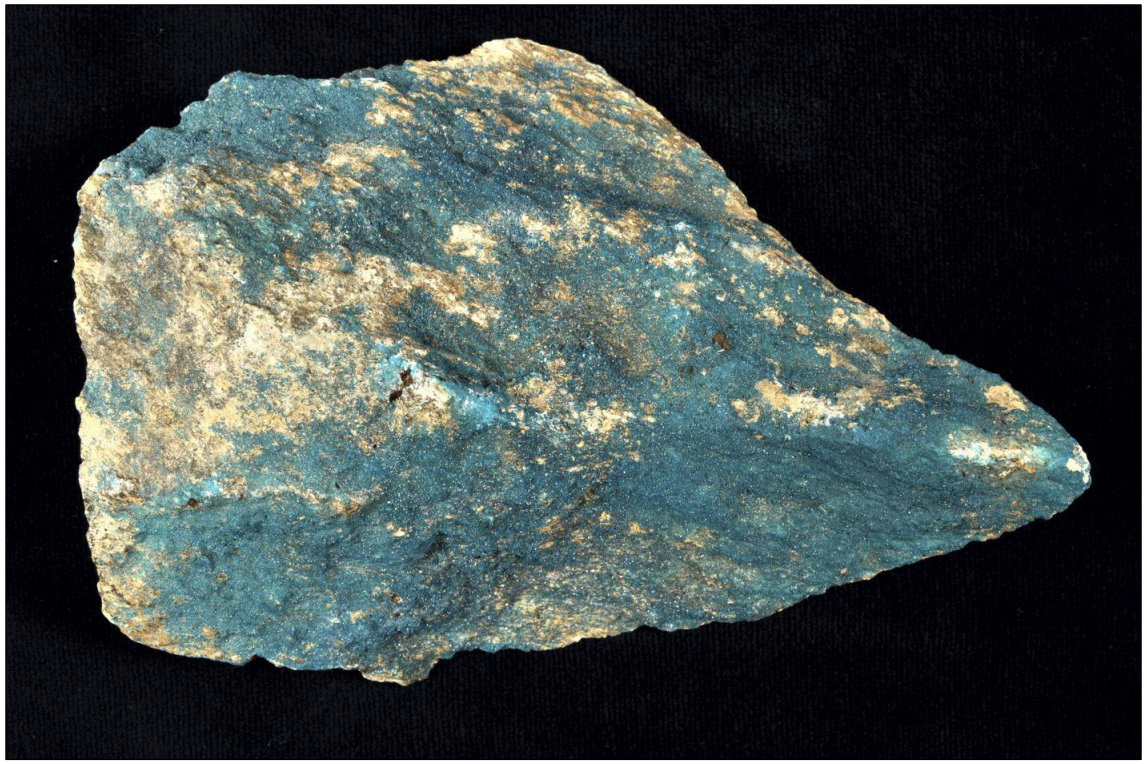
Cu-borátok

Santarosait, CuB_2O_4, Santa Rosa-bánya, Iquique tartomány, Tarapacá (Chile). Képszélesség: 1 mm. Gyűjtemény és fotó: Tony Peterson.

Henmilit, $Ca_2Cu[B(OH)_4]_2(OH)_4$, Fuka-bánya, Takahashi, Okayama prefektúra (Japán). Képszélesség: 3 mm. Gyűjtemény és fotó: Gianfranco Ciccolini.

Cu-szulfátok

Kalkantit, $CuSO_4 \bullet 5H_2O$, Recsk, Lahóca. Képszélesség: 5 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Jáger V.



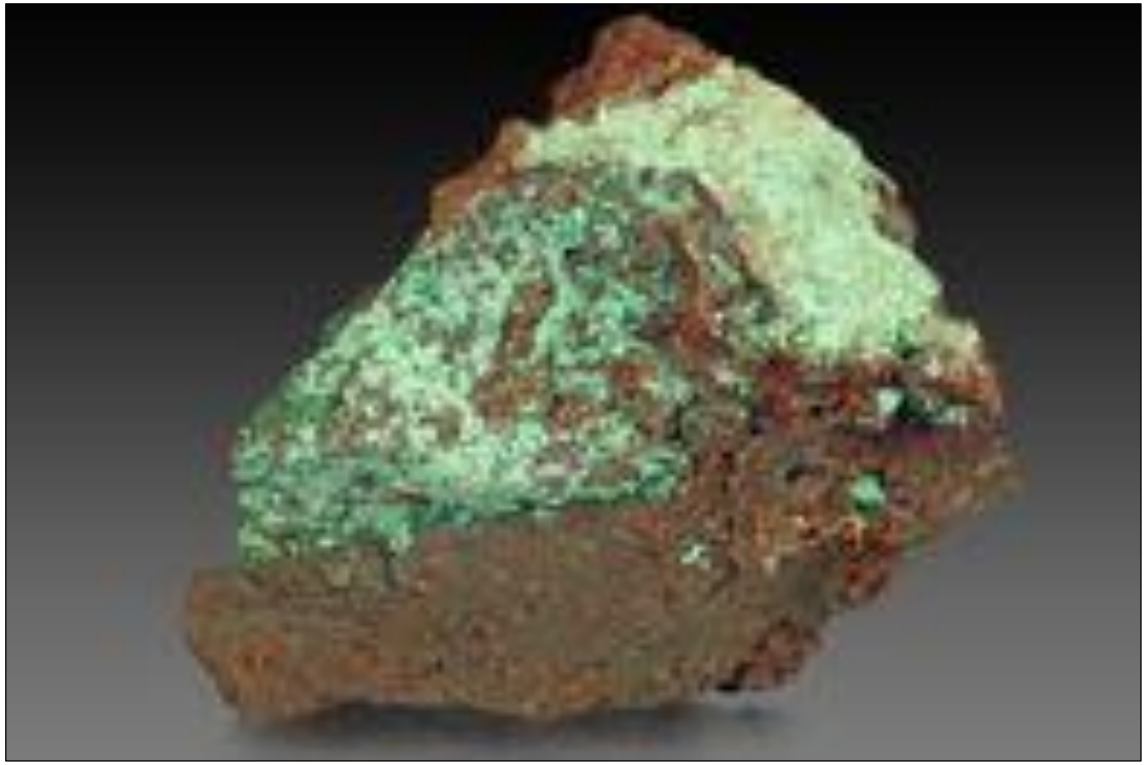
Langit, $Cu_4(SO_4)(OH)_6 \bullet 2H_2O$, Libetbánya, Podlipa (Szlovákia). Mérete: 14 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Kulcsár G.

Cu-szulfátok

Cianotrichit, $Cu_4Al_2(SO_4)(OH)_{12} \bullet 2H_2O$, Újmoldova (Románia). Képszélesség: 1,2 cm. MTM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Devillin, $CaCu_4(SO_4)_2(OH)_6 \bullet 3H_2O$. Nagybörzsöny, Altáró. Képszélesség: 0,7 mm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

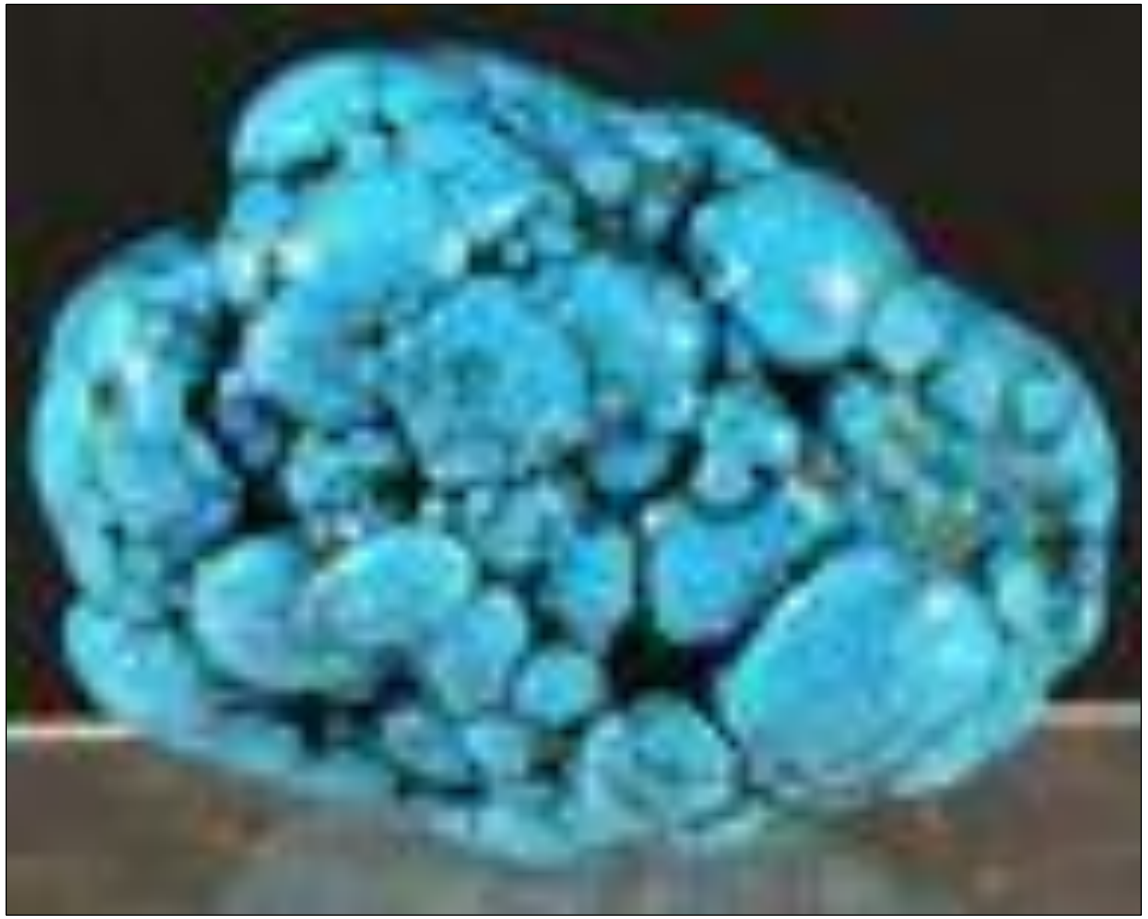
Cu-szulfátok



Antlerit, $Cu_3(SO_4)(OH)_4$, Rudabánya, Andrássy-I. Mérete: 7,5 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Brochantit, $Cu_4(SO_4)(OH)_6$, Rudabánya, Andrássy-I. Képszélesség: 3 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

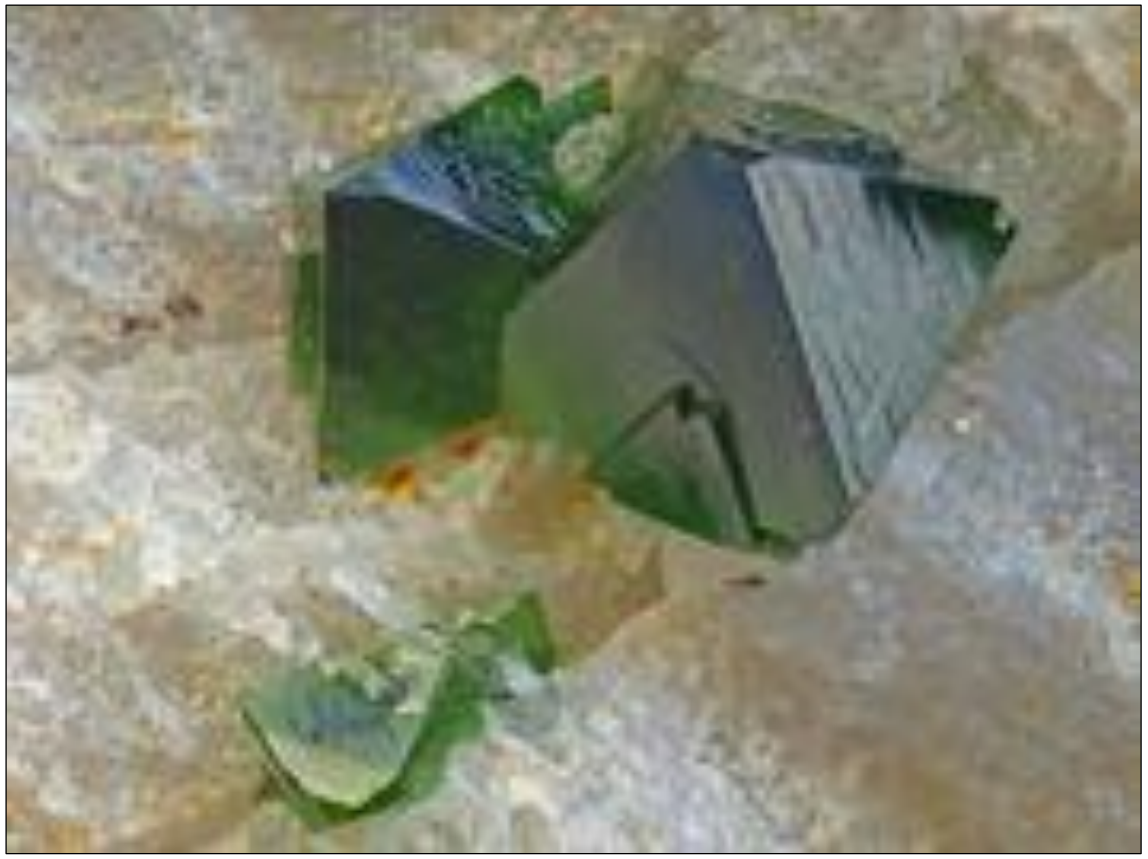
Cu-foszfátok



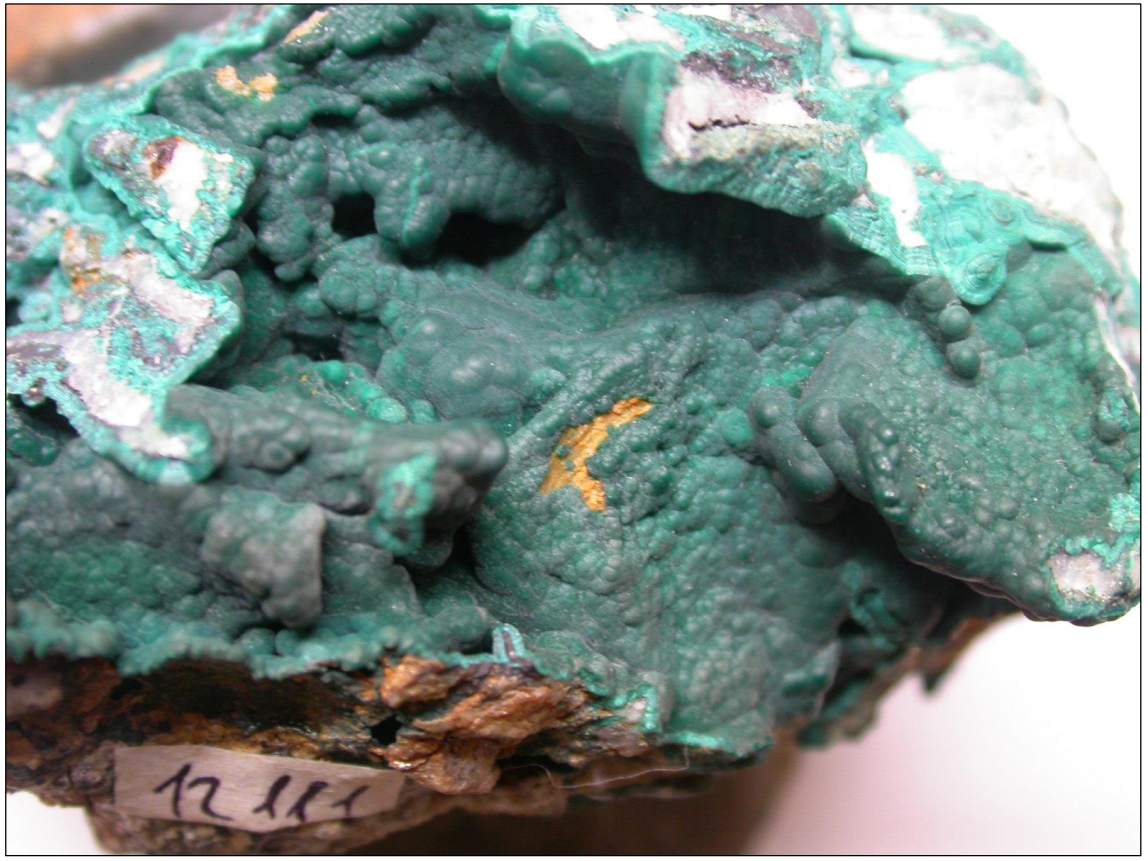
Türkiz, $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \bullet 4H_2O$, Cerro Blanco pegmatitkörzet, Tanti, Córdoba tartomány (Argentína). Paolo Franchi gyűjteménye. Fotó: Franco Amadori.

Veszelyit, $(Cu, Zn)_3(PO_4)(OH)_3 \bullet 2H_2O$, Vaskő (Románia). Képszélesség: 1 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-foszfátok



Libethenit, $Cu_2(PO_4)(OH)$, Libetbánya (Szlovákia). Képszélesség: 5 mm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.



Pszeudomalachit, $Cu_5(PO_4)_2(OH)_4$, Libetbánya (Szlovákia). Képszélesség: 6 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Szakáll S.

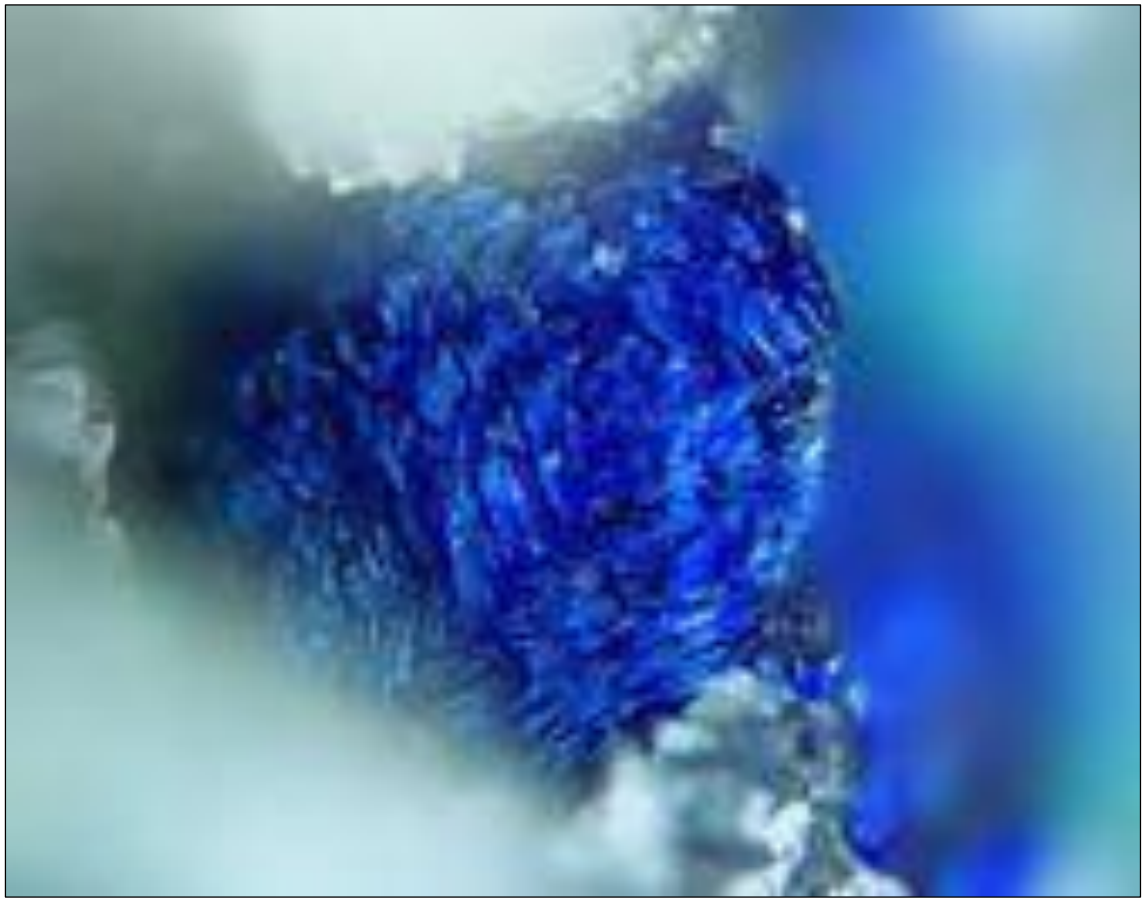
Cu-arzenátok

Klajit, $MnCu_4(AsO_4)_2(AsO_3OH)_2 \bullet 9\text{-}10H_2O$, Recsk, Rm-48. lejtakna. Képszélesség: 1 mm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Bayldonit, $PbCu_3(AsO_4)_2(OH)_2$, zöld bekérgezés oszlopos mimeteziten. Lovasberény, Likas-kő. Képszélesség: 15 mm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-arzenátok

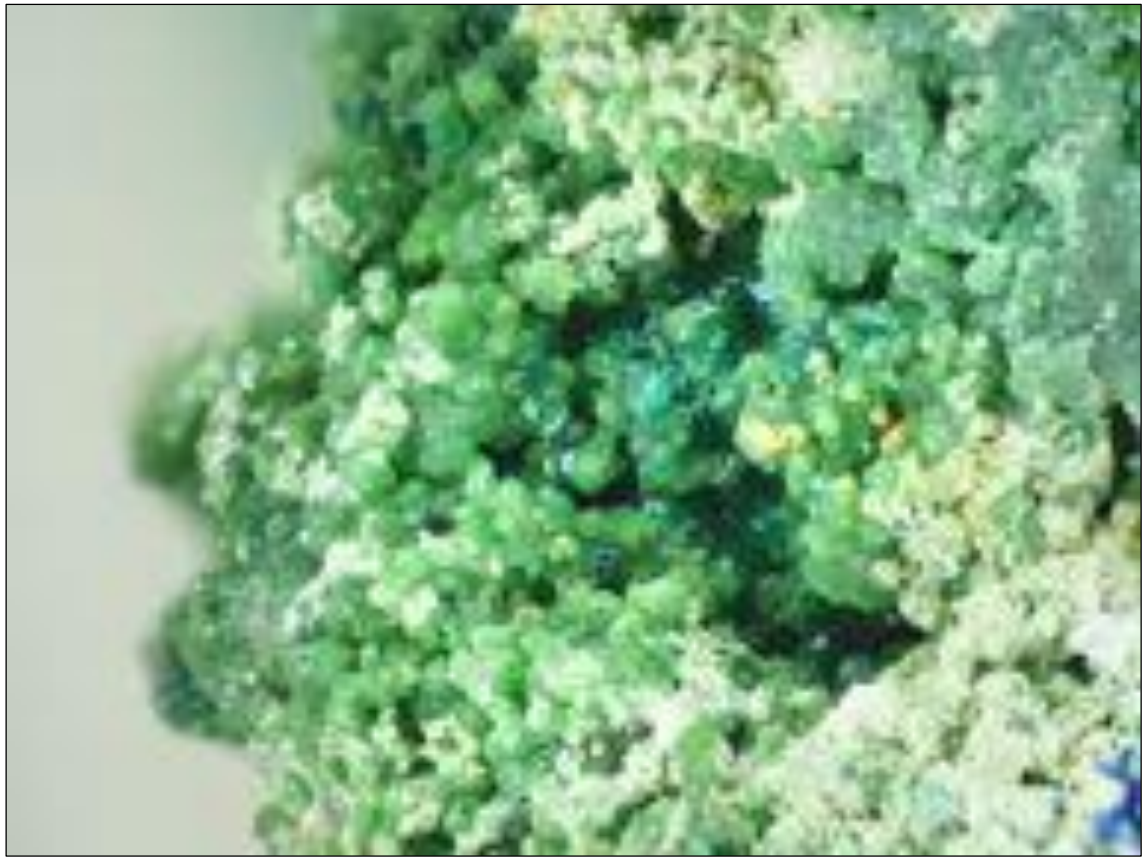
Gartrellit, $Pb(Cu, Fe, Zn)_2(AsO_4)_2(OH, H_2O)_2$, Lovasberény, Likas-kő. Képszélesség: 2 mm. Gyűjtemény és fotó: Tóth L.



Klinoklász, $Cu_3(AsO_4)(OH)_3$, Lovasberény, Likas-kő. Képszélesség: 0,7 mm. Gyűjtemény és fotó: Tóth L.

Cu-arzenátok

Olivenit, $Cu_2(AsO_4)(OH)$, Rudabánya, Polyánka. Képszélesség: 5 mm. Koller G. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.



Konikalkit, $CaCu(AsO_4)(OH)$, Rudabánya, Andrássy-III. Képszélesség: 5,5 mm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Cu-arzenátok

Zeunerit, $Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \bullet 12H_2O$, Badacsonyörs, Örsi-hegy. Képszélesség: 1 mm. Klaj S. gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

Eukroit, $Cu_2(AsO_4)(OH) \bullet 3H_2O$, Libetbánya (Szlovákia). Képszélesség: 6 mm. ME gyűjteménye. Fotó: Tóth L.

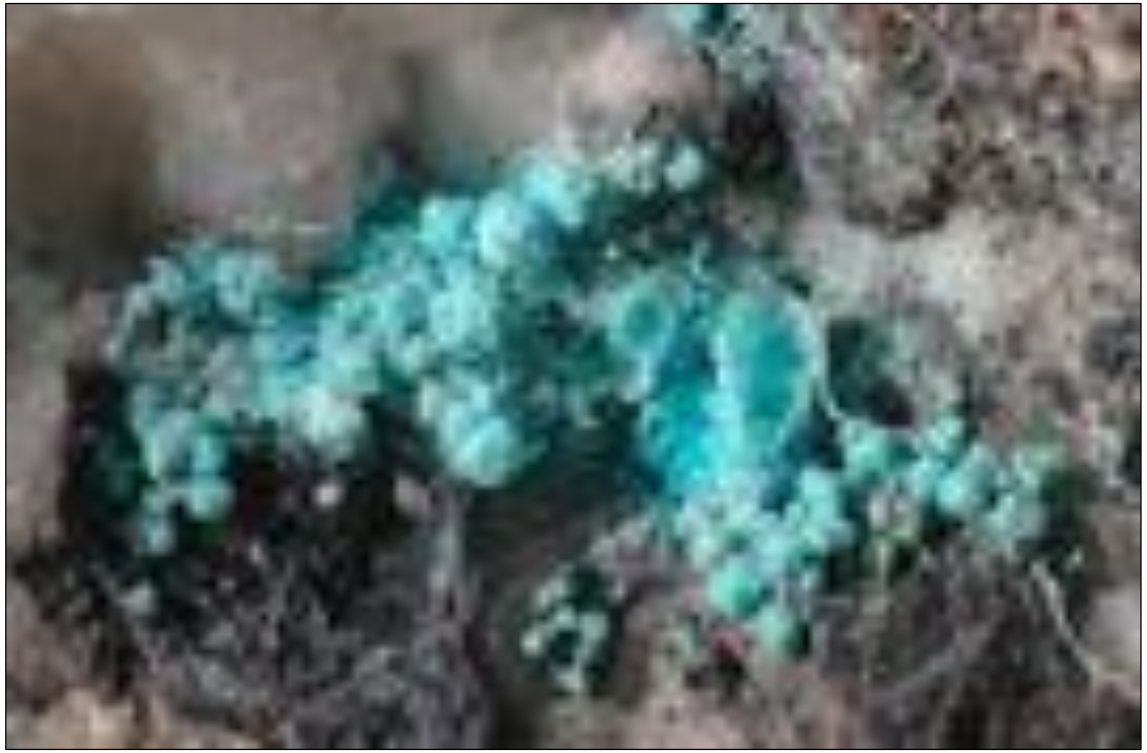
Cu-szilikátok

Krizokolla, $(Cu, Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4 \bullet nH_2O$, Lubumbashi, Katanga (Kongó = Zaire). Képszélesség: 6 cm. Gyűjtemény és fotó: Albert Russ.

Dioptáz, $CuSiO_3 \bullet H_2O$, Altin-Tyube, Karaganda régió (Kazahsztán). Mérete: 55 x 43 mm. Gyűjtemény és fotó: Oleg Lopatkin.

Szerves Cu-ásványok

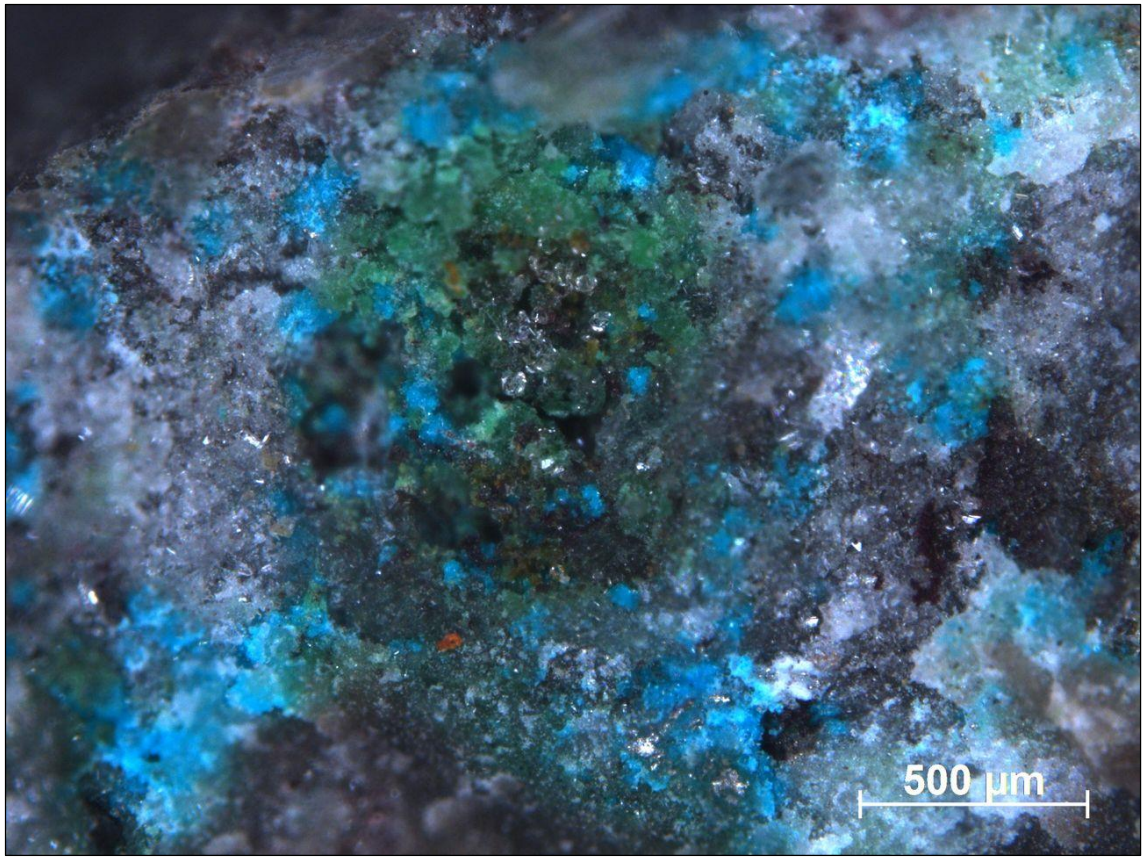
Hoganit, $Cu(CH_3COO)_2 \bullet H_2O$ = víztartalmú réz-acetát, Courtland, Cochise megye, Arizona (USA). Képszélesség: 2 mm. Gyűjtemény és fotó: Lukasz Kruszewski.



Moolooit, $Cu(C_2O_4) \bullet 0{,}4H_2O$ = Cu-oxalát, Clara-bánya, Oberwolfach, Baden-Württemberg (Németország). Képszélesség: 1 cm. Gyűjtemény és fotó: Fritz Schreiber.

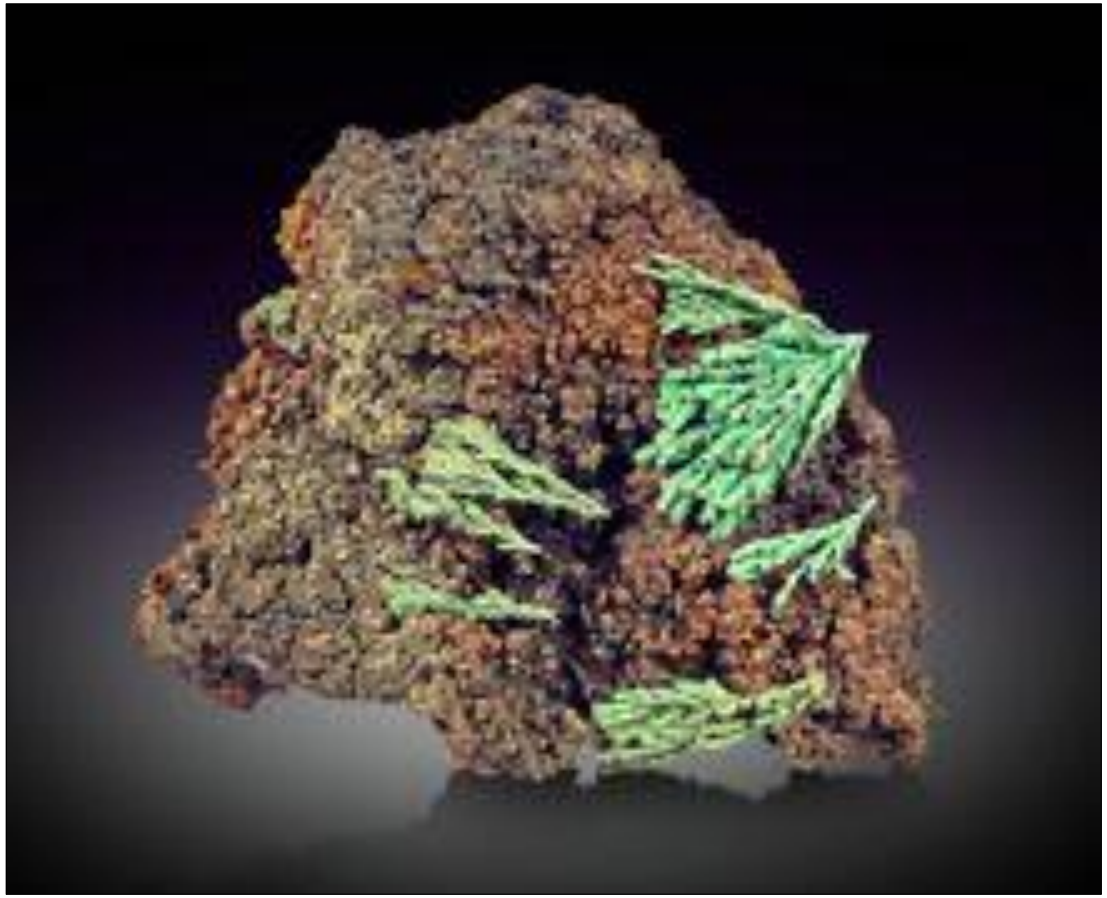
Új rézásványok Magyarországról?

Ismeretlen Ca-Cu-arzenát ≈ $CaCu_2(AsO_4)_2$ + víz?,
Rudabánya. Képszélesség: 2 mm. HOM gyűjteménye.
Fotó: Szakáll S. (Recsken is van hasonló!)



Ismeretlen (szerves?) Cu-ásvány malachittal,
Legyesbénye. HOM gyűjteménye. Fotó: Papp R. Z.

Köszönöm a figyelmüket!



Malachitosodott termésréz, Rudabánya. Mérete: 8,5 cm. HOM gyűjteménye. Fotó: Tóth L.