ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
CVI (2021): 2, 145–160, 2021

PROVENIENCE ZLATA VE FLUVIÁLNÍCH SEDIMENTECH POTOKŮ SITUOVANÝCH SEVEROZÁPADNĚ OD BRNA-ŽEBĚTÍNA (MORAVA, ČESKÁ REPUBLIKA)

PROVENANCE OF GOLD IN FLUVIAL SEDIMENTS FROM THE STREAMS SITUATED NORTHWEST OF THE BRNO-ŽEBĚTÍN (MORAVIA, CZECH REPUBLIC)

DAVID BURIÁNEK, JAN PROVAZNÍK, PAVLA HRŠELOVÁ, STANISLAV HOUZAR

Abstract

Buriánek, D., Provazník, J., Hršelová, P., Houzar, S., 2021: Provenience zlata ve fluviálních sedimentech potoků situovaných severozápadně od Brna-Žebětína (Morava, Česká republika). – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 106, 2, 145–160 (with English summary).

Provenance of gold in fluvial sediments from the streams situated northwest of the Brno-Žebětín (Moravia, Czech Republic)

The main purpose of this paper was to study the heavy minerals and typomorphic features of placer gold in the central part of the Brno Massif (Brunovistulian Unit, Bohemian Massif). Placer gold occurrences were found in small streams NW from the Brno-Žebětín (NW from Brno city, eastern part of Czech Republic). The Brunovistulian Unit is relatively poor in ore deposits compared with another part of Bohemian Massif. Data obtained from the study of heavy minerals suggest that gold found in fluvial sediments from the right-hand tributaries of the Svratka river was derived in close surroundings (from a distance reaching a maximum of the first km). The heavy mineral assemblage is composed of minerals epidote group (16–28 %), magnetite (7–27 %), apatite (7–19 %), titanite and axinite (5–19 %), zircon (6–17 %), amphibole (0–17 %), pyrite (2–15 %), garnet (2–9 %), ilmenite (1–6 %), monazite a xenotime (1–4 %), scheelite (0.0–0.5 %). The petrological character of the clasts and mineral signatures of heavy mineral assemblage each studied samples indicates minimal source area (maximum a few km^2). The igneous and metamorphic rocks of the Brno Massif represent the main source of material for clastic sediments within the studied streams. Gold is associated with pyrite and is probably related to hydrothermal quartz veins or alteration zones.

Key words: gold, heavy minerals, stream sediments, Brno Massif, Moravia, Czech Republic

David Buriánek, Czech Geological Survey, Leitnerova 22, 659 37 Brno, Czech Republic, e-mail: david.burianek@geology.cz

Jan Provazník, Department of Geological Sciences Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 659 37 Brno, Czech Republic

Pavla Hršelová, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic

Stanislav Houzar, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic

1. ÚVOD

Brunovistulikum, situované na východním okraji Českého masivu, je z hlediska ložiskové geologie poměrně chudé na rudní mineralizace. Nalezneme zde pouze sporadické a spíše jen mineralogicky významné výskyty měděných, molybdenových a železných rud vázaných na

křemenné a barytové žíly v granitoidech i metabazitech. O možném výskytu nebo i kutání na zlato u Brna se zachovaly pouze nejasné zprávy z let 1297 a 1343, týkající se udělení horních práv Želešicím (D'ELVERT 1866, WOLFSKRON 1889, ŠTELCL *et al.* 1986). Donedávna však k výskytům zlata v okolí Brna chyběly jakékoliv věrohodné doklady.

Při regionální šlichové prospekci (MORÁVEK *et al.* 1985, MORÁVEK *et al.* 1992, KNOPF *et al.* 2003) bylo nalezeno zlato v drobných přítocích Svratky situovaných sz. od Brno-Žebětína. Zdejší výskyt zlata byl před několika lety ověřen na potoku Vrbovec S. Postbieglem. Jednalo se o hrudkovité zlatinky o velikosti 0,X–3 mm. Analyzovaná zlatinka obsahovala 78 % Au a 22 % Ag (HRDLIČKOVÁ *ed.* 2020).

Cílem předložené práce bylo prostudovat minerální složení těžkých podílů v písčitých sedimentech vybraných pravostranných přítoků Svratky sz. od Brna-Žebětína. Na základě podrobnějšího studia těžkých podílů s obsahem zlata jsme se pokusili identifikovat jeho zdroj.

2. METODIKA

Na základě výsledků předchozí prospekce (MORÁVEK *et al.* 1985, KNOPF *et al.* 2003) byla vytipována místa odběru šlichových vzorků z fluviálních sedimentů potoků Vrbovec a Veverka situovaných sz. od Brna-Žebětína (tab. 1). Materiál byl nejprve zbaven hrubší frakce (valounů nad 2 cm) a vodou se odkalila nejjemnější frakce (jíl a prach). Těžké minerály (TM) byly získány rýžováním, přičemž lehký písčitý podíl byl odstraněn pomocí rýžovací pánve.

Ve snosových oblastech potoků, které obsahovaly v těžkých podílech sedimentů zlatinky, byla provedena terénní rekognoskace za účelem vyhledání zdrojů zlata. Téměř všechny výskyty křemenných žil ve studované oblasti byly ovzorkovány (AUB30, AUB31, AUB33, AUB35, AUB36, AUB37, AUB40). Zhruba 1 kg vzorku byl rozdrcen a poté byly získány těžké minerály rýžováním.

V laboratoři byla nejprve zpracována celá těžká frakce sedimentu i drcených horninových vzorků. Asociace těžkých minerálů byly studovány pomocí binokulárního mikroskopu Nikon SMZ 1500. Jednotlivé minerály jsou určeny na základě tvaru, barvy, štěpnosti a dalších optických vlastností (např. index lomu ve vodní imerzi v polarizovaném světle; ROST 1956). V každém vzorku sedimentů pak bylo vyhodnoceno 200–300 minerálních zrn (tab. 1). Pro určení podílu magnetitu byl použit permanentní magnet.

Tabulka 1. Shrnutí hlavních rysů studovaných vzorků těžkých minerálů ze sedimentů.
Table 1. Summary of key features of the studied heavy minerals samples from sediments.

vzorek	**AUB0**	**AUB1**	**AUB2**	**JZ1**	**JZ2**	**JZ3**	**AUB34**	**AUB38**	**AUB39**
N	**49.2177811**	**49.2174700**	**49.2176200**	**49.2429986**	**49.2423961**	**49.2499356**	**49.2174333**	**49.2251031**	**49.2240439**
E	**16.4677706**	**16.4661700**	**16.4648200**	**16.4835481**	**16.4816278**	**16.4811453**	**16.4702667**	**16.4368061**	**16.4375475**
potok	**Vrbovec**	**Vrbovec**	**Vrbovec**	**Jelení Žl.**	**Jelení Žl.**	**Jelenice**	**Vrbovec**	**Veverka**	**Veverka**
zlatinka	2	1	0	0	0	0	0	1	0
amfibol	1,8	17,1	6,9	3,5	3,9	0,0	5,0	4,0	5,1
granát	2,3	5,4	8,5	2,6	2,4	1,8	1,5	9,0	8,8
min. epidotové s.	20,9	21,3	27,5	22,7	19,1	16,2	22,6	16,0	21,3
titanit+axinit	8,6	19,2	17,0	13,5	6,1	14,0	6,0	5,0	2,0
ilmenit	3,6	1,7	6,5	1,3	0,9	2,2	1,0	6,0	3,1
magnetit	12,3	17,5	6,5	22,7	23,6	27,2	25,1	22,0	19,4
monazit, xenotim	2,7	1,3	3,6	2,2	1,8	1,5	2,0	2,0	2,5
scheelit	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
pyrit	14,1	2,1	6,1	7,9	8,2	5,9	14,1	15,0	14,2
zirkon	15,0	5,8	7,3	10,9	14,5	16,9	5,5	14,0	15,0
apatit	18,2	8,3	10,1	12,7	19,4	14,3	17,1	7,0	8,3

Koncentrát vzorků AUB1 a AUB2 vzniklý rýžováním byl rozdělen v těžké kapalině (LST nasycený vodný roztok heteropolywolframanu sodného, h = 2,96±0,02 g/cm^3) a získaná těžká frakce. Pro účely tohoto studia byla z takto připravených vzorků odstraněna magnetická frakce a následně byly studovány asociace průsvitných TM pomocí polarizačního mikroskopu. Tímto způsobem bylo ověřeno a upřesněno zastoupení průsvitné frakce TM zjištěné pomocí binokulárního mikroskopu. Z těchto dvou vzorků TM (AUB1 a AUB2) byly také připraveny leštěné preparáty a ty pak byly analyzovány pomocí elektronové mikrosondy CamecaSX-100 (operátor P. Gadas) na Pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy (Společné pracoviště Ústavu geologických věd PřF MU a České geologické služby). Měření probíhalo ve vlnově disperzním módu za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 kV, průměr elektronového svazku 5 μm, proud 30 nA, načítací čas 20 sekund. Jako standardu bylo užito (Kα linie): augit (Si, Mg), ortoklas (K), jadeit (Na), chromit (Cr), almandin (Al), andradit (Fe, Ca), rodonit (Mn), TiO (Ti).

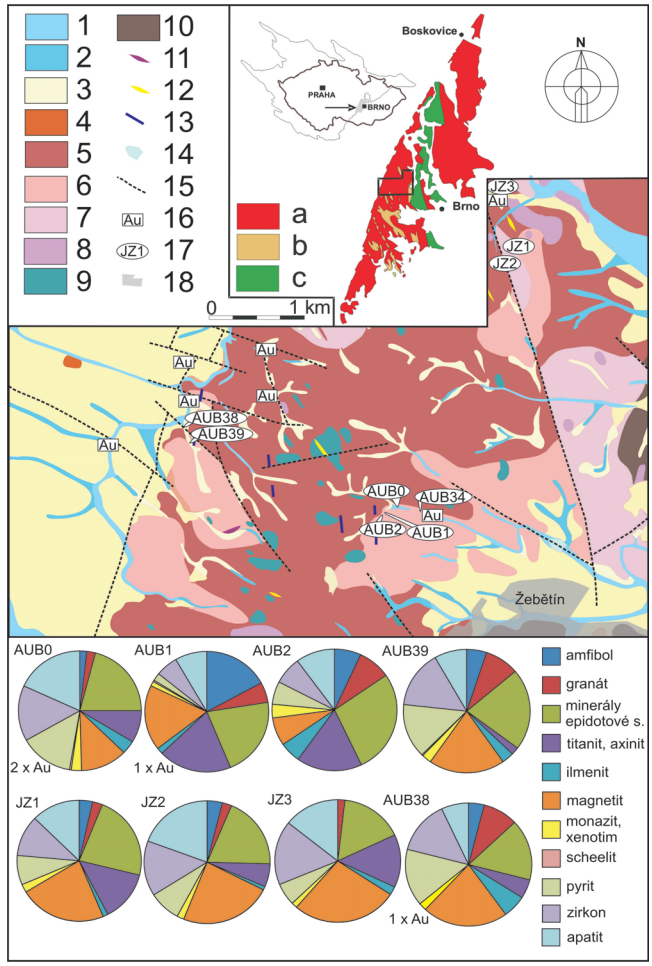
Krystalochemický vzorec amfibolu byl v souladu s platnou klasifikací Hawthorna *et al.* (2012) normalizován metodami Si–Ca&Li = 15 a Si–Mg&Li = 13. Krystalochemický vzorec epidotu byl vypočten na 12,5 aniontů, granátu na 12 O a axinitu na 31 O (ekvivalent vzorce založeného na 30 O a 2 OH). Při přepočtu předpokládáme dva kationty B a plné obsazení pozice OH (OH, F, Cl). Minerály byly přepočteny v programu Microsoft Excel. Reprezentativní chemické složení granátu, amfibolů, epidotu a axinitu je uvedeno v tabulkách 2 až 5. Analýzy zlata nebyly provedeny, protože při přípravě vzorku (broušení) došlo ke ztrátě zlatinek. Použité zkratky minerálu jsou podle Kretze (1983). Kromě našich dat byly při přípravě diagramu použity již dříve publikované analýzy (Čopjaková 2001, Leichmann 1996, Valloová 2005, Buriánek *et al.* 2008).

3. GEOLOGIE ZDROJOVÉ OBLASTI

Brněnský masiv je komplex převážně kadomských magmatických hornin (Mísař *et al.* 1983), který reprezentuje plošně nejrozsáhlejší povrchový výskyt brunovistulika (Dudek 1980). Brněnský masiv se obvykle člení na východní a západní granitoidní část a centrální bazické pásmo (Svoboda *et al.* 1964). Studovaná oblast zasahuje na dvě geologické mapy v měřítku 1 : 25 000, konkrétně na list Brno sever (Hanžl *et al.* 2020) a list Veverská Bytíška (Hrdličková *et al.* 2020). V této oblasti dominují horniny západní granodioritové části brněnského masivu (obr. 1).

Pro studium byla zvolena oblast, která je z jihu ohraničena spojnicí mezi Ostrovačicemi a Brno-Žebětínem. Zahrnuje drobné pravostranné přítoky Svratky v okolí Brněnské přehrady. Západní hranice výskytu hornin brněnského masivu je omezena poklesovým SSV - JJZ orientovaným zlomem, který se táhne od Ostrovačic směrem k hradu Veveří. Tato porucha odděluje horniny brněnského masivu od sedimentů boskovické pánve a je subparalelní s orientací Helenčina údolí. Na východě a severu je studovaná oblast ohraničena fluviálními sedimenty řeky Svratky. Studované území je převážně budováno granodiority s hojnými xenolity metamorfovaných hornin a dioritů. Tyto granitoidy spadají do tetčické suity (Leichmann a Höck 2008). Stáří hornin této části brněnského masivu bylo určeno jako neoproterozoické na základě výsledků datování zirkonů z dioritu od Dolních Kounic (584±5 Ma; van Breemen *et al.* 1982).

Dominantním horninovým typem na studovaném území je středně až hrubě zrnitý biotitický granit, je složen z křemene, plagioklasu, draselného živce a biotitu. V akcesorickém množství jsou přítomny apatit, titanit, zirkon, magnetit a ilmenit. Místy přechází do středně zrnitého leukokratního granitu nebo středně až hrubě zrnitého biotitického až amfibol-biotitického granodioritu (Hrdličková *ed.* 2020). Biotitický až amfibol-biotitický granodiorit je středně až hrubě zrnitá hornina složená z plagioklasu, draselného živce, biotitu a amfibolu (magnesiohornblend; Hrdličková *ed.* 2020). Magnetit, ilmenit, apatit a titanit jsou běžnými akcesorickými fázemi. Leukokratní, místy až biotitický, granit se skládá z křemene, draselného živce, plagioklasu a variabilního množství biotitu. V akcesorickém množství obsahuje zir-



Obr. 1. Zjednodušená geologická mapa oblasti severně od Žebětína upraveno podle Hanžla *ed.* (2020), Hrdličkové *ed.* (2020) a koláčové diagramy zobrazující zastoupení těžkých minerálů v % a pod diagramy je uveden počet zlatinek: 1 – fluviální sedimenty, 2 – splachové sedimenty, 3 – spraše a sprašové hlíny, 4 – permské sedimenty (boskovická brázda), 5 – středně až hrubě zrnitý biotitický granit, 6 – středně zrnitý leukokratní granit, 7 – biotitický až amfibol-biotitický granodiorit, 8 – amfibolický až biotit-amfibolický diorit, gabro a amfibolit, 9 – vápenatosilikátové horniny, 10 – migmatity a ruly, 11 – mikrodiorit, 12 – aplit, 13 – křemenná žíla, silicifikace, 14 – sedimenty vodních nádrží, vodní plochy, 15 – zlom, 16 – výskyty zlata (Večeřa a Hrdličková 2014), 17 – místa odběru vzorků těžkých minerálů, 18 – vesnice nebo město. Zjednodušená geologická mapa brněnského masivu (upraveno podle Mitrenga a Rejl 1993): a – granitoidy, b – metamorfované horniny, c – centrální bazické pásmo.

Fig. 1. Simplified geological map of the area north of the Žebětín adapted according to Hanžl *ed.* (2020), Hrdličková *ed.* (2020) and spie chart of heavy minerals in % and below diagram is the present amount of gold particles (placer gold): 1 – fluvial sediments, 2 – deluviofluvial sediments, 3 – loess and loess loams, 4 – Permian sediments (Boskovice basin), 5 – medium to coarse-grained biotite granite, 6 – medium-grained leucocratic granite, 7 – biotite to amphibole-biotite granodiorite, 8 – amphibole to biotite-amphibole diorite, gabbro and amphibolite, 9 – calc-silicate rocks, 10 – migmatites and gneisses, 11 – microdiorite, 12 – aplite, 13 – quartz vein, silicification, 14 – sediments of water reservoirs, water areas, 15 – fault, 16 – occurrences of gold (Večeřa a Hrdličková 2014), 17 – location of the study samples of the heavy minerals, 18 – village or town. Simplifed geological map of the Brno Massif (modified after Mitrenga and Rejl 1993) a – granitoids, b – metamorphic rocks, c – central basic belt.

kon, apatit, případně také granát a turmalín. Automorfní granát má velikost 0,2–0,4 mm a většinou nevykazuje výraznou chemickou zonálnost (Alm_{51-57} Sps_{31-35} Grs_{11-13}; HANŽL *ed.* 2020, HRDLIČKOVÁ *ed.* 2020). V granitoidech nalezneme řadu enkláv a xenolitů s variabilním petrografickým složením a velikostí.

Migmatitizované biotitické až cordierit-biotitické pararuly vystupují jako drobné, v mapě (obr. 1) většinou nezobrazitelné, xenolity například v Kočičím žlebu, v okolí Brna-Žebětína a v údolí potoka sz. od Lipového vrchu (HRDLIČKOVÁ *ed.* 2020). Jedná se o lepidogranoblastické až granoblastické místy páskované horniny se zřetelnou plošně paralelní stavbou. Minerální asociace těchto hornin zahrnuje plagioklas, křemen, biotit a chlorit. Lokálně je přítomen granát, cordierit a turmalín (BURIÁNEK 2010). V akcesorickém množství jsou přítomny ilmenit, apatit, zirkon a monazit (HRDLIČKOVÁ ed. 2020). Místy mohou pararuly přecházet do amfibolitů. Migmatitizovaný amfibolit vystupuje v podobě rozsáhlého xenolitu hlavně poblíž pozemkové tratě „U křivé borovice“ s. od Brna-Žebětína. Jedná se o zelenošedé, drobně až středně zrnité, páskované horniny složené z amfibolu, plagioklasu a křemene. Hojný je i sekundární epidot a v akcesorickém množství je přítomen titanit a apatit. Chemické složení amfibolu odpovídá magneziohornblendu (HRDLIČKOVÁ *ed.* 2020).

Vápenatosilikátové horniny (erlany) vystupují v granitoidech jako poměrně rozsáhlá tělesa především v okolí Lipového vrchu a Kopečku (z. a sz. od Brna-Žebětína). Jsou drobno- až střednozrnné, granoblastické, mají šedozelenobílou barvu a skládají se z plagioklasu, pyroxenu, křemene a kalcitu obvykle koncentrovaného do pásků či hnízd. Někdy může být přítomen amfibol (hastingsit až feroedenit), granát (grossular), vesuvian a epidot. V akcesorickém množství je přítomen titanit a apatit (BURIÁNEK *ed.* 2020).

Amfibolický až biotit-amfibolický diorit až gabro vystupuje na povrch v enklávách o velikosti prvních stovek metrů například poblíž Lipového vrchu. Drobně až středně zrnité, tmavě šedé horniny jsou tvořené plagioklasem, amfibolem (magnesiohornblend až aktinolit a lokálně také edenit, pargasit, ferropargasit a aktinolit; BURIÁNEK 2010, HRDLIČKOVÁ *ed.* 2020) a biotitem. Typickým sekundárním minerálem je zoisit a *sericit*. V akcesorickém množství jsou přítomny magnetit, ilmenit, rutil, titanit, zirkon a apatit (HRDLIČKOVÁ *ed.* 2020).

4. LOŽISKOVÝ POTENCIÁL ŠIRŠÍHO OKOLÍ STUDOVANÉ OBLASTI

Horniny západní granodioritové části brněnského masivu jsou poměrně chudé na rudní mineralizace. Výskyty rudních minerálů mají charakter mineralogických nálezů, bez ekonomického významu. V širším okolí studované lokality se jedná o výskyty Fe zrudnění, Cu-Pb zrudnění, Cu zrudnění, Mo zrudnění, Sn a W mineralizace.

Jediným těženým významnějším výskytem rud poblíž studovaného území je lokalita v Bystrci, v pozemkové trati „U rudy“, kde byl dobýván *limonit* a možná i pyrit. O charakteru ložiska, které bylo později ještě nahodile zastiženo při výkopu studně, však mnoho nevíme. Rudní akumulace měly být uloženy ve vápenatosilikátových horninách (skarnech?) a dioritu a uváděn je odtud mj. *limonit*, jarosit, hematit, pyrit, siderit, diopsid a vesuvian (KRUŤA 1966, HANŽL *ed.* 2020). Zachovaly se dva tahy silně zasutých povrchových dobývek a jam délky 40 a 80 m probíhající v azimutu 170° a dosahující maximálně hloubky 1 m (HANŽL *ed.* 2020). Vápenosilikátové horniny jsou součást pláště granitoidů brněnského masívu a jedná se tedy o xenolity.

Výskyt Cu-Pb zrudnění byl popsán sz. od Brna-Žebětína, kde byla v granodioritu otevřeném v kamenolomu při silnici do Ostrovačic zjištěna barytová žíla obsahující vtroušeniny a drobná zrnka galenitu a chalkopyritu (BURKART 1953, DOLNÍČEK 2004). Tato barytová mineralizace je pravděpodobně variského stáří.

Minerály mědi jsou v brněnském masivu nerovnoměrně rozptýleny jak v horninách metabazitové zóny, tak i v granodioritech. Tato forma mineralizace se zde vyskytuje na puklinách a žilkách, které sledují různé směry (ŠTELCL *et al.* 1986). Hydrotermální žilky křemene, karbonátů a barytu mohou obsahovat chalkopyrit, kuprit, chalkozín, malachit, azurit a velmi vzácně pak bornit a covelín (ŠTELCL *et al.* 1986, ČEŠKOVÁ 1975, 1976). Tyto primární Cu sulfidy býva-

jí doprovázeny molybdenitem, sfaleritem, galenitem, křemenem a sekundárními minerály Cu. Mineralizace vystupuje jako vtroušeniny, hnízda nebo žilky v horninách či na jejich puklinách. Češková (1976) předpokládala, že hydrotermální mineralizace reprezentovaná bornitem, chalkozínem a chalkopyritem je prevariská. V některých případech nelze vyloučit remobilizaci Cu minerálů během variské orogeneze (Češková 1976, 1978).

Molybdenová mineralizace je v brněnském masivu vázána na puklinové systémy a tektonické zóny převážně orientované ve směru SSV-JJZ. Zmíněná mineralizace proráží biotitické, biotiticko-amfibolitické, případně leukokratní granitoidy a někdy také horniny centrálního bazického pásma. Molybdenit se nachází v podobě drobných šupinatých agregátů, vtroušenin v hornině, povlaků na puklinách, šupinek v žilném křemeni nebo je rozptýlen v drcených zónách (Kolek 1981). Křemenné žilky s molybdenitem mají mocnosti 5 až 15 mm. Molybdenit je vzácně doprovázen dalšími sulfidy, jako je pyrit, chalkopyrit a vzácně sekundárními minerály mědi a galenit. Ze sulfidů je molybdenit geneticky nejmladší (Štelcl *et al.* 1986). Vznik této mineralizace je provázen procesy mikroklinizace, albitizace, silicifikace, sericitizace, chloritizace, karbonatizace a argilitizace v okolních horninách (Kolek 1984, Štelcl *et al.* 1986) a předpokládá se její neoproterozoické stáří (596,9 ± 2,7 Ma; Ackerman *et al.* 2017). Vyšší obsahy Mo byly rovněž zjištěny severně a severozápadně od Brna-Žebětína pomocí litogeochemie a půdní metalometrie (Kolek 1984, Večeřa a Hrdličková 2014).

Při šlichové prospekci byl sz. od Brna-Žebětína v některých vzorcích identifikován kasiterit a scheelit (Knopf *et al.* 2003, Večeřa a Hrdličková 2014). Scheelit s největší pravděpodobností pochází z vápenatosilikátových hornin (Novák 1977, 1979, Buriánek 2010). Původ kasiteritu se zatím nepodařilo objasnit.

5. VÝSLEDKY

5.1. Šlichová prospekce a petrografická charakteristika klastických sedimentů

Vzorky byly odebrány z několika údolí sz. od Brna-Žebětína. Dva vzorky (JZ1, JZ2) pochází z Jeleního žlíbku sz. od kóty Chochola (411 m.n.m). Jeden vzorek byl odebrán z drobného toku Jelenice (JZ3). Čtyři vzorky pocházejí z potoka Vrbovec (AUB0, AUB1, AUB2 a AUB34) přičemž ve dvou z nich bylo nalezeno zlato v podobě drobných zlatinek (tab. 1). Dva vzorky pochází z Helenčina údolí (AUB38, AUB39) přičemž jeden z nich obsahoval zlatinku.

Všechny odebrané sedimenty mají charakter písčitých štěrků. Valouny jsou zaoblené až zakulacené. Z hlediska petrografie se většinou jedná o biotitické granity. Lokálně byly zjištěny klasty amfibol-biotitických granodioritů až dioritů, pegmatitů, mylonitů, alterovaných granitoidů (silicifikace, epidotizace) a vápenatosilikátových hornin. Vzácně jsou přítomny drobné klasty migmatitů a žilného křemene. Písčitá frakce se skládá z 50 až 61% křemene, 42 až 48% z živců, 0 až 5 % úlomků hornin a 0 až 4 % biotitu až chloritu. Ostatní minerály tvoří dohromady kolem 1 % sedimentu. Zmíněné ostatní minerály jsou reprezentovány TM, *sericitem* a *limonitem*.

5.2. Těžké minerály

Složení asociace těžkých minerálů

Studiem TM se zjistilo, že ve všech studovaných vzorcích se vyskytují podobné minerály (obr. 1, tab. 1). Dominují minerály epidotové skupiny (16–28 %), magnetit (7–27 %), apatit (7–19 %), titanit a axinit (5–19 %), zirkon (6–17 %), amfibol (0–17 %), pyrit (2–15 %), granát (2–9 %), ilmenit (1–6 %), monazit a xenotim (1–4 %), scheelit (0,0–0,5 %).

Těžké minerály se vyskytují v podobě ostrohranných zrn nebo mají svůj původní krystalový tvar (obr. 2a-f). Na základě podobných optických vlastností předpokládáme, že většina studovaných zrn jednoho TM pochází ze stejné zdrojové horniny, nebo má stejnou genezi. Výjimku tvoří zirkony, jejichž jednotlivé krystaly se mohou lišit barvou a tvarem zrna (obr. 2a).

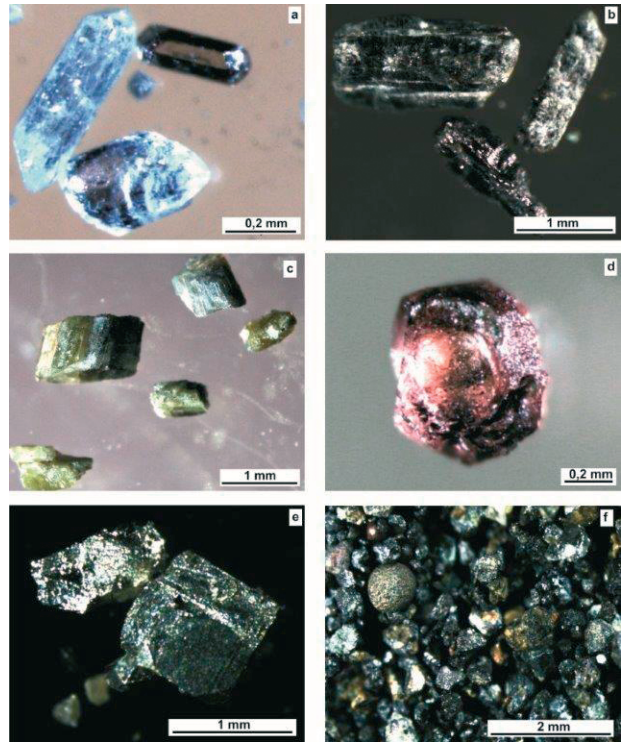
Sloupcovité amfiboly mohou mít odlišnou barvu i habitus (obr. 2b), minerály epidotové skupiny a granáty se mohou lišit barvou (obr. 2c, d). Krystaly pyritu (obr. 2e) se mohou lišit stupněm sekundárních přeměn (limonitizace, goethitizace).

Minerály epidotové skupiny jsou přítomny v podobě světle až tmavě zelených krátkých sloupečků a ostrohranných klastů (obr. 2c). Magnetit (obr. 2f) se vyskytuje v podobě ostrohranných klastů nebo drobných oktaedrů (někdy částečně zarostlých v chloritu), které jsou jen vzácně slabě zaobleny. Apatit je přítomen v podobě našedlých a bílých zrn slabě zaoblených. Titanit a axinit (obr. 3) často poznáme podle typických krystalových tvarů nebo se vyskytují jako nepravidelné klasty. Krystaly zirkonů mají světlou barvu a jsou průsvitné, nebo průhledné. Ve vzorku AUB0 bylo zjištěno jedno slabě zaoblené zrno, ostatní krystaly jsou bez známek opracování (obr. 2a). Amfibol nalezneme většinou jako automorfní sloupce (obr. 2b), které vzácně srůstají s chloritem. Pyrit se vyskytuje v podobě typických kubických krystalů, nebo jejich úlomků (obr. 2e). Granát je přítomen jako ostrohranné úlomky nebo automorfní krystaly (obr. 2d) červené nebo oranžové barvy. Ilmenit se vyskytuje v podobě drobných destičkovitých krystalů kovového lesku. Monazit, xenotim a scheelit (obr. 3) jsou přítomny jako drobné automorfní krystaly nebo jejich úlomky.

Chemické složení granátů, axinitů, amfibolů a minerálů epidotové skupiny

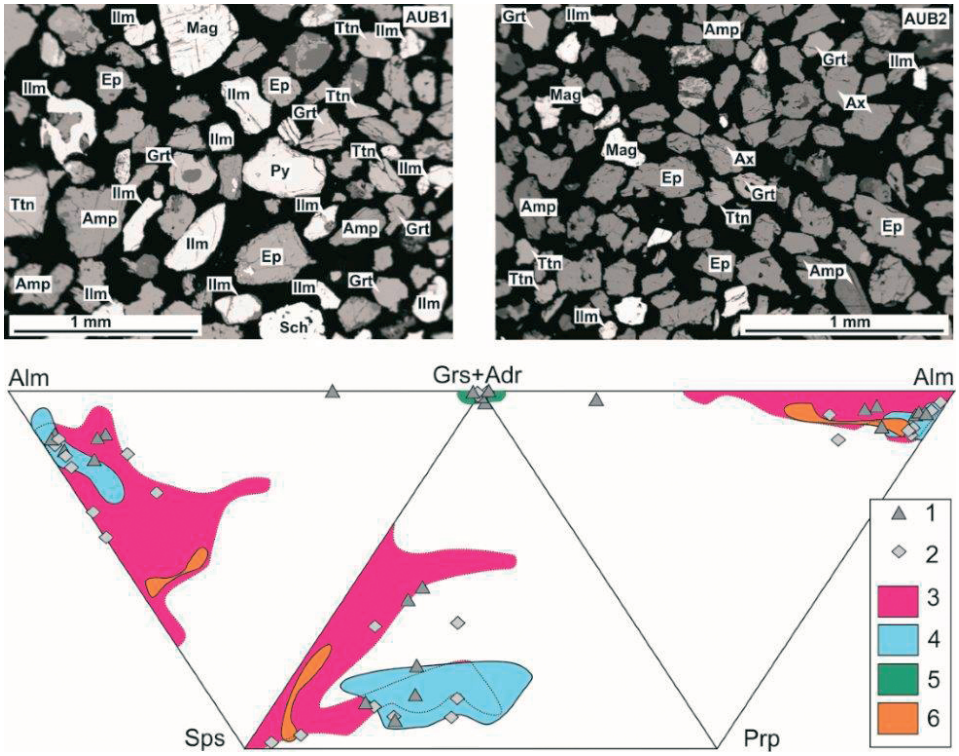
Byla studována dvě zrna minerálů epidotové skupiny ($Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Al$ = 0,19 a 0,26) ze vzorků AUB1, přičemž jejich chemické složení (tab. 2) poměrně dobře odpovídá epidotu z hornin brněnského masivu (obr. 4).

Chemické složení axinitu-(Fe) je variabilní a je charakterizováno obsahem FeO v rozmezí 4,5 až 9,2 hmot. %, MnO od 0,6 až 3,4 hmot. % a MgO 1,7 až 2,9 hmot. % (tab. 3).



Obr. 2. Mikrofotografie vybraných těžkých minerálů ze vzorků JZ3 (a), AUB2 (b, c, d) JZ2 (e, f): (a) typické krystaly zirkonu, (b) sloupcovité krystaly amfibolu, (c) úlomky krystalů epidotu, (d) automorfní krystal granátu, (e) automorfní krystaly pyritu, (f) částečně zoxidovaný ocelový brok obklopený krystaly magnetitu.

Fig. 2. Micrographs of selected heavy minerals from samples JZ3 (a), AUB2 (b, c, d) JZ2 (e, f): (a) typical zircon crystals, (b) columnar amphibole crystals, (c) fragments of epidote crystals, (d) euhedral garnet crystal, (e) euhedral pyrite crystals, (f) partially oxidized steel shot surrounded by magnetite crystals.

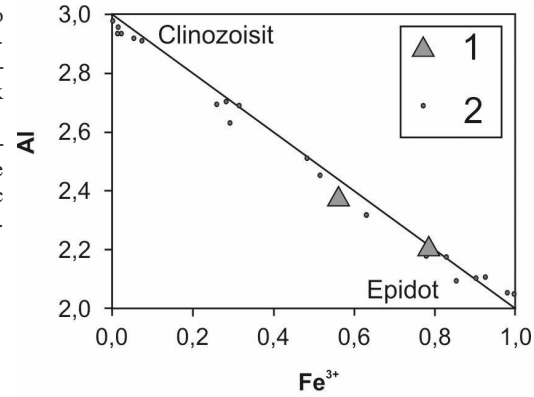


Obr. 3. BSE snímky studovaných těžkých minerálů ze vzorků AUB1, AUB2 a trojúhelníkové diagramy Sps-Alm-Prp-Grs+Adr pro granáty (polygony 3 až 6 vytvořeny na základě dat z literatury: (Čopjaková 2001, Leichmann 1996, Vallová 2005, Buriánek *et al.* 2008): 1 – vzorek AUB1, 2 – vzorek AUB2, 3 – granity tetčické suity, 4 – pararuly a migmatity, 5 – vápenatosilikátové horniny, 6 – aplity a pegmatity.

Fig. 3. BSE images of studied heavy minerals from samples AUB1, AUB2 and ternary plots Sps-Alm-Prp-Grs+Adr of garnets (polygons 3 to 6 represents data from the literature: (Čopjaková 2001, Leichmann 1996, Vallová 2005, Buriánek *et al.* 2008): 1 – sample AUB1, 2 – sample AUB2, 3 – granites tetčice suite, 4 – pararules and migmatites, 5 – calcium silicate rocks, 6 – aplites and pegmatites.

Obr. 4. Binární diagram Fe^{3+} vs. Al (apfu.) pro minerály epidot-klinozoisitové skupiny: 1 – vzorek AUB1, 2 – vyvřelé a metamorfované horniny brněnského masivu (Buriánek 2010, 2013).

Fig. 4. Binary diagram Fe^{3+} vs. Al (apfu.) for minerals of epidote-clinozoisite group: 1 – sample of AUB1, 2 – igneous and metamorphic rocks of Brno Massif (Buriánek 2010, 2013).



Amfiboly (tab. 4) jsou v obou studovaných vzorcích přítomné v malém množství (7–17 %). Všechna studovaná zrna amfibolů mají podobné chemické složení, které odpovídá aktinolitu až magnesiohornblendu (X_{Fe} = 0,15–0,28; Si = 6,3–7,6 apfu; ^{A}(Na+K+2Ca) = 0,08–0,37; ^{C}(Al+Fe^{3+}+2Ti) = 0,27–1,13). Většina studovaných zrn amfibolu má podobné složení jako amfiboly z granodioritů a dioritů brněnského masivu (Buriánek 2010, Buriánek *ed.* 2020, Hrdličková *ed.* 2020).

Mezi vzorky AUB1 a AUB2 byly zaznamenány pouze drobné rozdíly v chemickém složení granátů. V obou vzorcích bylo analyzováno celkem 18 zrn granátu (obr. 3), které můžeme na základě chemického složení (tab. 5) rozdělit na almandinem (Alm_{52-80}) a grossularem bohaté granáty (Grs_{80-84}).

6. DISKUSE

Pravděpodobné zdrojové horniny pro studované sedimenty

Petrografické složení klastů studovaných sedimentů naznačuje lokálně omezenou zdrojovou oblast. Špatně zrnitostně vytříděné štěrkopísky indikují krátký fluviální transport. Z analýzy TM je patrné, že studované sedimenty pravděpodobně vznikaly přínosem klastického materiálu, který vystupuje na povrch ve vzdálenosti několika stovek metrů až jednoho kilometru od místa odběru TM (obr. 1). Nepodařilo se nalézt důkazy o přínosu staršího resedimentovaného materiálu (např. ze sedimentů říční terasy). Nebyly zjištěny významné rozdíly mezi vzorky, které zlato obsahují a vzorky bez zlata. Těmto závěrům odpovídá i složení spektra TM, které jsou ve studovaných sedimentech přítomny (obr. 1).

Tabulka 2. Reprezentativní chemické analýzy minerálu epidot-klinozoisitové skupiny.
Table 2. Representative chemical analyses of minerals of epidote-clinozoisite group.

číslo	**46**	**48**
vzorek	**AUB1**	**AUB1**
Minerál	**Epidot**	**Epidot**
SiO_2	38,14	38,64
TiO_2	0,03	0,03
Al_2O_3	23,90	25,92
Cr_2O_3	0,00	0,00
Fe_2O_3	13,35	9,57
MnO	0,11	0,09
MgO	0,00	0,00
CaO	24,18	24,51
celkem	**99,70**	**98,76**
Si	2,987	3,014
Ti	0,002	0,002
Al	2,205	2,382
Cr	0,000	0,000
Fe^{3+}	0,786	0,562
Mn	0,007	0,006
Mg	0,000	0,000
Ca	2,028	2,048
Celkem	**8,016**	**8,013**
$Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Al)$	**0,260**	**0,190**

Tabulka 3. Reprezentativní chemické analýzy axinitu.
Table 3. Representative chemical analyses of axinitu.

vzorek	**AUB2**	**AUB2**	**AUB2**	**AUB1**
SiO_2	42,87	42,41	43,14	43,91
TiO_2	0,07	0,01	0,02	0,04
Al_2O_3	17,29	17,65	17,94	18,03
FeO	7,69	9,21	7,52	4,54
MnO	2,0	0,6	0,7	3,4
MgO	1,77	1,7	2,59	2,87
CaO	20,54	20,7	20,92	20,91
F	0,08	0,11	0,12	0,05
B_2O_3 *	6,17	6,16	6,26	6,34
H_2O *	1,56	1,54	1,56	1,62
	100,04	100,12	100,76	101,68
O=F	0,03	0,05	0,05	0,02
celkem	**100,01**	**100,07**	**100,71**	**101,66**
B *	2,000	2,000	2,000	2,000
Si	8,046	7,971	7,990	8,030
Al total	3,825	3,910	3,916	3,887
Ti	0,010	0,001	0,003	0,006
Fe	1,207	1,448	1,165	0,694
Mn	0,318	0,099	0,108	0,524
Mg	0,495	0,476	0,715	0,782
Ca	4,131	4,169	4,152	4,098
OH *	1,953	1,935	1,930	1,971
F	0,047	0,065	0,070	0,029
celkem	**22,032**	**22,073**	**22,049**	**22,021**

Hojně zastoupené magnetity a titanity nebyly detailně chemicky studovány. Oba minerály pravděpodobně pochází převážně z granitoidů. Titanit je také hojný ve vápenatosilikátových horninách (Buriánek 2013). Poměrně zajímavý je hojný výskyt axinitu, jehož původ se nepodařilo jednoznačně identifikovat, ale pravděpodobně je parageneticky svázán s výskyty vápenatosilikátových hornin a/nebo enklávami bazických hornin (srov. Novák a Filip 2001).

Granáty s převahou almandinové komponenty (Alm_{52-80} Sps_{12-40} Prp_{2-11} Grs_{0-13} Adr_{0-4}) tvoří 72 % studovaných zrn (obr. 3). Většina těchto zrn má chemické složení podobné jako chemické složení granátů z pararul až migmatitů, které pocházejí z metamorfního pláště brněnského masivu. Méně je granátů, které svým chemickým složením odpovídají granátům z granitoidů brněnského masivu. Dalších 18% zrn má chemické složení s převahou grossularové komponenty (Grs_{80-84} Adr_{16-18} $Prp_{0-1}Sps_{0-1}$); pocházejí z vápenatosilikátových hornin. Po jedné analýze granátů z obou vzorků nemůžeme přiřadit k žádné srovnávací skupině (obr. 3).

Chemické složení amfibolu a epidotu potvrzuje přítomnost amfibol-biotitických granodioritů případně amfibolických či amfibol-biotitických dioritů až gaber ve zdrojové oblasti.

Možné zdroje zlata

Zlato je asociováno s klastickým materiálem, který dominantně pochází z granitoidů brněnského masivu a xenolitů v těchto granitoidech uzavřených. Pro většinu studovaných vzorků je typická přítomnost velkého množství pyritu, který je postižen variabilním stupněm limonitizace (goethitizace). Jiný sulfid nebyl ve studovaných vzorcích zjištěn. Mezi většími klasty ve studovaných sedimentech se místy vyskytují úlomky žilného hydrotermálního křemene a silicifikovaných mylonitů.

Tabulka 4. Reprezentativní chemické analýzy amfibolů.
Table 4. Representative chemical analyses of amphiboles.

číslo	**77**	**83**	**84**	**54**	**55**	**59**
vzorek	**AUB2**	**AUB2**	**AUB2**	**AUB1**	**AUB1**	**AUB1**
SiO_2	51,39	52,79	52,36	50,30	53,38	52,51
TiO_2	0,48	0,25	0,49	0,87	0,30	0,53
Al_2O_3	3,17	3,17	5,22	6,45	3,88	5,27
Cr_2O_3	0,21	0,18	0,24	0,32	0,13	0,20
MnO	0,26	0,30	0,26	0,33	0,40	0,28
FeO	10,51	7,20	7,79	10,13	10,51	10,21
Fe_2O_3	1,26	3,66	3,33	2,57	1,89	1,97
NiO	0,00	0,00	0,04	0,08	0,07	0,00
MgO	15,93	17,49	16,22	14,47	16,14	15,58
CaO	12,58	12,10	12,20	12,52	11,91	12,51
Na_2O	0,69	0,46	0,58	0,76	0,33	0,70
K_2O	0,33	0,14	0,23	0,48	0,20	0,30
H_2O^+	1,98	2,00	1,91	1,70	1,95	1,88
F	0,19	0,10	0,15	0,30	0,14	0,15
Cl	0,03	0,03	0,05	0,12	0,06	0,06
O=F,Cl (calc)	-0,09	-0,05	-0,07	-0,15	-0,07	-0,08
celkem	**98,92**	**99,80**	**101,00**	**101,25**	**101,22**	**102,07**
klasifikace	**Act**	**Act**	**MgH**	**MgH**	**Act**	**Act**
T-Si	7,486	7,516	7,384	7,196	7,551	7,388
T-Al	0,514	0,484	0,616	0,804	0,449	0,612
C-Ti	0,052	0,026	0,052	0,093	0,032	0,056
C-Al	0,031	0,048	0,251	0,283	0,197	0,262
C-Cr	0,024	0,020	0,027	0,036	0,015	0,022
C-Fe^{3+}	0,138	0,392	0,354	0,277	0,201	0,209
C-Ni	0,000	0,000	0,004	0,009	0,008	0,000
C-Mn^{2+}	0,015	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
C-Fe^{2+}	1,280	0,802	0,902	1,213	1,143	1,182
C-Mg	3,460	3,711	3,410	3,086	3,405	3,268
B-Mn^{2+}	0,017	0,036	0,031	0,036	0,048	0,034
B-Fe^{2+}	0,000	0,055	0,017	0,000	0,101	0,018
B-Ca	1,963	1,845	1,844	1,920	1,805	1,885
B-Na	0,020	0,064	0,109	0,045	0,046	0,062
A-Na	0,175	0,063	0,051	0,167	0,045	0,127
A-K	0,061	0,025	0,042	0,088	0,037	0,054
O	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
W-OH	1,905	1,895	1,817	1,647	1,859	1,805
W-F	0,087	0,046	0,066	0,138	0,063	0,067
W-Cl	0,008	0,006	0,013	0,029	0,014	0,015
W-O	0,000	0,053	0,105	0,186	0,064	0,113
W mezisoučet	**2,000**	**2,000**	**2,001**	**2,000**	**2,000**	**2,000**
Fe/(Mg+Fe)	**0,270**	**0,188**	**0,212**	**0,282**	**0,268**	**0,269**
A(Na+K+2Ca)	**0,236**	**0,088**	**0,093**	**0,255**	**0,082**	**0,181**
C(Al+Fe^{3+}+2Ti)	**0,273**	**0,492**	**0,709**	**0,746**	**0,462**	**0,583**

Poznámka: Act = aktinolit, MgH = magnesiohornbled

Tabulka 5. Reprezentativní chemické analýzy granátů.
Table 5. Representative chemical analyses of garnets.

číslo	**74**	**79**	**86**	**57**	**87**	**52**	**88**	**78**	**51**	**73**
vzorek	**AUB2**	**AUB2**	**AUB2**	**AUB1**	**AUB2**	**AUB1**	**AUB2**	**AUB2**	**AUB1**	**AUB2**
SiO_2	37,20	36,27	36,56	37,39	36,59	37,16	36,75	36,96	37,19	38,36
TiO_2	0,16	0,07	0,02	0,01	0,05	0,03	0,02	0,05	0,00	0,48
Al_2O_3	19,83	20,56	20,67	21,03	21,02	20,45	20,39	19,73	20,78	19,18
Cr_2O_3	0,05	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Fe_2O_3	1,19	0,68	0,13	0,00	1,01	0,38	0,59	0,39	0,00	5,84
FeO	23,45	25,05	27,33	29,60	30,51	32,21	32,58	33,61	34,78	0,00
MnO	11,59	17,12	14,06	7,77	8,44	5,40	7,51	5,07	5,15	0,20
MgO	1,19	0,43	0,86	2,07	2,00	0,91	1,35	2,26	1,46	0,16
Na_2O	0,03	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00
CaO	5,61	0,17	0,41	2,70	0,89	3,95	1,00	1,15	1,07	36,55
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
celkem	**100,29**	**100,35**	**100,06**	**100,57**	**100,52**	**100,51**	**100,21**	**99,25**	**100,47**	**100,98**
Si	3,000	2,980	2,998	3,000	2,963	3,000	3,000	3,000	3,000	2,910
Al	0,000	0,020	0,002	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,077
T celk.	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,987
Si	0,009	0,000	0,000	0,007	0,000	0,011	0,001	0,031	0,021	0,000
Al	1,891	1,971	1,995	1,993	1,970	1,954	1,963	1,907	1,989	1,638
Cr	0,003	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Fe^{3+}	0,073	0,042	0,008	0,000	0,061	0,023	0,036	0,024	0,000	0,333
Fe^{2+}	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Ti	0,009	0,004	0,001	0,000	0,003	0,002	0,001	0,003	0,000	0,027
Mn^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013
Mg	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,031	0,000	0,000
B celk.	1,991	2,018	2,005	1,994	2,035	1,989	2,000	1,969	1,990	2,012
Fe^{2+}	1,581	1,722	1,874	1,990	2,067	2,183	2,225	2,301	2,362	0,000
Mn^{2+}	0,794	1,192	0,976	0,529	0,579	0,371	0,519	0,352	0,355	0,000
Mg	0,134	0,052	0,105	0,248	0,241	0,100	0,164	0,246	0,177	0,018
Ca	0,486	0,015	0,036	0,232	0,077	0,343	0,087	0,101	0,093	2,971
Na	0,004	0,002	0,004	0,000	0,001	0,003	0,004	0,000	0,003	0,000
A celk.	3,000	2,982	2,995	2,999	2,965	3,000	2,999	3,000	2,990	2,988
O	12,000	12,000	12,000	12,004	12,000	12,000	12,000	12,000	12,014	11,928
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,053
Almandin	**52**	**58**	**63**	**66**	**70**	**72**	**74**	**75**	**79**	**0**
Andradit	**4**	**1**	**0**	**0**	**3**	**1**	**2**	**1**	**0**	**17**
Grossular	**13**	**0**	**1**	**8**	**0**	**10**	**1**	**2**	**3**	**82**
Pyrope	**5**	**2**	**3**	**8**	**8**	**4**	**5**	**10**	**6**	**1**
Spessartin	**27**	**40**	**33**	**18**	**20**	**13**	**17**	**12**	**12**	**0**

Na základě těchto údajů byla rekognoskace primárních zdrojů zlatonosné mineralizace zaměřena na vyhledávání křemenných žil a zón silicifikace ve snosové oblasti potoků Vrbovec a Veverka (tab. 6). V této oblasti byly nalezeny potenciálně nadějné výskyty křemenných žil a zón silicifikace. Směr žil byl na základě distribuce úlomků v terénu odhadnut na S - J až SSZ - JJV. Jejich mocnost se pohybuje od několika mm do několika dm, délka dosahuje maximálně několika m. Většinou se jednalo o žíly šedobílého masivního křemene, které prorážely granitoidy, pegmatity nebo vápenatosilikátové horniny (tab. 6). Lokálně jsou přítomné drobné drúzové dutiny o velikosti až 1 cm s nedokonale vyvinutými krystaly mléčně bílého křemene. Místy je patrné, že žíly můžeme rozdělit na dvě generace. Starší křemen je šedý až rezavě šedý a jemnozrnný, mladší žilky šedo-bílého křemene jsou hrubozrnnější a mají obvykle větší mocnost. Studované křemenné žíly jsou často obklopeny až několik cm mocnými zónami silicifikace, chloritizace a epidotizace (obr. 5a–b). V žádném z rozdrcených vzorků však nebylo rýžováním zlato zjištěno. Ve vzorcích AUB31 a AUB33 (tab. 6) byly objeveny pseudomorfózy *limonitu*/goethitu po pyritu. Pyrit se vyskytuje pouze vzácně a to jako jednotlivé automorfní krystaly (obr. 5c–d), které jsou přítomny v silicifikovaných horninách v těsné blízkosti křemenných žil.

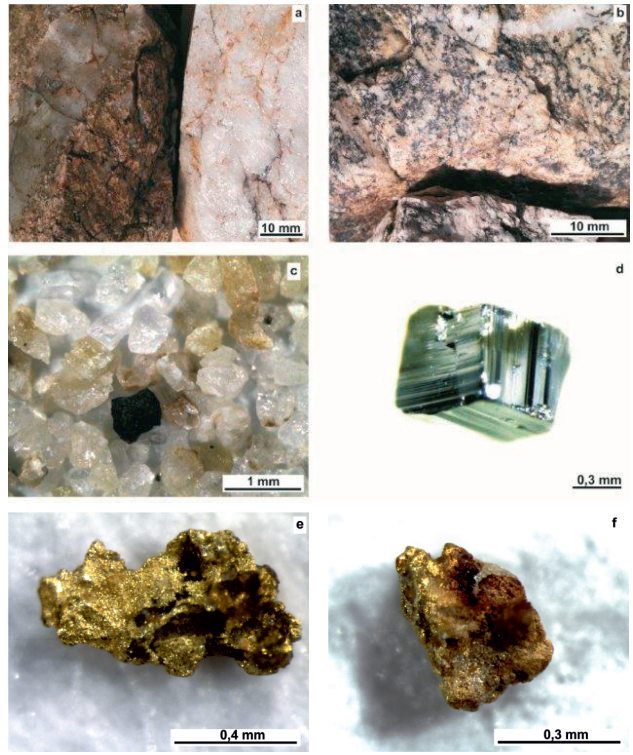
Dvě zlatinky vyrýžované ze sedimentů na lokalitě AUB0 jsou hrudkovité a porézní (obr. 5e–f). Opracování zlatinek je nízké a v dutinách jsou patrné povlaky oxidů manganu (obr. 5e) a *limonitu* (obr. 5f). Přítomnost *limonitu* v dutinách zlatinek je v souladu s předpokladem, že byly v asociaci s pyritem. Na lokalitě AUB38 bylo zjištěno zlato uzavírající inkluzi křemene, což naznačuje asociaci s křemennými žilami nebo silicifikovanými zónami. Některé pyrity asociované s tímto zlatem byly obklopeny chloritem a jemným muskovitem (*sericit*), což může naznačovat vazbu pyritu a případně i zlata na hydrotermální alterační zóny. Výskyt takových zón však nebude pravděpodobně možné v terénu ověřit, protože bývají díky svému intenzivnímu zvětrání překryty zvětralinami.

Původ zlata nalezeného v drobných přítocích Svratky situovaných s. od Brna-Žebětína zůstává nadále nejasný. Na základě všech prezentovaných dat se domníváme, že potenciálním zdrojem zlata jsou hydrotermální žíly nebo alterační zóny, které porušují vyvřelé a/nebo metamorfované horniny brněnského masivu. Tento výsledek dobře koresponduje s tím, že fluviální sedimenty leží přímo na těchto horninách.

Vazbu zlatonosné mineralizace na křemenné žíly v brunovistuliku potvrzují také výsledky studie Vavrošové (2017), která zjistila zvýšené obsahy Au (158 ppb) v hydrotermální křemenné žíle z dyjského masivu a z blízkého okolí města Retz (Rakousko). V tomto případě se také jedná o žíly bez významnější přítomnosti sulfidů. Fluidní inkluze indikují epitermální vznik (teploty homogenizace se pohybují mezi 106–200 °C a salinita 0,9 až 6,6 hm% ekv. NaCl).

Tabulka 6. Shrnutí hlavních rysů hydrotermálních žil nalezených ve zdrojové oblasti studovaných sedimentů.
Table 6. Summary of key features of the hydrothermal veins found in the source area of the studied sediments.

vzorek	**AUB30**	**AUB31**	**AUB33**	**AUB35**	**AUB36**	**AUB37**	**AUB40**
N	49.2144167	49.2144167	49.2173500	49.2216269	49.2192989	49.2282881	49.2293664
E	16.4641667	16.4629333	16.4601167	16.4492361	16.4495139	16.4386289	16.4419019
orientace	S-J	S-J	SSZ-JJV	SSZ-JJV	izolovany blok	98/83	110/80
mocnost	10 cm	5–8 cm	3–5 cm	5–12 cm	15 cm	2–18 cm	30 cm
hornina	Bt granit	Bt granit, pegmatit	Bt granit, erlan	Bt granit	Bt granit	leukokratní Bt granit	Bt granit
minerály	křemen	křemen, pyrit	křemen, pyrit	křemen, živec	křemen, živec	křemen, K-živec	křemen, K-živec



Obr. 5. Možné zdroje zlata (a–d) a zlatinky ze šlichového vzorku AUB0 (e–f): (a) křemenná žíla v biotitickém granitu a úlomek žilného křemene (AUB31), (b) intenzivně silicifikovaný granit pronikaný mladšími žilkami křemene (AUB33), (c) goethitizovaný krystal pyritu obklopený klasty křemene (AUB33), (d) goethitizovaný krystal pyritu (AUB31), (e) protáhlá zlatinka, (f) *limonitem* potažená zlatinka.

Fig. 5. Possible sources of gold (a–d) and gold particles from the AUB0 (e–f) heavy mineral concentrate: (a) quartz vein in biotite granite and vein quartz fragment (AUB31), (b) intensively silicified granite penetrated by younger quartz veins (AUB33), (c) goetheized pyrite crystal surrounded by quartz clasts (AUB33), (d) goetheized pyrite crystal (AUB31), (e) elongated gold, (f) *limonite* coated gold.

7. ZÁVĚR

Data získaná studiem těžkých minerálů naznačují, že zlato nalezené ve fluviálních sedimentech z pravostranných přítoků Svratky sz. od Brna-Žebětína bylo derivováno z blízkého okolí (ze vzdálenosti dosahující maximálně první km). Ve všech studovaných vzorcích se vyskytují podobné těžké minerály, přičemž se jedná o minerály epidotové skupiny (16–28 %), magnetit (7–27 %), apatit (7–19 %), titanit a axinit (5–19 %), zirkon (6–17 %), amfibol (0–17 %), pyrit (2–15 %), granát (2–9 %), ilmenit (1–6 %), monazit a xenotim (1–4 %), vzácně také scheelit (0,0–0,5 %). Zrna studovaných klastických granátů se vyznačují převahou almandinové (Alm_{52-80} Sps_{12-40} Prp_{2-11} Grs_{0-13} Adr_{0-4}), nebo grossularové (Grs_{80-84} Adr_{16-18} $Prp_{0-1}Sps_{0-1}$) komponenty. Většina studovaných zrn má chemické složení podobné jako chemické složení granátů z pararul až migmatitů a vápenatosilikátových hornin metamorfního pláště brněnského masivu. Méně je granátů, které svým chemickým složením odpovídají granátům ze zdejších granitů. Chemické složení amfibolu a epidotu poměrně dobře odpovídá chemickému složení těchto minerálů v granitoidech, dioritech až gabrech brněnského masivu. Vyvřelé a metamorfované horniny brněnského masivu tedy představují hlavní zdroj materiálu pro tyto klastické sedimenty. Zlatinky vyrýžované ze sedimentů jsou hrudkovité, porézní a jsou pouze slabě zakulacené, což je typické pro krátký transport. Dutiny ve zlatinkách jsou místy povlečeny limonitem, oxidy manganu, případně uzavírají křemen, což naznačuje vazbu na hydrotermální křemenné žíly, nebo alterační zóny s pyritem.

PODĚKOVÁNÍ

Tento odborný článek byl vytvořen v rámci řešení DKRVO/ČGS (2018-2022), za finanční podpory projektů (DB) České geologické služby číslo 321180 („Základní geologické mapování") a na základě institucionální podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace poskytované Ministerstvem kultury (PH a SH; DKRVO, MK000094862). Autoři děkují K. Pošmournému a J. Leichmannovi za podnětné připomínky k textu.

LITERATURA

Ackerman, L., Haluzová, E., Creaser, R. A. Pašava, J., Veselovský, F., Breiter, K., Erban, V., Drábek, M., 2017: Temporal evolution of mineralization events in the Bohemian Massif inferred from the Re–Os geochronology of molybdenite. – Miner. Deposita, 52, 651–662.

Buriánek, D., 2010: Metamorfované horniny západní části brněnského batolitu. – Acta Mus. Morav., Sci. Geol., 95, 2, 153–172 (with English summary).

Buriánek, D., 2013: Allanit-(Ce) v horninách suity Tetčice (brněnský masiv). – Bull. min.-petr. odd. NM v Praze, 21, 1, 29–36.

Buriánek, D., Bubík, M., Franců, J., Fürychová, P., Havlíček, P., Havlín, A., Gilíková, H., Janderková, J., Kašperáková, D., Kociánová, L., Konečný, F., Krejčí, O., Krumlová, H., Kryštofová, E., Müller, P., Otava, J., Paleček, M., Pecina, V., Pecka, T., Sedláček, J., Sedláčková, I., Šrámek, J., Tomanová Petrová, P., Večeřa, J., Verner, K., Vít, J., 2020: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000 list 24-342 Brno-jih. – Česká geologická služba, Praha, 206 s.

Buriánek, D., Gilíková, H., Nehyba, S., Otava, J., 2008: Studium těžkých minerálů v klastických sedimentech kambrického a devonského stáří na jihovýchodní Moravě. – provenience a sedimentologie. – Acta Mus. Morav., Sci. Geol., 93, 1–2, 169–184 (with English summary).

Burkart, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. – ČSAV, Praha. 1008 s.

Češková, L., 1975: Hydrotermální mineralizace v brněnském masívu. – Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Geol., 1, 5, 35–42.

Češková, L., 1976: Paragenetická charakteristika hydrotermální mineralizace v brněnském masivu. – Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Geol., 6, 1, 47–62.

Češková, L., 1978: Metalogenetická charakteristika některých geologických jednotek při východním okraji Českého masivu. – Folia Fac. Sci. Natur. Univ. Masaryk. Brun., Geol., Brno, 19, 3, 5–101.

Čopjaková, R., 2001: Využití chemismu detritických granátů při zjišťování provenience sedimentů kulmu Drahanské vrchoviny. – MS, diplomová práce PřF MU, 83 s. Brno.

D'Elvert, Ch., 1866: Zur Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens in Mähren und Oest. Schlesien. – Schriften der stat.-hist. Section der mähr.-schles. Gesellschaft, Bd. 15, Brünn, 438 s. Brno.

Dolníček, Z., 2004: Mineralogie a podmínky vzniku fluoritových a barytových mineralizací brunovistulika. – MS, disertační práce, PřF MU Brno.

Dudek, A., 1980: The crystalline basement block of the Outer Carpathians in Moravia – Brunovictulicum. – Rozpravy Českoslov. akad. věd, Řada mat. přír. věd., 90, 8. Praha.

Hanžl, P., Baldík, V., Bubík, M., Buriánek, D., Dolníček, Z., Dvořák, I., Fürychová, P., Havlín, A., Hrdličková, K., Kociánová, L., Konečný, F., Krejčí, O., Krejčí, Z., Krumlová, H., Kryštofová, E., Müller, P., Paleček, M., Pecina, V., Pecka, T., Poul, I., Rez, J., Skácelová, D., Skácelová, Z., Slobodník, M., Šrámek, J., Tomanová Petrová, P., Večeřa, J., Vít, J., 2020: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000 24-324 Brno-sever. – Česká geologická služba, Praha, 188 s.

Hrdličková, K., Gilíková, H., Hanžl, P., Vít, J., Tomanová Petrová, P., Pecina, V., Buriánek, D., Večeřa, J., Kryštofová, E., Fürychová, P., Sedláčková, I., Baldík, V., Franců, J., Janderková, J., Kociánová, L., Kolejka, V., Konečný, F., Krejčí, O., Kunceová, E., Otava, J., Paleček, M., Sedláček, J., Šimůnek, Z., Dolníček, Z., Slobodník, M., Šrámek, J., 2020: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Veverská Bítýška. – Česká geologická služba, Praha, 24–323, 265 s.

Hawthorne, F. C., Oberti, R., Harlow, G. E., Maresch, W. V., Martin, R. F., Schumacher, J. C., et al., 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. Amer. Mineral. 97, 2031–2048.

Knopf, A., Hranáč, P., Tenčík, I., Albrechtová, E., 2003: Šlichová mapa 24–14 Vyškov (varianta Ba-baryt, P-pyrit, Hg-rumělka, Au-zlato). – MS, Geomin – družstvo, Jihlava.

Kolek, P., 1981: Nový výskyt molybdenového zrudnění v brněnském masivu. – Věst. Ústř. Úst. geol., 56, 2, 99–107.

Kolek, P., 1984: Závěrečná zpráva Brněnský masiv – Mo-rudy. – MS Geologický průzkum Ostrava, záv. Brno.
Kretz, R., 1983: Symbols of rock-forming minerals. – Amer. Mineral., 68, 277–279.
Kruťa, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1965. – Moravské muzeum, Brno 379 s.
Leichmann, J., 1996: Geologie und Petrologie des Bruenner Massivs. – MS, disertační práce Universitaet Salzburg, 118 s.
Leichmann, J., Höck, V., 2008: The Brno Batholith: An insight into the magmatic and metamorphic evolution of the Cadomian Brunovistulian unit, eastern margin of the Bohemian Massif. – J. Geosci., 53 (3–4), 281–305.
Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V., Weiss, J., 1983: Geologie ČSSR. 1, Český masív. – 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 333 s.
Mitrenga, P., Rejl, L., 1993: Brněnský masiv. – In: Přichystal, A. – Obstová, V. – Suk, M., (eds.) Geologie Moravy a Slezska. – Moravské zemské muzeum, 9–14.
Morávek, P., Bubeníček, J., Hošek, M., Hrách, S., Hron, M., Janatka, J., Kudrnáč, J., Květoň, P., Lienert, H., Malec, J., Mrázek, I., Novák, F., Punčochář, M., Soukup, B., Špaček, V., Šponar, P., Urban, K., Váňa, T., Vaněček, M., Veselý, O., 1985: Závěrečná zpráva úkolu Zhodnocení prognóz zlata v Českém masívu. – MS Geoindustria. Praha.
Morávek, P., Aichler, J., Doškař, Z., Duda, J., Ďurišová, J., Hauk, J., Janatka, J., Kalenda, F., Klomínský, J., Květoň, P., Litochleb, J., Malec, J., Mrázek, I., Novák, F., Pouba, Z., M., Punčochář, M., Skácel, J., Soukup, B., Studničná, B., Sztacho, P., Šponar, P., Tásler, R., Váňa, T., Vaněček, M., Veselý, J., 1992: Zlato v Českém masívu. ČGS, Praha, 245 s.; Příloha: Metalogenetická mapa zlata Českého masívu (Československé části), 1:500 000.
Novák, M., 1977: Studium kontaktních minerálů z Popůvek a Moravských Bránic v brněnském masivu. – MS, diplomová práce, PřF UJEP, Brno, 50 s.
Novák, M., 1979: Studium vápenatých skarnů v erlánových tělesech od Moravských Bránic. – MS, disertační práce, PřF UJEP, Brno, 81 s.
Novák, M., Filip, J., 2001: Minerální parageneze axinitu v Českém masivu. – Bull. min.-petr. odd. NM v Praze, 9, 1, 69–75.
Rost, R., 1956: Těžké minerály. – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 238 s.
Svoboda, J., Dvořák, J., Havlena, V., Havlíček, V., Horný, R., Chlupáč, I., Klein, V., Kopecký, L., Malecha, A., Malkovský, M., Soukup, J., Tásler, R., Václ, J., Žebera, K., 1964: Regionální geologie ČSSR I, 1. díl. – Academia, 380 s. Praha.
Štelcl, J., Weiss, J., Gregerová, M., Staněk, J., Štelcl, J., 1986: Brněnský masiv. – Univerzita J. E. Purkyně. 261 s. Brno.
Vallová, S., 2005: Granáty v granitoidních horninách východního okraje Českého masivu. – MS, diplomová práce, Ústav geologických věd, Masarykova univerzita, Brno.
van Breemen, O., Aftalion, M., Bowes, D. R., Dudek, A., Misar, Z., Povondra, P., Vrana, S., 1982: Geochronological studies of the Bohemian Massif, Czechoslovakia, and their significance in the evolution of Central Europe. – Trans. Roy. Soc. Edinb: Earth Sci., 73, 89–108.
Vavrošová, K., 2017: Charakteristika křemenných žil vyvolávajících alteraci ryolitů a granitů dyjského masivu. – MS, diplomová práce, Ústav geologických věd, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 73 s, Brno.
Večeřa, J., Hrdličková, K., 2014: Základní geologická mapa České republiky 1: 25 000 s Vysvětlivkami 24-323 Veverská Bítýška. Mapa nerostných surovin. ZGM ČR 25. – Ministerstvo životního prostředí ČR, Česká geologická služba, Brno.
Wolfskron, M., 1889: Die Goldvorkommen Mährens. – Berg – und Hüttenmännisches Jahrbuch, 37, 16–268, Wien.