

<https://doi.org/10.46861/bmp.28.339>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

# Minerály „ottrélitových“ břidlic u Vápenného Podola v Železných horách (Česká republika)

## Minerals of the „ottrélite“ schists from Vápenný Podol in the Železné Hory Mts. (Czech Republic)

JAKUB JIRÁSEK<sup>1)\*</sup>, DALIBOR MATÝSEK<sup>2)</sup> A MARTIN SIVEK<sup>3)</sup><sup>1)</sup>Katedra geologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc;

\*e-mail: jakub.jirasek@upol.cz

<sup>2)</sup>Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin & Katedra geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba<sup>3)</sup>Centrum ENET, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba

JIRÁSEK J, MATÝSEK D, SIVEK M (2020) Minerály „ottrélitových“ břidlic u Vápenného Podola v Železných horách (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(2): 339-346 ISSN 2570-7337

### Abstract

From the belt of Ordovician metapelites in the Železné hory Mountains, ottrélite was described in 1882. Although the original paper stated the virtual absence of manganese, many papers and books from the 20<sup>th</sup> century copied just the original name of the mineral, without respect to its chemistry. Since the quantitative analysis was not available, we decided to revise this occurrence. Material newly collected in the vicinity of the Bučina Hill (606 m a.s.l.) SW from the Vápenný Podol village fits the original description, i.e. felsic rocks rich in quartz and illite-muscovite, with significant schistosity and abundant porphyroblasts of dark green mineral of the chloritoid group up to 3 mm large. Rietveld refinement of powder X-ray diffraction using different input structural models gave the best fit (the lowest  $R_{\text{Bragg}}$ ) for the triclinic chloritoid of  $P-1$  space group. Unit cell parameters are as follow:  $a = 5.483(1)$ ,  $b = 5.479(1)$ ,  $c = 9.1476(5)$  Å,  $\alpha = 83.452(10)^\circ$ ,  $\beta = 76.639(11)^\circ$ ,  $\gamma = 59.993(15)^\circ$ . Its average formula from seven WDS spots is  $(\text{Fe}_{0.83}\text{Mg}_{0.17}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 1.01}\text{Al}_{1.97}(\text{SiO}_4)_{\Sigma 1.02}\text{O}_{0.92}(\text{OH})_{2.00}$ , and therefore must be classified as a chloritoid. As accessory minerals in the schist, we found rutile crystals and aggregates, prismatic zircons, a mineral from the chlorite group, and paragonite. Attention was paid to the unexpected occurrence of possibly primary rare grains of xenotime-(Y) up to 10  $\mu\text{m}$  with average formula  $(\text{Y}_{0.71}\text{Sm}_{0.01}\text{Gd}_{0.03}\text{Tb}_{0.01}\text{Dy}_{0.07}\text{Ho}_{0.01}\text{Er}_{0.05}\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_{0.04}\text{Lu}_{0.01})_{\Sigma 0.96}(\text{P}_{1.02}\text{Si}_{0.01})_{\Sigma 1.03}\text{O}_{4.00}$ , and more common rhabdophane-(Ce), which forms acicular, partly skeletal crystals in cavities, possibly after leached apatite. Its average formula is  $\text{Y}_{0.01}\text{La}_{0.18}\text{Ce}_{0.40}\text{Pr}_{0.04}\text{Nd}_{0.15}\text{Sm}_{0.03}\text{Eu}_{0.01}\text{Gd}_{0.04}\text{Al}_{0.02}\text{Ca}_{0.18}\text{Fe}_{0.04}\text{Th}_{0.02})_{\Sigma 1.12}(\text{P}_{0.95}\text{Si}_{0.01}\text{S}_{0.01})_{\Sigma 0.97}\text{O}_{4.00} \cdot 0.97 \text{H}_2\text{O}$ . We suggest using the term “chloritoid schist” for these metapelites formed at the contact of Middle to Late Ordovician graphite shales with the intrusion of the Variscan biotite granite of the Železné Hory Mts. Plutonic Complex.

**Key words:** chloritoid, rhabdophane-(Ce), xenotime-(Y), Ordovician, Železné Hory Mountains, Czech Republic

Obdrženo 24. 9. 2020; přijato 7. 11. 2020

### Úvod

Chloritoidová skupina obsahuje monoklinické nebo triklinické nesilikáty s obecným vzorcem  $\text{M}^{2+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})_2$ , kde pozici M obsazuje dvojmocný kationt. V současnosti jsou známy čtyři platné členy této skupiny: chloritoid s převahou železa na pozici  $\text{M}^{2+}$  (Fiedler 1832; Rose 1837), magniochloritoid s dominancí hořčíku (Chopin 1983; Chopin a Schreyer 1983) a ottrélit s převahou manganu (Descloizeaux a Damour 1842). Dále se do této skupiny řadí velmi vzácný germaniový analog chloritoidu carboirít, kde germanium nahrazuje křemík v silikátovém aniontu (Johan et al. 1983).

Na našem území byly z této skupiny minerálů zjištěny poměrně běžný chloritoid a výrazně vzácnější ottrélit. Ten byl poprvé popsán ze Železných hor z okolí vrchu Bučina (Krejčí a Helmhacker 1882), a jeho zdejší výskyt se

traduje v některých topografických mineralogiích našeho území (např. Kratochvíl 1957; Pauliš 2003). V rámci revize některých manganových fází jsme v roce 2019 ověřovali zdejší horniny obsahující „ottrélit“ a o výsledcích jejich mineralogické analýzy referujeme.

### Lokalizace a stručná historie výzkumů

Geologicky oblast náleží chrudimskému staršímu paleozoiku střeďočeské oblasti - bohémika. Studované horniny náleží k vápenopodolské synklinále a tvoří nesouvislý nepravidelný pás mezi obcemi Skoránov a Kraskov na západě a Ptenínem na východě, který je dlouhý asi 5.6 km a široký maximálně 650 m (Holásek et al. 1989). Kontaktně metamorfované fylity a fylitické břidlice se vyskytují na styku anchimetamorfovaných tmavých jílovitých břidlic a prachovců středního až svrchního ordoviku (mičovské

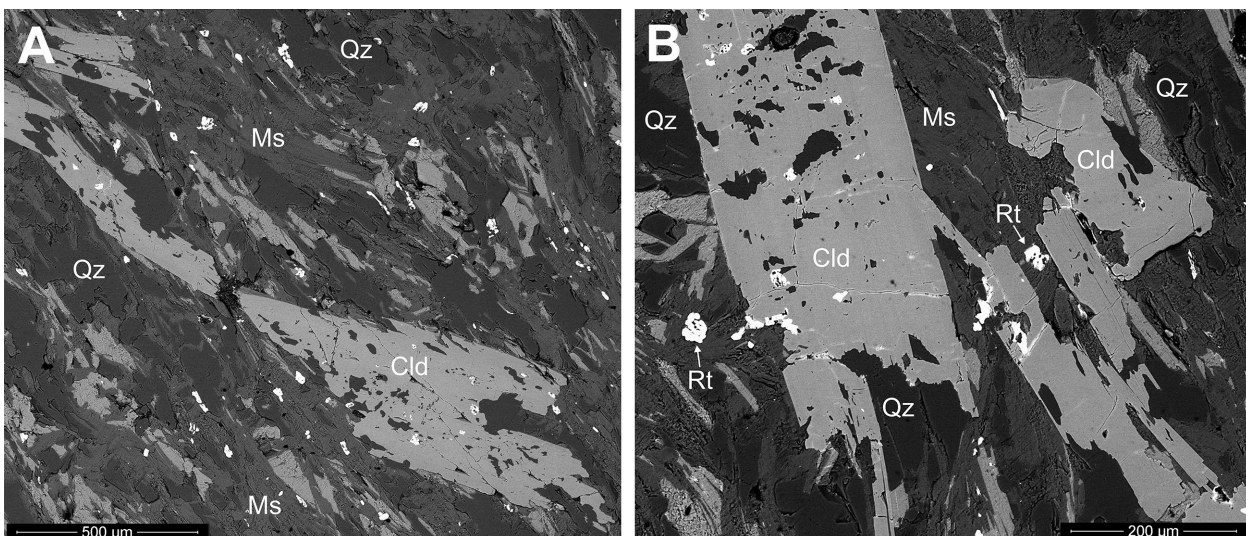
souvrství) a variských dvojslídnych granitů železnohor-ského plutonu (Burda et al. 1993).

První popis studovaných hornin pochází z vysvětlivek ke geologické mapě Železných hor (Krejčí a Helmhacker 1882). Ke geologické situaci výskytu břidlic uvádí následující: „Na hranici žuly byly jílovité břidlice zóny  $d_3$  zcela přeměněny na ottrelitové břidlice, které se vyvíjejí postupným přechodem z černých jílovitých břidlic“ a „Zóna  $Dd_3$  - Vyskytuje se většinou jako ottrelitové (chloritoidové) břidlice v nadloží křemencové zóny  $d_2$  na Bučině, mezi nimi a červenou žulou. V důsledku tohoto uložení a výskytu nad křemencem lze pás těchto břidlic považovat za analog zóny  $d_3$ . Tyto horniny lze mimochodem odvodit z metamorfózy zóny  $d_1$ . ... V břidličnatých světlých porfyrech, na které nasedají vrstvy zóny D jižním směrem, se nacházejí útržky této břidlice.“ Detailní petrografický popis z pera Rudolfa Helmhackera ve výše uvedené práci pak uvádí podrobné informace o výskytu břidlicové polohy a zmiňuje, že kontaktní metamorfózu, která přeměnila černé břidlice na ottrelitové, lze sledovat na povrchu do vzdálenosti mírně nad 1 km od okraje žulového tělesa. Studované horniny pak popisuje takto: „Ottrelitový fylit vykazuje jasnou břidličnatost procházející světle šedou základní hmotou, ve které jsou uloženy téměř paralelně až  $1\frac{1}{4}$ -1 mm široké tmavě zelené tenké destičky chloritoidu (ottrelitu). Obvykle se nachází 40 až 50 takových chloritoidových šupin na  $1\text{ cm}^3$ , i když u některých odrůd

je jejich počet několikanásobně vyšší.“ Helmhacker zmiňuje také, že základní hmota horniny je kromě zcela převažujícího jemnozrného muskovitu tvořena také malým množstvím nahnědlých šupin nejistého biotitu a velmi jemnozrným magnetitem. Na trhlinách navětrané břidlice objevil limonit. Klíčová pro další text je poznámka pod čarou uvedená na straně 198: „Ottrelit je název odrůdy chloritoidu obsahující významný podíl Mn, což lze snadno rozpoznat při použití dmuchavky. Náš ottrelit však neobsahuje žádný Mn, nebo pouze nevýznamné stopy, takže se kryje s odrůdou venasquitem. Zde se však v textu většinou vedle názvu chloritoid používá označení ottrelit, i když pokud se používají názvy odrůd, vhodnější by byl termín venasquit (kvůli nepřítomnosti Mn).“ Takto vstoupil zdejší minerál chloritoidové skupiny do literatury, na kterou odkazují novější práce. Vepřek (1906) tak uvádí zkrácený český překlad výše uvedených mapových vysvětlivek a konkrétně zmiňuje „šupinky chloritoidu neboli ottrelitu“. Hinterlechner a John (1909) pak polemizují s přesným stratigrafickým zařazením ottrelitových břidlic v rámci vrstevního sledu zóny D Železných hor (pozn. spodní silur paralelizovaný s oblastí Barrandieny) a na základě kontaktní metamorfózy břidlic částečně vymezují stáří granitu, který jí způsobil. Detailní rozbor břidlic uvádějí Hinterlechner a John (1910). Publikují tři chemické analýzy této horniny, dva z různých míst západního úbočí vrchu Bučina a poslední z malé jámy jihozápadně



**Obr. 1** Leštěná plocha chloritoidové břidlice z jižního úpatí Bučiny s hojnými tmavě zelenými krystaly chloritoidu. Velikost  $6.5 \times 3\text{ cm}$ . Foto J. Jirásek.



**Obr. 2** Nábrusy chloritoidové břidlice zobrazené pomocí zpětně odražených elektronů. Zřejmě je chemická homogennita chloritoidu a velké množství inkluzí zachycených během metamorfního růstu jeho krystalů. Cld: chloritoid, Ms: muskovit, Qz: křemen, Rt: rutil. Foto D. Matýsek.



tvrzena práškovou rentgenovou difrakční analýzou na magnetických koncentrátech, připravených z podrcené a namleté horniny. Chloritoid je paramagnetický s výraznou magnetickou anizotropií a magnetickou susceptibilitou  $\sim 389 \cdot 10^{-6}$  [SI] (Haerincq et al. 2013, 2015). Uvedená orientační hodnota magnetické susceptibilita je sice dosti nízká, umožňuje ale při použití dostatečně silného magnetického pole alespoň částečné nabohacení koncentrátů chloritoidem.

Chloritoid patří k nesilikátům, vyznačuje se vrstevnatou strukturou a polytypií (Hanscom 1980). Známý jsou triklinické a monoklinické polytypy, detailní systematika polytypů u tohoto minerálu nebyla ale zatím publikována. Při alternativním výpočtu mřížkových parametrů pomocí Rietveldovy metody s použitím různých vstupních strukturálních modelů byla nejlepší shoda (nejnižší hodnota  $R_{wp}$ , resp.  $R_{Bragg}$ ) dosažena při použití strukturálních dat pro triklinický polytyp chloritoidu s prostorovou grupou *P*-1 (Koch-Müller et al. 2000). Mřížkové parametry studovaného chloritoidu jsou:  $a = 5.483(1)$ ,  $b = 5.479(1)$ ,  $c = 9.1476(5)$  Å,  $\alpha = 83.452(10)^\circ$ ,  $\beta = 76.639(11)^\circ$ ,  $\gamma = 59.993(15)^\circ$  ( $R_{Bragg} = 1.614\%$ ). Na relativně vysokou chybu výpočtu mřížkových parametrů chloritoidu má vliv jak dosti nízký podíl minerálu (cca 22 hm. %) ve směsi, tak i jeho tendence k přednostnímu uspořádání v práškovém preparátu.

Výsledky WDS bodových mikroanalýz jsou uvedeny v tab. 1. Podle zjištěného průměrného empirického vzorce  $(Fe_{0.83}Mg_{0.17}Mn_{0.01})_{\Sigma 1.01}Al_{1.97}(SiO_4)_{\Sigma 1.02}O_{0.92}(OH)_{2.00}$  jde o **chloritoid** s obsahem magnesi chloritoidové komponenty 17 % a otrřelitové komponenty 1 %. Obsahy Na, K, Sr, Ba, Zn, Ni, V, Sc, F a Cl byly ve všech bodových analýzách pod mezí detekce použité metody.

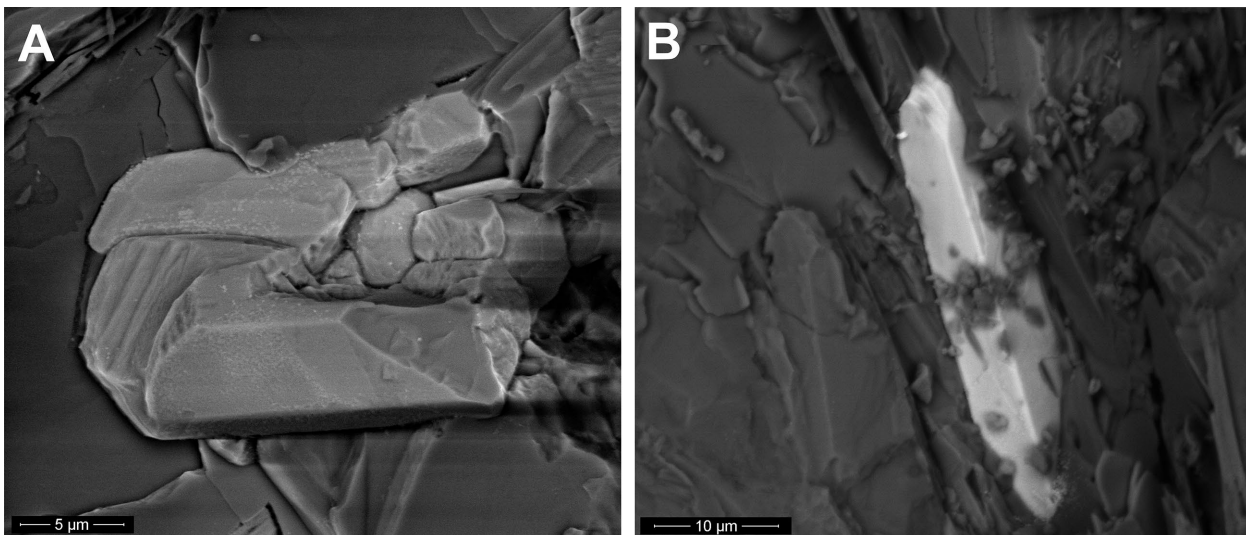
**Paragonitický slídnový minerál** byl pomocí elektronové mikroskopie a mikroanalýzy pozorován jen vzácně z důvodu jeho nenápadnosti a jeho těsného prorůstání s **illit-muskovitem**. Vytváří v muskovitových agregátech vrostlé lamely. Oba fylosilikáty nebyly blíže studovány.

Při studiu přírodních lomných ploch a nábrusů břidlice byly zjištěny některé akcesorické minerály včetně takových, které dosud z lokality nebyly uváděny. Dostí hojně jsou mikroskopické agregáty  $TiO_2$  fáze (podle RTG difrakčních analýz se jedná o **rutil**) o velikosti do  $40 \times 20$   $\mu m$  (obr. 3a) a poměrně vzácné prizmatické krystaly zirkonu o

délce do 40  $\mu m$  (obr. 3b).

Specifickými akcesorii chloritoidové břidlice jsou pak xenotim-(Y) a rabdofán-(Ce). **Xenotim-(Y)** tvoří velmi vzácná izometrická zrna o velikosti do 10  $\mu m$  (obr. 4a). Ve zpětně odražených elektronech se jeví jako homogenní. Průměrný empirický vzorec, vypočtený na základě dvou bodových analýz je  $(Y_{0.71}Sm_{0.01}Gd_{0.03}Tb_{0.01}Dy_{0.07}Ho_{0.01}Er_{0.05}Tm_{0.01}Yb_{0.04}Lu_{0.01})_{\Sigma 0.96}(P_{1.02}Si_{0.01})_{\Sigma 1.03}O_{4.00}$  - tab. 2. Obsahy La, Ce, Al, As a S byly ve všech bodových analýzách pod mezí detekce použité metody. Xenotim akumuluje HREE s nejvyšším zastoupením Dy (5.6 hmot. %  $Dy_2O_3$ ). Obsahy La a Ce byly pod mezí detekce použité analytické metody. Obsahy U a Th jsou nízké - 0.5 hm. %  $UO_2$  a 0.3 %  $ThO_2$  a vstupují do strukturální pozice A obecného vzorce minerálů rabdofánové skupiny  $ABO_4 \cdot nH_2O$  substituční  $Ca^{2+} + Th^{4+} \leftrightarrow 2REE^{3+}$ , respektive  $Ca^{2+} + U^{4+} \leftrightarrow 2REE^{3+}$  (Ondrejka et al. 2018).

**Rabdofán-(Ce)** se ve studovaném metasedimentu vyskytuje v podobě agregátů jehlicovitých krystalů, nacházejících se výhradně v dutinách po dlouze sloupcovitém minerálu, patrně po apatitu (obr. 4b), které někdy téměř zcela vyplňuje (obr. 4c). Tyto krystaly dosahují maximální délky 25  $\mu m$  a tloušťky do 3  $\mu m$ . Při vysokém zvětšení je patrné, že jehlicovité krystaly jsou kostrovitě vyvinuté, a prakticky všechny mají ve svých centrech otevřené dutiny (obr. 4d-f). Vnější omezení lépe omezených krystalků občas připomíná hexagonální prizmata, což je v souladu se symetrií rabdofánu. Průměrný empirický vzorec, zjištěný na základě sedmi bodových analýz (tab. 2), je  $(Y_{0.01}La_{0.18}Ce_{0.40}Pr_{0.04}Nd_{0.15}Sm_{0.03}Eu_{0.01}Gd_{0.04}Al_{0.02}Ca_{0.18}Fe_{0.04}Th_{0.02})_{\Sigma 1.12}(P_{0.95}Si_{0.01}S_{0.01})_{\Sigma 0.97}O_{4.00} \cdot 0.97 H_2O$ . Obsahy Tb, Ho, Er, Lu a Yb byly ve všech bodových analýzách pod mezí detekce použité metody. V analýzách převládají LREE nad HREE, s Ce, La a Nd jako dominantními LREE kationty. Obsahy Y se pohybují od 0.30 do 0.41 hm. %  $Y_2O_3$ , respektive mezi 0.006 a 0.008 *apfu* Y. Významně zvýšený je obsah Ca, který v průměru dosahuje 4.1 hm. % CaO, respektive 0.18 *apfu* Ca. Obsahy Zr, Yb, Sc a Lu byly pod mezí detekce použité analytické metody, obsahy As, U, Tb, Ho a Er nepřekročily 0.002 *apfu*. Vzhledem k velikosti krystalů a jejich kostrovému růstu nebylo možné zjistit jejich případnou chemickou zónalnost. Zajímavá je skutečnost, že PAAS normalizované distribuční křivky REE xenotimu a rabdofánu se vzájemně doplňují (obr. 5).

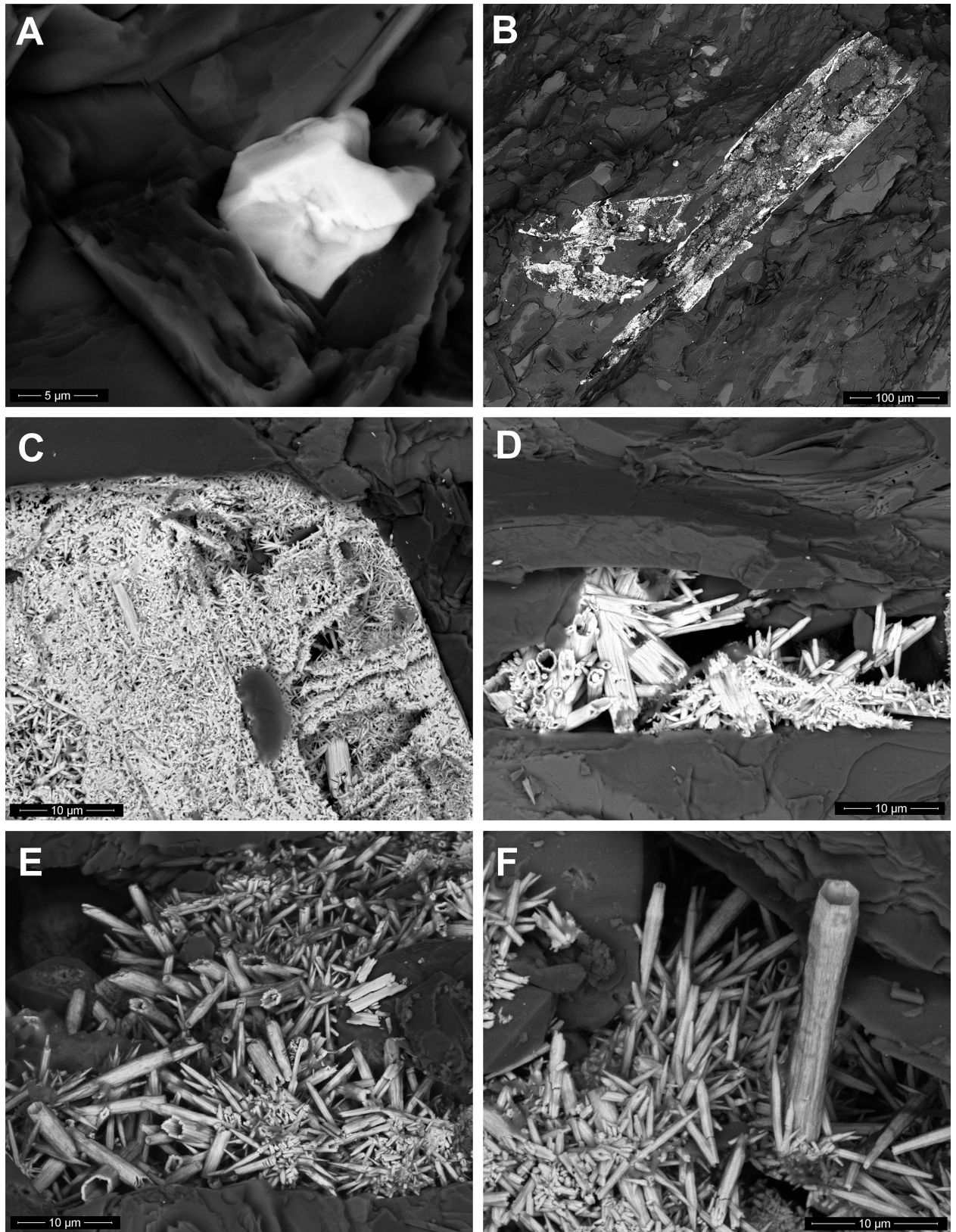


**Obr. 3** Agregát rutilu (A) a prizmatický krystal zirkonu (B) na lomné ploše horniny, zobrazené pomocí zpětně odražených elektronů. Foto D. Matýšek.

### Závěr

Minerál chloritoidové skupiny z kontaktně metamorfovaných ordovických sedimentů Železných hor, který byl po více než sto let v literatuře uváděn jako otrřelít, je ve

skutečnosti chloritoid s velmi nízkým obsahem otrřelitové komponenty (1 %). Pozoruhodné je, že celá situace by se dala označit jako „ztraceno v překladu“. Samotní autoři prvního zdejšího popisu toho minerálu, Krejčí a

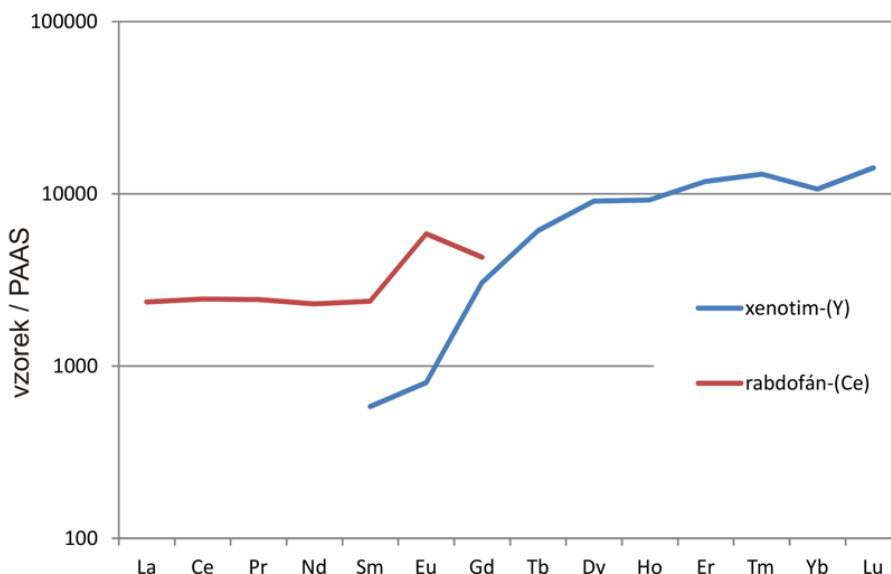


**Obr. 4** Akcesorické minerály chloritoidové břidlice zobrazené pomocí zpětně odražených elektronů. A - izometrické zrnó xenotimu-(Y) na lomné ploše horniny. B-F - jehlicovité krystaly rabdofánu-(Ce), částečně vyplňující dutinu po pravděpodobném apatitu. Při velkém zvětšení je patrné, že velká část z nich představuje kostrovité krystaly. Foto D. Matýsek.

**Tabulka 2** Chemické složení xenotimu-(Y) a rabdofánu-(Ce) (hm. %) a přepočtení koeficientů jejich empirických vzorců na čtyři atomy kyslíku. Množství vody u rabdofánu bylo dopočteno na základě poměru strukturální pozice B / H<sub>2</sub>O v ideálním vzorci. B.d.l. - pod detekčním limitem.

	xenotim-(Y)			rabdofán-(Ce)							
	mean	1	2	mean	1	2	3	4	5	6	7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	32.70	32.64	32.76	28.53	26.30	28.12	28.02	26.62	28.26	29.02	27.76
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0.07	0.10	0.07	0.08	0.08	0.06	0.08	0.00
SO <sub>3</sub>	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0.20	0.25	0.30	0.23	0.30	0.14	0.12	0.25
SiO <sub>2</sub>	0.27	0.27	0.27	0.23	0.28	0.29	0.17	0.15	0.24	0.23	0.17
ThO <sub>2</sub>	0.26	0.25	0.26	2.05	0.82	3.46	2.79	0.68	3.83	0.42	3.08
UO <sub>2</sub>	0.53	0.54	0.53	0.11	0.09	0.16	0.10	0.10	0.13	0.07	0.17
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	41.34	42.22	40.46	0.35	0.34	0.35	0.31	0.37	0.34	0.41	0.30
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	12.33	12.91	11.87	12.06	13.43	11.66	12.58	11.77
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	26.63	27.80	25.78	26.29	27.56	25.47	27.59	25.92
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	2.89	2.92	2.71	3.01	2.97	2.68	3.01	2.97
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30	0.36	0.23	9.99	10.52	9.21	9.92	10.36	9.55	10.10	10.27
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.46	0.57	0.36	1.91	2.02	1.75	1.83	2.01	1.83	1.97	1.94
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09	b.d.l.	0.18	0.82	0.86	0.75	0.77	0.91	0.79	0.83	0.85
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.13	2.15	2.10	2.98	3.14	2.84	2.95	3.09	2.84	3.11	2.91
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.63	0.57	0.69	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.55	5.31	5.80	0.15	0.13	0.14	0.14	0.19	0.14	0.17	0.16
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.11	1.03	1.19	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.16	4.21	4.11	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.67	0.67	0.67	0.14	0.21	0.16	0.18	0.22	0.18	b.d.l.	b.d.l.
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.66	3.60	3.71	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.70	0.69	0.72	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0.43	0.26	0.64	0.34	0.21	0.65	0.33	0.59
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.01	0.02	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05
CaO	0.06	0.04	0.08	4.06	3.72	4.21	4.27	3.82	4.45	3.79	4.14
FeO	0.14	0.09	0.19	1.15	0.85	1.18	1.42	0.86	1.10	1.13	1.51
PbO	0.41	0.39	0.43	0.15	0.14	0.14	0.13	0.09	0.16	0.16	0.23
H <sub>2</sub> O*	-	-	-	3.62	3.77	3.49	3.67	3.67	3.48	3.68	3.55
Σ	95.26	95.71	94.80	97.98	99.70	95.81	98.79	99.10	96.37	98.06	97.99
P <sup>5+</sup>	1.017	1.012	1.022	0.950	0.962	0.932	0.957	0.957	0.938	0.966	0.941
As <sup>5+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000
S <sup>6+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.007	0.008	0.009	0.007	0.009	0.004	0.004	0.008
Si <sup>4+</sup>	0.010	0.010	0.010	0.009	0.011	0.012	0.007	0.006	0.010	0.009	0.007
ΣB	1.027	1.023	1.032	0.968	0.983	0.955	0.973	0.973	0.954	0.981	0.956
Y <sup>3+</sup>	0.713	0.727	0.700	0.007	0.006	0.007	0.006	0.007	0.007	0.008	0.006
La <sup>3+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.185	0.190	0.183	0.179	0.200	0.179	0.187	0.177
Ce <sup>3+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.397	0.405	0.395	0.387	0.407	0.388	0.407	0.388
Pr <sup>3+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.043	0.042	0.041	0.044	0.044	0.041	0.044	0.044
Nd <sup>3+</sup>	0.004	0.005	0.003	0.145	0.150	0.138	0.142	0.149	0.142	0.146	0.150
Sm <sup>3+</sup>	0.006	0.007	0.005	0.027	0.028	0.025	0.025	0.028	0.026	0.027	0.027
Eu <sup>3+</sup>	0.001	0.000	0.002	0.011	0.012	0.011	0.011	0.012	0.011	0.011	0.012
Gd <sup>3+</sup>	0.026	0.026	0.026	0.040	0.041	0.029	0.039	0.041	0.039	0.042	0.039
Tb <sup>3+</sup>	0.008	0.007	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dy <sup>3+</sup>	0.066	0.063	0.069	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
Ho <sup>3+</sup>	0.013	0.012	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Er <sup>3+</sup>	0.048	0.048	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tm <sup>3+</sup>	0.008	0.008	0.008	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.000	0.000
Yb <sup>3+</sup>	0.041	0.040	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Lu <sup>3+</sup>	0.008	0.008	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al <sup>3+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.021	0.012	0.032	0.016	0.010	0.032	0.016	0.028
Sc <sup>3+</sup>	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Ca <sup>2+</sup>	0.002	0.001	0.002	0.177	0.159	0.188	0.184	0.165	0.198	0.164	0.181
Fe <sup>2+</sup>	0.004	0.003	0.006	0.039	0.028	0.041	0.048	0.029	0.038	0.038	0.052
Pb <sup>2+</sup>	0.004	0.004	0.004	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003
Th <sup>4+</sup>	0.002	0.002	0.002	0.020	0.007	0.033	0.025	0.006	0.036	0.004	0.029
U <sup>4+</sup>	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
ΣA	0.959	0.966	0.952	1.120	1.090	1.142	1.114	1.106	1.146	1.101	1.143
O	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
H <sub>2</sub> O	-	-	-	0.968	0.983	0.955	0.973	0.973	0.954	0.981	0.956

**Obr. 5** Normalizované obsahy REE v průměrném xenotimu-(Y) a rabdofánu-(Ce). Normalizace provedena na PAAS podle Pourmand et al (2012). Obsahy Dy a Tm v rabdofánu-(Ce) byly položeny na nulu - jejich naměřené hodnoty (tab. 2) byly těsně nad mezí detekce a považujeme je za artefakty měření.



Helmhacker (1882), sice o minerálu píše jako o otrélitu, ale vzápětí konstatují, že neobsahuje prakticky žádný mangan a neměl by se tak nazývat. Novější práce týkající se chemismu tohoto minerálu chybí, zato jeho původní označení v literatuře přetrvalo dodnes a detaily původní práce málokdo studoval.

Zajímavé jsou akcesorické minerály, které dosud ze zdejších „ottrélitových“ břidlic nebyly popsány. Jedná se o prizmatické krystaly zirkonu, drobná izometrická zrna xenotimu-(Y) a jehlicovitý rabdofán-(Ce). Poslední jmenovaný minerál se vyskytuje v protáhlých dutinách, které pravděpodobně vznikly vyloužením původního minerálu apatitové skupiny. Proto předpokládáme, že apatit byl zdrojem jak fosforu, tak REE potřebných pro vznik rabdofánu. Naopak xenotim, s ohledem na četnost, tvar, velikost a chemickou homogenitu, se jeví nejspíše primárním, respektive patří k původní asociaci těžkých minerálů. Xenotim ani rabdofán nejsou ve slabě metamorfovaných sedimentárních horninách pravděpodobně ani tak vzácné, jako spíše přehlížené. Autigenní vznik rabdofánu a xenotimu v sedimentech karbonského stáří na našem území popisují například Čopjaková a Škoda (2006, 2012). Rabdofán může z kyselých roztoků vznikat za teplot do 100 °C (Roncal-Herrero et al. 2011).

#### Poděkování

Děkujeme Mgr. Daliboru Velebilovi za pokus o dohledání Lázníčkova údaje o chloritoidu z přednášek Národního muzea a Společnosti Národního muzea. Recenzentům Z. Lososovi a P. Paulišovi děkujeme za připomínky, které pomohly zvýšit kvalitu rukopisu.

#### Literatura

BURDA J, ČURDA J, GÜRTLEROVÁ P, HOLÁSEK O, KLEČÁK J, KNOTEK Z, LYSENKO V, MAJER V, MÜLLER V, RAMBOUSEK P, TÍMA V, TOMÁŠEK M (1993) Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1: 50 000 List 13-42 Pardubice. 1-46, Český geologický ústav Praha  
 ČOPJAKOVÁ R, ŠKODA R (2006) Vznik autigenního xenotimu-(Y) v podmínkách velmi slabé metamorfózy drobných břidlic moravsko-slezského kulmu. Acta Mus Morav, Sci Geol 97: 55-69

ČOPJAKOVÁ R, ŠKODA R (2012) Detritické a autigenní REE minerály v sedimentech kulmu Dražanské vrchoviny, jejich význam pro studium provenience klastického materiálu a procesů diagenese. Acta Mus Morav, Sci Geol 91: 105-127

DESCLOIZEAUX A, DAMOUR AA (1842) De l'ottrélite. Nouvelle espèce minérale. Ann Mines 2: 357-361

FEDIUK F (1981) Minerály metamorfovaných hornin: Český masív. In Bernard JH (ed.) Mineralogie Československa, 2. vyd. 497-536. Academia Praha

FIEDLER KG (1832) Lagerstätten des Diaspor, Chlorit-spath, Pyrophyllit und Monazit, aufgefunden in Ural. Ann Phys Chem 25: 322-333

HAERINCK T, DEBACKER TN, SINTUBIN M. (2013): Magnetic anisotropy of chloritoid. J Geophys Res-Sol Ea 118: 3886-3898

HAERINCK T, DEBACKER TN, SINTUBIN M. (2015): Preferred mineral orientation of a chloritoid-bearing slate in relation to its magnetic fabric. J Struct Geol 71: 125-135

HANSCOM R (1980) The structure of triclinic chloritoid and chloritoid polymorphism. Am Mineral 65: 534-539

HINTERLECHNER K, JOHN vC (1909) Über Eruptivgesteine aus dem Eisengebige in Böhmen. J K-Kön geol Reichsanst 59, 1: 127-244

HINTERLECHNER K, JOHN vC (1910) Über metamorphe Schiefer aus dem Eisengebige in Böhmen. Verh K-Kön geol Reichsanst 15: 337-353

HOLÁSEK O, HOLÁSEK O, RAMBOUSEK P, TÍMA V (1989) Geologická mapa ČSR. List 13-42 Pardubice. Ústřední ústav geologický, Praha

HOVORKA D (1969) Minerály metamorfovaných hornin: Český masív. In Bernard JH (ed.) Mineralogie Československa 320-332. Academia, Praha

CHOPIN C (1983) Magnesiochloritoid, a key-mineral for the petrogenesis of high-grade pelitic blueschists. Bull Mineral 106: 715-717

CHOPIN C, SCHREYER W (1983) Magnesio-carpholite and magnesiochloritoid: two index minerals of pelitic blueschists and their preliminary phase relations in the model system MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. Am J Sci 283A: 72-96

JOHAN Z, OUDIN E, PICOT P (1983) Analogues germanifères et gallifères des silicates et oxydes dans les gisements de zinc des Pyrénées centrales, France; argutite et carboirite, deux nouvelles espèces minérales. Tsch Mineral Petrogr Mitt 31: 97-119

- KOCH-MÜLLER M, KAHLBERG V, SCHMIDT C, WIRTH R (2000) Location of OH groups and oxidation processes in triclinic chloritoid. *Phys Chem Miner* 27: 703-712
- KRATOCHVÍL J (1957) *Topografická mineralogie Čech I: A-G*. 1-855, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- KREJČÍ J, HELMHACKER R (1882) Erläuterungen zur geologischen Karte des Eisengebirges (Železné hory) und der angrenzenden Gegenden im östlichen Böhmen. *Arch naturwiss Landesdurchforsch Böhmen* 5(1): 1-207
- ONDREJKA M, BAČÍK P, SOBOCKÝ T, UHER P, ŠKODA R, MIKUŠ T, LUPTÁKOVÁ J, KONEČNÝ P (2018) Minerals of the rhabdophane group and the alunite supergroup in microgranite: products of low-temperature alteration in a highly acidic environment from the Velence Hills, Hungary. *Mineral Mag* 82(6): 1277-1300
- PAULÍŠ P (2003) *Minerály České republiky: Kompletní přehled minerálů České republiky s uvedením jejich nejvýznamnějších lokalit*. 1-120, Kuttna, Kutná Hora
- POURMAND A, DAUPHAS N, IRELAND TJ (2012) A novel extraction chromatography and MC-ICP-MS technique for rapid analysis of REE, Sc and Y: Revising CI-chondrite and Post-Archean Australian Shale (PAAS) abundances. *Chem Geol* 291: 38-54
- RONCAL-HERRERO T, RODRÍGUEZ-BLANCO JD, OELKERS EH, BENNING LG (2011) The direct precipitation of rhabdophane ( $\text{REEPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) nano-rods from acidic aqueous solutions at 5-100 °C. *J Nanopart Res* 13: 4049-4062
- ROSE G (1837) *Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere*, Bd. 1. 1-641, Sanderschen Buchhandlung, Berlin
- SLAVÍKOVÁ L (1939) Význačné přírůstky čs. sbírky nerostné v posledních pěti letech. *Čas Nár Muz Odd přírodověd* 113: 43-54
- TUČEK K (1970) *Naleziště českých nerostů a jejich literatura 1951-1965*. 1-884, Academia, Praha
- VEPŘEK P (ed) (1906) *Chrudimsko a Nasavrcko: Díl I. Obraz přírodní*. 1-137, Výbor ku popisu okresu Chrudimského a Nasavrckého, Chrudim