

Zajímavý výskyt fosfátů v okolí Líštěnce u Votic (Česká republika)

An interesting phosphate occurrence around Líštěnec near Votice (Czech Republic)

LUBOŠ VRTIŠKA*, RADANA MALÍKOVÁ A JIŘÍ SEJKORA

Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;
*e-mail: lubos_vrtiska@nm.cz

VRTIŠKA L., MALÍKOVÁ R., SEJKORA J., (2016) Zajímavý výskyt fosfátů v okolí Líštěnce u Votic (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 23, 1, 114-131. ISSN 1211-0329.*

Abstract

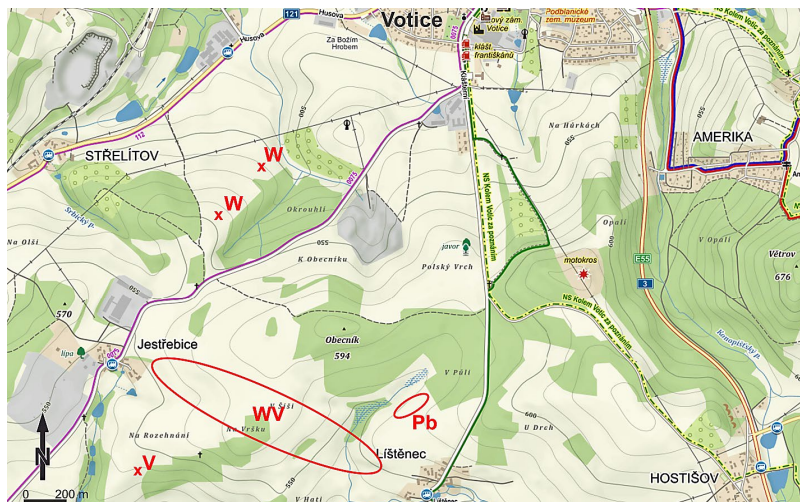
An interesting phosphate mineral assemblage was found at several sites close to the Líštěnec village near Votice (central Bohemia, Czech Republic). Recently defined fluorwavellite forms light blue to blue spherical aggregates and crusts in fissures of graphitic gneisses (historical sample) or quartz gangue (new finds). It is orthorhombic, space group $Pcnm$ with following unit-cell parameters refined from the X-ray powder diffraction data: a 9.6259(8), b 17.381(2), c 6.9946(6) Å, V 1170.3(2) Å³ (historical sample) and a 9.635(3), b 17.366(5), c 6.993(2) Å and V 1169.9(6) Å³ (new finds). Empirical formulae of fluorwavellite from both finds is possible to express as $(Al_{2.90}V_{0.03}Fe_{0.02}K_{0.01})_{\Sigma 2.96}(PO_4)_{4/2.00}F_{1.00}((OH)_{1.73}F_{0.12})_{\Sigma 2.85} \cdot 5H_2O$ (historical sample) and $(Al_{2.84}V_{0.16}Fe_{0.03}Ca_{0.02}K_{0.02}Cr_{0.02})_{\Sigma 3.09}(PO_4)_{4/2.00}(F_{0.81}(OH)_{0.19})(OH)_{2.23} \cdot 5H_2O$ (new finds). Variscite occurs as green transparent crusts and aggregates. Samples from both occurrences belong to variscite of Messbach type with following orthorhombic unit-cell parameters: a 9.906(2), b 9.659(2), c 17.175(4) Å, V 643.4(3) Å³ (historical sample) and a 9.902(3), b 9.654(2), c 17.179(4) Å, V 1642.1(7) Å³ (new finds). Their empirical formulae are: $(Al_{0.99}V_{0.02}Fe_{0.01})_{\Sigma 1.02}(PO_4)_{4/0.99}F_{0.05} \cdot 2H_2O$ (historical sample) and $(Al_{0.94}V_{0.02}Fe_{0.03}Cr_{0.01})_{\Sigma 1.00}(PO_4)_{4/1.00}F_{0.06} \cdot 2H_2O$ (new finds). Pyromorphite forms crusts and aggregates at fissures of quartz gangue consisting from yellow to light green crystals up to 5 mm in length. It is hexagonal, space group $P6_3/m$ with unit-cell parameters refined from the X-ray powder diffraction pattern: a 9.985(3), c 7.3365(1) Å and V 633.5(2) Å³. Its chemical composition correspond to empirical formula $Pb_{2.95}Ca_{0.01}(P_{2.95}As_{0.03}Cr_{0.02})_{\Sigma 3.00}Cl_{1.00}$. Rare plumbogummite was found as white (with yellowish or bluish tint) crusts in small cavities of quartz composed by tiny idiomorphic trigonal crystals. It is trigonal, space group $R\bar{3}m$ with following unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data: a 7.033(3), c 16.7534(3) Å and V 717.6(3) Å³. Its chemical analyses correspond to Pb-, Al- and P-dominant member of alunite supergroup. Very rare kintoreite occurs as yellow to brownish yellow tiny idiomorphic trigonal crystals in cavities of quartz gangue. Its chemical composition correspond to Pb-, Fe- and P-dominant member of alunite supergroup. An extensive Al-Fe substitution is characteristic for studied plumbogummite and kintoreite.

Key words: Al-phosphates, plumbogummite, kintoreite, fluorwavellite, variscite, pyromorphite, unit-cell parameters, chemical composition, Líštěnec, Votice, Czech Republic

Obdrženo: 7. 6. 2016; přijato: 22. 7. 2016

Úvod

Během mineralogického výzkumu dosud až na výjimky mineralogicky opomíjené oblasti pestré série moldanubika v okolí Votic (jv. od Prahy, střední Čechy) byly objeveny dosud málo zmapované nebo zcela neznámé výskyty fosfátů. Tato práce se zabývá dvěma odlišnými genetickými typy fosfátové mineralizace zjištěnými jižně od Votic v blízkém okolí obce Líštěnec (obr. 1). Prvním typem jsou Al hydratované fosfáty (fluorwavellit a variscit) vázané na hojně výskyty drobných čočkovitých těles grafitických pararul. Druhým typem jsou fosfáty s obsahem olova (plumbogummit, kintoreit a pyromorfit) vázané na drobný, dosud nedokumentovaný výskyt Pb-Zn zrudnění reprezentovaného zde převážně galenitem a sfaleritem.



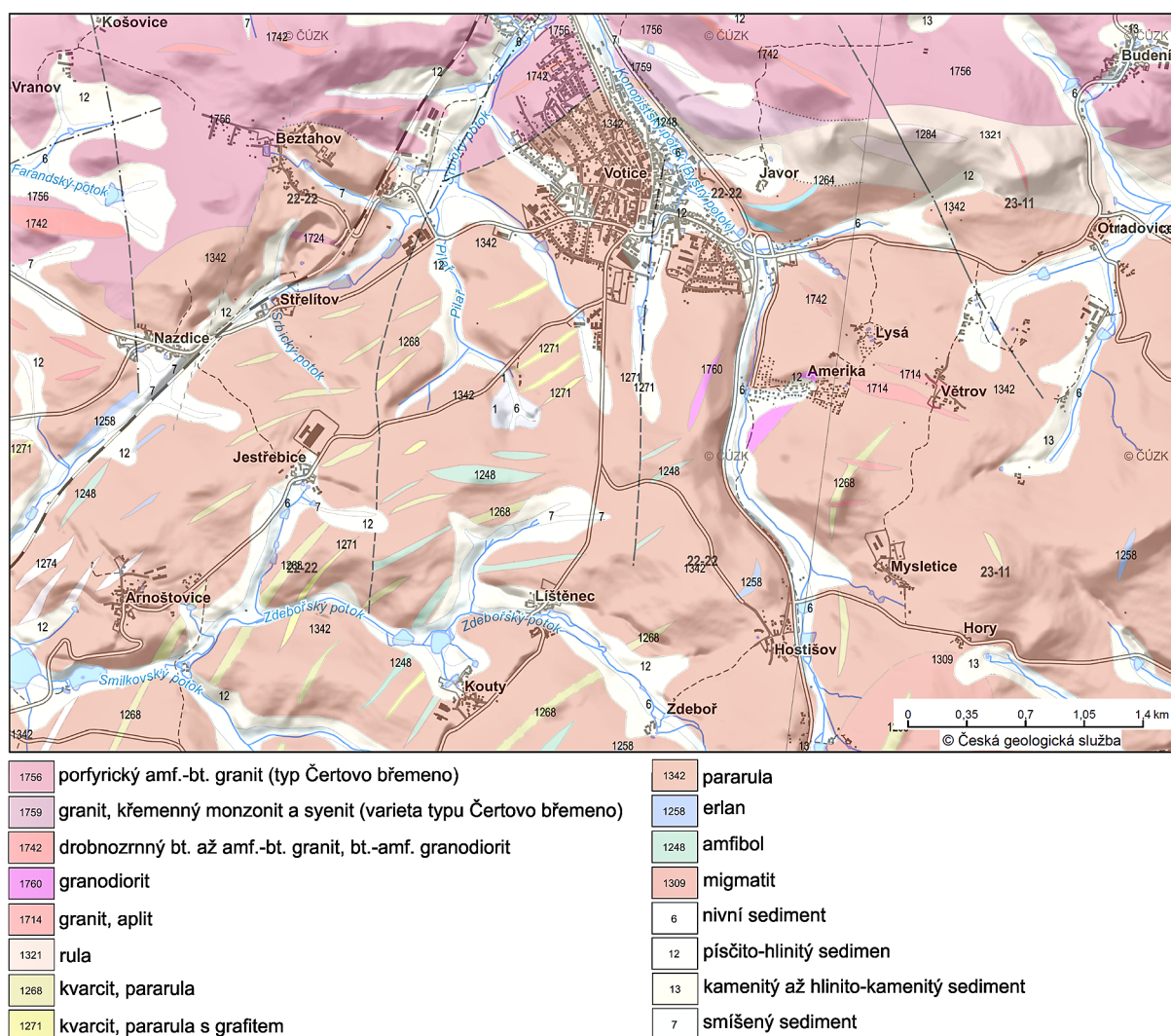
Obr. 1 Mapa s vyznačenými výskyty zjištěné fosfátové mineralizace v okolí Líštěnce u Votic. W - nové výskyty wavellitu; V - nové výskyty variscitu; WV - oblast nálezu Al fosfátů popisovaná Čechem et al. (1962); Pb - výskyt Pb fosfátů; podle www.mapy.cz.

Geologická a mineralogická situace

Město Votice leží v blízkosti kontaktu granitických hornin středoevropského plutonického komplexu, který se nachází v jeho sz., s. až sv. okolí a hornin pestré série moldanubika obklopujících město ze zbývajících stran (obr. 2). Granitické horniny jsou zde zastoupeny převážně porfyrickým amfibol-biotitickým granitem typu Čertovo břemeno s vložkami protáhlých čočkovitých těles biotitických granitů a amfibol-biotitických granodioritů. Horniny moldanubika jsou zde reprezentovány především biotitickými a sillimanit-biotitickými pararulami s muskovitem, granátem a někdy cordieritem, méně pak biotitickými a granát-biotitickými rulami s občasnou přítomností sillimanitu a cordieritu. Tyto horniny obsahují protáhlá, přibližně sv.-jz. orientovaná tělesa amfibolitů, erlanů, kvarcitů, amfibolit-biotitických granodioritů a grafitických pararul (Kodym et al. 2000). Podrobnější studium pestré litologie v oblasti výskytu studovaných fosfátů je však pro nedostatek výchozů velmi komplikované a lze se omezit pouze na výskyt úlomků hornin v ornici.

Z mineralogického hlediska je studovaná oblast známa především výskytem olivově zeleného až žlutého práškovitého chapmanitu zjištěného v polohách grafitických rul nedaleko Smilkova (Tuček 1961; Čech, Povondra 1963). Zajímavý je rovněž nález masivních agregátů

šedobílého paprscitého tremolitu s lupenitým maskem stejné barvy dosahujících hmotnosti až několika kilogramů (Zadražil 2002). Během výzkumu fosfátové mineralizace v okolí Votic, který probíhal převážně v oblasti sz. od obce Líštělec, byly vysledovány rovněž výskyt jednoduchých granitických pegmatitů s přítomností krystalů hnědočerveného granátu do velikosti 5 mm, sloupcovitých krystalů černého turmalínu o délce do 50 mm a hexagonálních sloupcovitých krystalů zeleného apatitu dosahujících velikosti až 6 mm. Kadlec (2015) uvádí přítomnost zrn scheelitu v erlanových čočkách sz. od obce Líštělec. Výskyt hydratovaných Al fosfátů ve studované oblasti prvně zmiňují Čech et al. (1962). Tito autoři uvádějí z blíže nedefinované oblasti cesty mezi Jestřebicemi a Líštěncem (cca 2 km j. až jz. od Votic) výskyt jablečně zeleného ledvinitého *redonditu* (v současné době neplatný minerální druh totožný s variscitem) v asociaci s radiálně paprscitým šedomodrým až modrým wavellitem na puklinách grafitické ruly. Autoři se v této práci věnují podrobnějšímu studiu variscitu ze dvou tehdy nových českých výskytů (Líštělec u Votic a Poniklá) a jejich srovnání s některými výskytmi ve světě. Dalším studiem variscitu z Líštěnce, Poniklé a dalších evropských i světových lokalit za použití rentgenové práškové difrakce a termoanalytických metod se zabývali Čech a Slánský (1965).



Obr. 2 Geologická mapa jižního okolí Votic; podle mapového serveru České geologické služby www.geology.cz.



Obr. 3 Zelené kůry variscitu s radiálně paprscitými agregáty modrého fluorwacchellitu z Lištěnce. Vzorek P1N 84682. Šířka záběru 7 mm. Foto L. Vrtiška.



Charakteristika výskytu

Všechny nově nalezené vzorky s fosfáty pocházejí z povrchových sběrů; primární výchoz s výskytem této mineralizace nebyl dosud nalezen a nebylo tedy možné studovat pozici jejich výskytu *in-situ*. Vzorky Al-fosfátů byly nalezeny v průběhu roku 2002 místním sběratelem Pavlem Zadražillem. Ukázky fluorwacchellitu a variscitu pocházejí ze dvou zhruba 1500 metrů od sebe vzdálených nalezišť (obr. 1). Na rozdíl od minerální asociace popisované Čechem et al. (1962) nebyly pozorovány tyto dvě minerální fáze společně na jednom vzorku a zároveň nenasedají na grafitickou rulu, ale byly zjištěny na puklinách a v dutinách bílého křemene.

Bližší charakteristika okolností nálezů fosfátů popisovaných Čechem et al. (1962) není v literatuře uváděna. V mineralogických sbírkách Národního muzea je pod inventárním číslem P1N 84682 evidována ukázka wacchellitu s variscitem na grafitické rule pocházející ze sbírky P. Povondry s blíže necharakterizovanou lokalizací Lištěnce. Charakter fosfátů na této ukázce odpovídá popisu autorů výše uváděné publikace a je pravděpodobné, že pochází ze stejného nálezů. Tato ukázka byla rovněž podrobena mineralogickému výzkumu pro účely této práce.

Během revize zmiňované mineralizace v roce 2015 byla v blízké okolí jejího výskytu zjištěna vyšší koncentrace úlomků bílého až čírého porézního křemene s přítomností alterovaných sulfidů (převážně galenitu, sfaleritu a pyritu), sloupcovitých krystalů zeleného pyromorfitu a drobně krystalických agregátů plumbogummitu a kintoreitu.

Obr. 4 Zelené kůry variscitu s radiálně paprscitými agregáty modrého fluorwacchellitu z Lištěnce. Vzorek P1N 84682. Šířka záběru 3.5 mm. Foto L. Vrtiška.

Obr. 5 Fluorwacchellit z Lištěnce. Sběr 2002. Šířka záběru 7 mm. Foto L. Vrtiška.

Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ 1000 (Národní muzeum Praha); tento mikroskop byl použit také pro separaci jednotlivých fází pro další výzkum. Barevné mikrofotografie byly pořízeny pomocí mikroskopu Nikon SMZ 25 s digitální kamerou Nikon DS-Ri2 a funkce skládání obrazu za použití programu NIS Elements AR verze 4.20. Fotografie obrazu zpětně rozptýlených elektronů (BSE) byly pořízeny na elektronovém skenovacím mikroskopu Hitachi S3700-N (Národní muzeum, Praha).

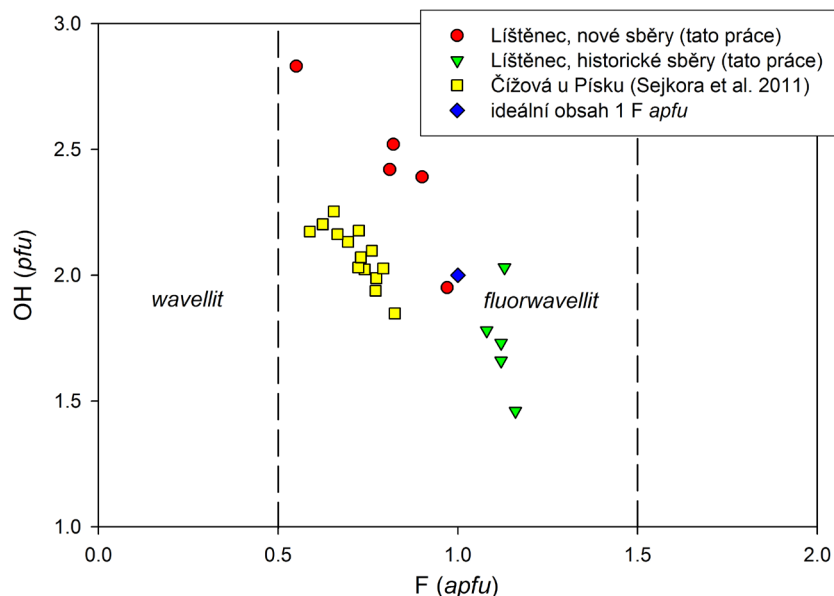
Rentgenová prášková difrakční data studovaných fází byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití $\text{CuK}\alpha$ záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanášeny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).



Obr. 6 Polokulovité agregáty fluorwavellitu z Líštence. Sběr 2002. Šířka záběru 9 mm. Foto L. Vrtiška.

Obr. 7 Polokulovité agregáty fluorwavellitu z Líštence. Sběr 2002. Šířka záběru 12 mm. Foto L. Vrtiška.

Obr. 8 Graf obsahů F (apfu) vs. OH (pfu) při bázi přepočtů na 2 apfu P+As+Si pro wavellit z Líštence a Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011); čárkovanou linií vyznačeny formální hranice pro wavellit/fluorwavellit.



Tabulka 1 Rentgenová prášková data fluorwavelitu z Lištěnce (nález 2002)

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	2	0	8.682	13	8.683	2	3	2	2.5372	1	2.5421	1	1	4	1.7105	<1	1.7117
1	1	0	8.373	100	8.425	0	5	2	2.4598	<1	2.4640	4	0	3	1.6759	<1	1.6750
1	0	1	5.644	2	5.659	1	7	0	2.4002	4	2.4024	1	7	3	1.6726	<1	1.6729
1	1	1	5.370	2	5.381	3	5	0	2.3600	2	2.3579	3	5	3	1.6577	<1	1.6576
1	3	0	4.948	4	4.962	4	2	0	2.3252	<1	2.3210	3	9	0	1.6532	<1	1.6539
2	0	0	4.802	4	4.817	1	7	1	2.2707	3	2.2721	2	0	4	1.6427	<1	1.6433
1	2	1	4.717	1	4.741	1	1	3	2.2425	<1	2.2464	3	9	1	1.6105	<1	1.6095
0	4	0	4.327	1	4.341	0	6	2	2.2286	1	2.2295	2	7	3	1.6027	2	1.6020
1	3	1	4.033	3	4.047	3	3	2	2.1909	1	2.1894	2	10	1	1.5916	1	1.5908
2	0	1	3.952	5	3.967	2	0	3	2.1008	1	2.0981	6	2	0	1.5790	<1	1.5790
2	1	1	3.849	5	3.867	2	1	3	2.0874	8	2.0830	0	10	2	1.5551	3	1.5553
2	2	1	3.594	<1	3.608	3	4	2	2.0809	<1	2.0769	3	0	4	1.5354	1	1.5354
0	0	2	3.483	<1	3.496	3	6	1	2.0509	1	2.0550	5	5	2	1.5187	2	1.5179
1	4	1	3.435	3	3.445	2	2	3	2.0367	1	2.0394	3	3	4	1.4834	<1	1.4841
0	1	2	3.418	5	3.427	1	4	3	2.0112	<1	2.0085	1	9	3	1.4706	1	1.4689
1	5	0	3.262	2	3.267	2	3	3	1.9757	4	1.9726	3	4	4	1.4479	<1	1.4475
2	4	0	3.216	32	3.225	3	5	2	1.9589	4	1.9549	4	0	4	1.4150	<1	1.4148
1	2	2	3.066	2	3.074	5	1	0	1.9118	1	1.9152	3	10	2	1.4005	<1	1.3998
0	3	2	2.987	<1	2.993	1	5	3	1.9006	1	1.8975	4	10	1	1.3814	1	1.3809
1	5	1	2.953	2	2.960	3	7	1	1.8890	1	1.8902	4	3	4	1.3752	<1	1.3743
3	0	1	2.921	2	2.918	2	7	2	1.8632	<1	1.8654	1	8	4	1.3482	<1	1.3481
3	1	1	2.885	2	2.878	4	6	0	1.8539	<1	1.8514	2	0	5	1.3442	2	1.3430
2	1	2	2.799	9	2.793	3	2	3	1.8429	<1	1.8434	5	6	3	1.3214	<1	1.3213
3	2	1	2.758	1	2.766	5	3	0	1.8280	1	1.8283	3	11	2	1.3128	<1	1.3131
0	4	2	2.717	<1	2.723	1	8	2	1.8126	1	1.8113	1	13	1	1.3010	<1	1.3001
1	4	2	2.616	<1	2.620	4	6	1	1.7911	<1	1.7897	4	11	1	1.2982	<1	1.2974
2	5	1	2.607	1	2.613	0	0	4	1.7467	1	1.7481	2	4	5	1.2834	<1	1.2830
1	6	1	2.5711	6	2.5768	1	0	4	1.7189	1	1.7200	7	5	0	1.2791	<1	1.2795

Tabulka 2 Rentgenová prášková data fluorwavelitu z Lištěnce (vzorek P1N 84682)

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	2	0	8.699	100	8.691	2	5	1	2.614	<1	2.614	5	2	1	1.8150	<1	1.8152
1	1	0	8.433	59	8.421	3	3	1	2.605	1	2.605	1	8	2	1.8110	<1	1.8125
1	0	1	5.663	6	5.658	1	6	1	2.5791	1	2.5786	5	3	1	1.7668	<1	1.7677
1	1	1	5.384	1	5.381	2	3	2	2.5416	<1	2.5423	0	0	4	1.7488	<1	1.7486
1	3	0	4.968	4	4.964	2	6	0	2.4830	<1	2.4820	0	10	0	1.7384	<1	1.7381
2	0	0	4.811	22	4.813	4	0	0	2.4055	4	2.4065	4	5	2	1.7223	<1	1.7221
1	2	1	4.739	1	4.742	3	0	2	2.3635	1	2.3643	1	1	4	1.7121	<1	1.7121
0	4	0	4.346	5	4.345	4	2	0	2.3194	<1	2.3192	5	4	1	1.7070	<1	1.7069
2	2	0	4.204	<1	4.210	4	0	1	2.2758	1	2.2756	0	3	4	1.6744	<1	1.6741
1	3	1	4.051	1	4.048	3	5	1	2.2340	<1	2.2343	2	10	0	1.6350	<1	1.6348
2	0	1	3.965	1	3.965	4	2	1	2.2013	<1	2.2014	4	8	0	1.6133	1	1.6126
2	1	1	3.868	1	3.866	1	2	3	2.1925	<1	2.1927	6	0	0	1.6044	2	1.6043
1	4	1	3.447	1	3.446	1	6	2	2.1732	1	2.1733	5	4	2	1.5722	<1	1.5723
0	1	2	3.430	4	3.429	4	4	0	2.1052	5	2.1052	2	4	4	1.5365	<1	1.5372
2	3	1	3.272	1	3.272	2	1	3	2.0829	<1	2.0832	1	11	1	1.5213	1	1.5219
1	1	2	3.226	28	3.230	3	6	1	2.0554	<1	2.0553	6	4	0	1.5051	<1	1.5050
3	1	0	3.155	10	3.155	2	2	3	2.0400	<1	2.0397	4	9	1	1.4733	<1	1.4724
1	2	2	3.075	1	3.074	1	8	1	2.0284	<1	2.0283	5	6	2	1.4572	<1	1.4575
0	3	2	2.995	<1	2.994	1	7	2	1.9813	1	1.9813	4	6	3	1.4494	1	1.4497
1	5	1	2.962	1	2.962	3	7	0	1.9643	2	1.9637	6	3	2	1.4143	<1	1.4141
2	4	1	2.929	1	2.929	5	1	0	1.9127	1	1.9135	4	1	4	1.4106	<1	1.4100
0	6	0	2.897	6	2.897	4	5	1	1.9042	<1	1.9039	1	0	5	1.3845	<1	1.3844
3	1	1	2.875	<1	2.876	3	7	1	1.8900	<1	1.8906	3	9	3	1.3489	<1	1.3494
3	3	0	2.807	8	2.807	4	3	2	1.8766	1	1.8757	4	4	4	1.3453	<1	1.3451
3	2	1	2.765	<1	2.765	3	6	2	1.8317	<1	1.8317						

Chemické složení *fosfátů* bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik R. Škoda a J. Sejkora) za podmínek: WD analýza, 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 5 μm , použité standardy: almandin (FeK α), baryt (BaL β), albit (NaK α), sanidin (AlK α , SiK α , KK α), MgAl₂O₄ (MgK α), spessartin (MnK α), fluorapatit (PK α , CaK α), topaz (FK α), SrSO₄ (SrL α), titanit (TiK α), gahnit (ZnK α), vanadinit (ClK α , PbM α), lammerit (AsL α , CuK α), ScVO₄ (VK α), chromit (CrK α), Ni₂SiO₄ (NiK α), Sb (SbL β), Bi (BiM β), Co (CoK α). Chemické složení *primárních sulfidů* bylo kvantitativně studováno po-

mocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik L. Vrtiška) za podmínek: WD analýza, 25 kV, 20 nA, průměr svazku elektronů 2 μm , použité standardy: pyrit (FeK α , SK α), Ag (AgL α), HgTe (HgM α), PbTe (TeL α), PbS (PbM α), Sb₂S₃ (SbL α), CdTe (CdL α), CuFeS₂ (CuK α) Bi (BiL α), ZnS (ZnK α), TlBr (TlL α), Co (CoK α), NiAs (NiK α , AsL β) PbSe (SeL β), Au (AuM α). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.01 - 0.05 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

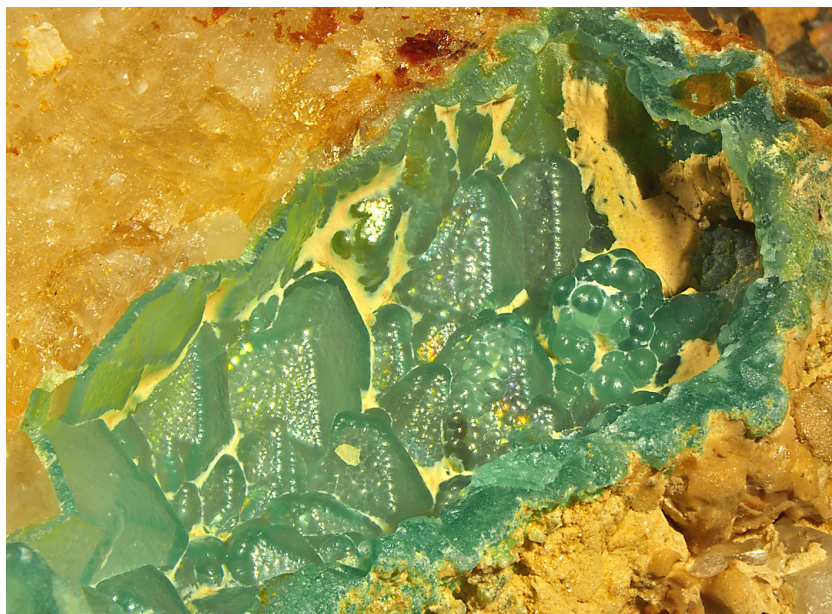
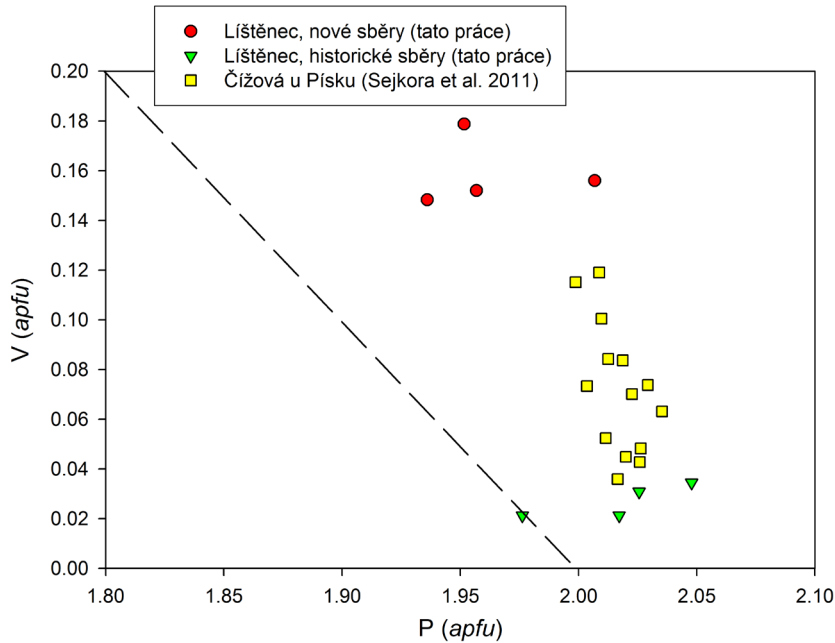
Tabulka 3 Parametry základní cely fluorwavelitu pro ortorombickou prostorovou grupu Pcnm

	Líštěnec nález 2002	Líštěnec P1N 84682	Kampf et al. (2015)
<i>a</i> [Å]	9.635(3)	9.6259(8)	9.6311(4)
<i>b</i> [Å]	17.366(5)	17.381(2)	17.3731(12)
<i>c</i> [Å]	6.993(2)	6.9946(6)	6.9946(3)
<i>V</i> [Å ³]	1169.9(6)	1170.3(2)	1170.35

Tabulka 4 Chemické složení fluorwavelitu z Líštěnce (hm. %)

	nález 2002					P1N 84682				
	mean	1	2	3	4	mean	1	2	3	4
K ₂ O	0.20	0.15	0.19	0.21	0.26	0.15	0.12	0.14	0.17	0.18
CaO	0.32	0.00	0.07	1.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.08	0.00	0.11	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.59	0.28	0.33	1.29	0.46	0.35	0.26	0.47	0.36	0.32
Al ₂ O ₃	37.65	37.03	38.94	37.12	37.51	38.04	38.78	39.36	36.86	37.15
Cr ₂ O ₃	0.40	0.37	0.47	0.35	0.42	0.05	0.06	0.00	0.07	0.07
V ₂ O ₃	3.15	3.04	3.64	2.96	2.97	0.51	0.41	0.41	0.58	0.65
TiO ₂	0.02	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	36.87	37.04	37.68	36.57	36.18	36.51	37.09	36.49	35.75	36.72
F	3.99	4.81	4.12	2.70	4.34	5.48	5.35	5.49	5.36	5.71
H ₂ O*	29.06	28.10	29.93	29.77	28.44	27.18	27.71	27.86	26.46	26.70
O=F	-1.68	-2.03	-1.74	-1.14	-1.83	-2.31	-2.25	-2.31	-2.26	-2.40
total	110.65	108.79	113.79	111.26	108.78	105.97	107.53	107.91	103.35	105.09
K	0.016	0.012	0.015	0.017	0.022	0.013	0.010	0.012	0.014	0.014
C	0.022	0.000	0.005	0.081	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B	0.002	0.000	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.028	0.014	0.016	0.063	0.023	0.017	0.013	0.023	0.018	0.015
Al	2.843	2.783	2.878	2.826	2.887	2.901	2.911	3.004	2.870	2.816
Cr	0.020	0.019	0.023	0.018	0.022	0.002	0.003	0.000	0.004	0.003
V	0.162	0.156	0.183	0.153	0.155	0.027	0.021	0.021	0.030	0.034
Ti	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	3.095	2.983	3.124	3.165	3.110	2.959	2.957	3.060	2.937	2.883
P	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
F	0.810	0.970	0.817	0.552	0.897	1.121	1.077	1.125	1.120	1.162
OH	2.421	1.955	2.519	2.825	2.388	1.732	1.775	2.032	1.662	1.459
F+OH	3.231	2.925	3.337	3.377	3.285	2.853	2.852	3.157	2.782	2.621
H ₂ O	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Koeficienty empirických vzorců jsou počítané na bázi 2 *apfu* P; H₂O* počítáno na bázi teoretického obsahu 5 molekul H₂O a obsahu OH na základě vyrovnání nábojů.



Charakteristika mineralizace s hydratovanými Al fosfáty

Fluorwacchellit

Fluorwacchellit na vzorku z historických sběrů (Národní muzeum, P1N 84682) tvoří světle modré až modré perleťově lesklé radiálně paprscité agregáty a kůry plošně nasedající na tmavě zelený variscit na puklině grafitické ruly, která je kolmá na foliaci horniny (obr. 3 - 4). Na okraji pukliny jsou tyto minerály alterované a částečně *limonitizované*. Samotný vzorek dosahuje rozměrů 60 × 35 × 35 mm a fosfáty se na něm vystupují na ploše 35 × 20 mm. Ukázky fluorwacchellitu nalezené v roce 2002 pocházejí ze dvou cca 400 m od sebe vzdálených míst v oblasti zhruba 750 m sz. od kóty 594 Obecnic a 1 km jz od Votic (obr. 1). Fluorwacchellit zde tvoří bohaté světle modré perleťově lesklé radiálně paprscité agregáty na puklinách mléčného křemene (obr. 5), které jsou vzácněji uspořádány do polokulovitých agregátů do prostoru (obr. 6 - 7). Velikost agregátů dosahuje v průměru do 5 mm. Modrá barva těchto fluorwacchellitů je na první pohled světlejší než u studovaného fluorwacchellitu ze sbírek Národního muzea. Na některých ukázkách lze pozorovat mezi křemenem a fluorwacchellitem tenkou červenohnědou vrstvu tvořenou *limonitem* (obr. 7).

Rentgenová prášková data fluorwacchellitu z Líštěnce z novějšího nálezů (tab. 1) i z historického vzorku P1N 84682 (tab. 2) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh (Kampf et al. 2015). Zpřesněné parametry obou studovaných vzorků fluorwacchellitu se dobře shodují s pub-

Obr. 9 Graf obsahů P vs. V (apfu) při bázi přepočtů na 5 apfu (mimo F) pro wacchellit z Líštěnce a Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011); čárkovanou linií vyznačena ideální závislost $P+V = 2$ apfu.

Obr. 10 Hroznovité agregáty variscitu z Líštěnce. Sběr 2002. Šířka záběru 4 mm. Foto L. Vrtiška.

Obr. 11 Ledvinité kůry variscitu z Líštěnce pokrývající krystaly křemene. Sběr 2002. Šířka záběru 13 mm. Foto L. Vrtiška.

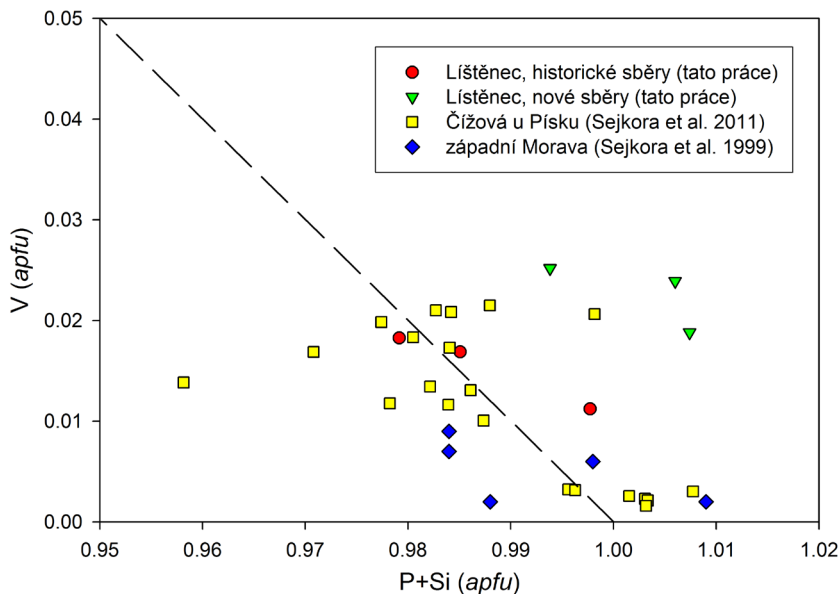
Tabulka 7 Parametry základní cely obou variscitů z Líštěnce ve srovnání s publikovanými daty pro variscit typu Messbach (pro ortorombickou prostorovou grupu Pcab)

		a [Å]	b [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Líštěnc (P1N 84682)	tato práce	9.906(2)	9.659(2)	17.175(4)	1643.4(3)
Líštěnc (nález 2002)	tato práce	9.902(3)	9.654(2)	17.179(4)	1642.1(7)
Zamora, Španělsko	Salvador, Fayos (1972)	9.902	9.659	17.18	1643.2
Čížová u Písku	Sejkora et al. (2011)	9.894(1)	9.6586(7)	17.175(2)	1641.2(3)

Tabulka 8 Chemické složení variscitu z Líštěnce (hm. %)

	P1N 84682				nález 2002			
	mean	1	2	3	mean	1	2	3
K ₂ O	0.05	0.05	0.05	0.06	0.03	0.04	0.04	0.00
CaO	0.02	0.00	0.00	0.05	0.03	0.04	0.00	0.04
Fe ₂ O ₃	0.31	0.26	0.26	0.40	1.45	1.64	1.31	1.38
Al ₂ O ₃	33.03	33.79	32.65	32.64	30.38	30.89	29.91	30.35
Cr ₂ O ₃	0.12	0.11	0.09	0.15	0.33	0.23	0.44	0.31
V ₂ O ₃	0.76	0.91	0.82	0.55	1.08	0.91	1.13	1.19
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.21	0.12
SiO ₂	0.05	0.00	0.00	0.14	0.02	0.00	0.07	0.00
P ₂ O ₅	45.94	46.35	45.25	46.23	45.29	46.35	45.00	44.51
F	0.57	0.60	0.54	0.57	0.71	0.70	0.67	0.76
H ₂ O*	23.65	24.03	23.32	23.61	22.95	23.36	22.75	22.74
O=F	-0.24	-0.25	-0.23	-0.24	-0.30	-0.30	-0.28	-0.32
total	104.26	105.85	102.76	104.16	102.07	103.88	101.24	101.09
K	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Fe	0.006	0.005	0.005	0.008	0.028	0.032	0.026	0.027
Al	0.987	0.994	0.990	0.977	0.936	0.935	0.929	0.943
Cr	0.002	0.002	0.002	0.003	0.007	0.005	0.009	0.007
V	0.015	0.018	0.017	0.011	0.023	0.019	0.024	0.025
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.002
Σ	1.013	1.021	1.015	1.002	0.998	0.993	0.994	1.006
Si	0.001	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.002	0.000
P	0.986	0.979	0.985	0.994	1.002	1.007	1.004	0.994
Σ	0.987	0.979	0.985	0.998	1.002	1.007	1.006	0.994
H ₂ O	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
F	0.046	0.047	0.044	0.046	0.059	0.057	0.056	0.063

Koeficienty empirických vzorců jsou počítané na bázi stanovených prvků (bez F) 2 apfu; H₂O* počítáno na bázi teoretického obsahu 2 molekul ve variscitu.

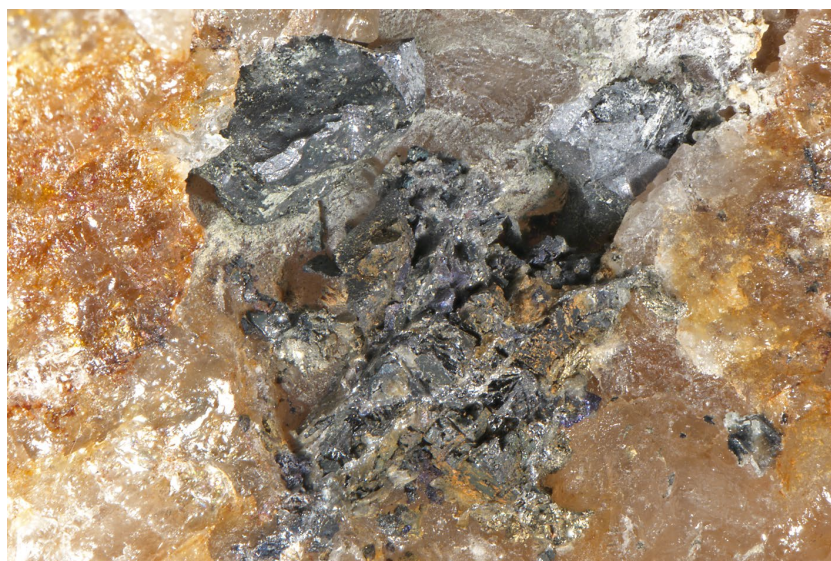


Obr. 13 Graf obsahů P+Si vs. V (apfu) při bázi přepočtů na 2 apfu (mimo F) pro varicit z Líštěnce, Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011), Bítovánek, Předína a Čechočovic na západní Moravě (Sejkora et al. 1999); čárkovanou linií vyznačena ideální závislost $P+V = 1$ apfu.

při bázi přepočtů na 2 *apfu* P+As+Si (obr. 8) je zřejmé, že všechny studované vzorky z okolí Líštěnce splňují podmínky pro fluorwavellit. Pro wavellit popisovaný Čechem et al. (1962) chybí v literatuře kvantitativní chemická analýza, lze však předpokládat, že materiál studovaný těmito autory je identický se vzorkem P1N 84682 a tedy rovněž splňuje podmínky pro fluorwavellit.

Při podrobném studiu chemického složení fluorwavellitů z Líštěnce (tab. 4) byly zjištěny i minoritní obsahy Fe, V a Cr; jejich obsahy se ve vzorcích z historického nálezu a nových sběrů zřetelně liší. Pro nové sběry jsou charakteristické vyšší obsahy V (do 0.18 *apfu*), Fe (do 0.06 *apfu*) a Cr (do 0.02 *apfu*); současně obsahy F se pohybují v rozmezí 0.55 - 0.97 *apfu*. Fluorwavellit z historického vzorku je bohatší F (1.08 - 1.16 *apfu*) a současně vykazuje nižší zastoupení V a Fe (do 0.03 *apfu*) a obsahy Cr nepřevyšují 0.004 *apfu*. V ve wavellitu může vstupovat do kationtových i aniontových pozic krystalové struktury; zjednodušeně jeho zastoupení můžeme zjistit při přepočtu na pět stanovených prvků (3 v pozici Al + 2 v pozici P tetraedru). Vzhledem k poloze většiny zjištěných bodů nad teoretickou spojnicí P+V = 2 *apfu* v aniontu (obr. 9), lze předpokládat, že vanad vstupuje takřka výhradně do kationtové části krystalové struktury; obdobnou situaci zjistili v případě barevných V-obtuhujících wavellitů z Čížové u Písku Sejkora et al. (2011).

Empirický vzorec fluorwavellitu z obou nálezů u Líštěnce lze na bázi $P = 2 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(\text{Al}_{2.90}\text{V}_{0.03}\text{Fe}_{0.02}\text{K}_{0.01})_{\Sigma 2.96}(\text{PO}_4)_{2.00}\text{F}_{1.00}(\text{OH})_{1.73}\text{F}_{0.12})_{\Sigma 2.85} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (historický vzorek) a $(\text{Al}_{2.84}\text{V}_{0.16}\text{Fe}_{0.03}\text{Ca}_{0.02}\text{K}_{0.02}\text{Cr}_{0.02})_{\Sigma 3.09}(\text{PO}_4)_{2.00}(\text{F}_{0.81}(\text{OH})_{0.19})(\text{OH})_{2.23} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (nové nálezy).



Obr. 14 Alterované sulfidy (galenit, sfalerit a pyrit) z Líštěnce. Šířka záběru 13 mm. Foto L. Vrtiška.

Tabulka 9 Chemické složení galenitu z Líštěnce (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
Pb	85.75	85.6	85.41	85.26	86.3	86.24	85.68
Bi	0.45	0.56	0.50	0.54	0.00	0.54	0.57
Cd	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Fe	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02
S	13.12	13.09	13.12	13.15	13.1	13.16	13.12
Se	0.17	0.15	0.14	0.18	0.22	0.18	0.15
Total	99.52	99.42	99.17	99.13	99.73	100.12	99.54
Pb	1.000	1.000	0.999	0.996	1.005	1.001	0.999
Bi	0.005	0.006	0.006	0.006	0.000	0.006	0.007
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Fe	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Σ kat.	1.006	1.007	1.004	1.002	1.008	1.007	1.007
S	0.989	0.988	0.991	0.992	0.986	0.987	0.989
Se	0.005	0.005	0.004	0.006	0.007	0.005	0.005
Σ an.	0.994	0.993	0.996	0.998	0.992	0.993	0.993

Báze přepočtu 2 *apfu*.

Tabulka 10 Chemické složení sfaleritu z Líštěnce (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zn	54.34	54.32	54.4	54.09	54.13	54.69	54.06	54.22	54.13	54.01	54.18	54.68	54.82	54.72
Fe	10.92	10.98	11.04	11.24	11.16	10.79	11.19	11.15	11.11	10.99	11.09	10.46	10.41	10.35
Cd	0.39	0.34	0.39	0.38	0.41	0.38	0.40	0.41	0.41	0.38	0.40	0.41	0.40	0.42
S	33.15	33.15	33.28	33.17	33.24	33.18	33.18	33.16	33.23	33.13	33.18	32.85	33.08	33.17
total	98.81	98.79	99.11	98.88	98.94	99.04	98.83	98.94	98.88	98.51	98.85	98.4	98.71	98.66
Zn	0.805	0.805	0.803	0.801	0.801	0.809	0.801	0.802	0.801	0.802	0.802	0.815	0.814	0.812
Fe	0.189	0.191	0.191	0.195	0.193	0.187	0.194	0.193	0.193	0.191	0.192	0.183	0.181	0.180
Cd	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004
Σ kat.	0.998	0.998	0.998	0.999	0.997	0.999	0.998	0.999	0.997	0.997	0.998	1.001	0.998	0.996
S	1.002	1.002	1.002	1.001	1.003	1.001	1.002	1.001	1.003	1.003	1.002	0.999	1.002	1.004

Báze přepočtu 2 *apfu*.



Variscit

Variscit na historickém vzorku P1N 84682 vytváří zelené, průsvitné kůry s ledvinitým povrchem místy překryté vrstvou mladšího fluorwa- vellitu (obr. 3 - 4). Na ukázkách z novějších nálezů pocházejících z oblasti cca 1 km vsv. od Arnošovic a 2.5 km jz. od Votic (obr. 1) pak variscit tvoří tenké průsvitné jablečně zelené kůry a hroznovité agregáty na puklinách a v dutinách mléčného a čirého křemene (obr. 10 - 12). Na několika ukázkách nasedá variscit v dutinách na ploché hypoparalelní krystaly křemene do velikosti 3 mm (obr. 11). Variscit místy vykazuje výrazný perleťový lesk, způsobený pravděpodobně tenkou vrstvou mladšího *limonitu* na povrchu vzorku (obr. 12). Ve většině případů je však variscit smolně až skelně lesklý.

Pro látku $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ jsou v současné době známy tři polymorfní modifikace - nejobvyklejší variscit typu Lucin (ortorombická prostorová grupa *Pbca*, Knip et al. 1977), vzácnější variscit typu Messbach (ortorombická prostorová grupa *Pcab*?;



Obr. 15 Sloupcovité hexagonální krystaly pyromorfitu z Líštěnce. Šířka záběru 8 mm. Foto L. Vrtiška.

Obr. 16 Sloupcovité hexagonální krystaly pyromorfitu z Líštěnce. Šířka záběru 4.5 mm. Foto L. Vrtiška.

Tabulka 11 Rentgenová prášková data pyromorfitu z Líštěnce

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}
0	1	0	8.607	<1	8.647	0	3	2	2.2651	7	2.2664	3	3	1	1.6228	3	1.6229
0	1	1	5.580	<1	5.594	1	1	3	2.1969	16	2.1962	1	2	4	1.6004	6	1.5995
1	1	0	4.982	7	4.993	0	4	0	2.1610	6	2.1618	0	5	2	1.5643	3	1.5643
0	2	0	4.315	22	4.324	0	2	3	2.1282	<1	2.1286	1	5	0	1.5531	3	1.5531
1	1	1	4.121	34	4.127	2	2	2	2.0633	32	2.0637	0	3	4	1.5474	11	1.5474
0	2	1	3.717	<1	3.725	1	3	2	2.0074	18	2.0074	2	3	3	1.5413	8	1.5406
0	0	2	3.664	8	3.668	2	3	0	1.9833	6	1.9838	1	5	1	1.5191	7	1.5194
0	1	2	3.373	27	3.377	1	2	3	1.9579	25	1.9581	3	3	2	1.5164	10	1.5155
1	2	0	3.264	31	3.268	2	3	1	1.9143	17	1.9150	2	4	2	1.4928	<1	1.4928
1	2	1	2.982	72	2.986	1	4	0	1.8864	19	1.8870	2	2	4	1.4783	1	1.4780
1	1	2	2.953	100	2.956	0	4	2	1.8622	25	1.8624	1	3	4	1.4562	<1	1.4569
0	3	0	2.879	47	2.882	0	0	4	1.8343	8	1.8341	0	6	0	1.4414	<1	1.4412
0	2	2	2.795	1	2.797	2	3	2	1.7454	<1	1.7450	1	5	2	1.4308	<1	1.4302
0	3	1	2.681	1	2.683	1	1	4	1.7222	1	1.7216	1	1	5	1.4081	1	1.4078
2	2	0	2.4945	2	2.4963	1	3	3	1.7121	1	1.7123	0	4	4	1.3993	2	1.3986
1	2	2	2.4384	2	2.4403	0	2	4	1.6884	2	1.6885	2	5	0	1.3854	1	1.3847
1	3	0	2.3969	1	2.3983	1	4	2	1.6783	3	1.6780	3	3	3	1.3755	1	1.3758
0	1	3	2.3518	<1	2.3532	3	3	0	1.6644	1	1.6642	2	5	1	1.3613	2	1.3606
1	3	1	2.2793	<1	2.2796	2	4	0	1.6341	4	1.6342						

Salvador, Fayos 1972) a monoklinický (prostorová grupa $P2_1/n$) metavariscit (Kniep, Mootz 1973). Při podrobném rentgenometrickém studiu materiálu z okolí Líštěnce bylo zjištěno, že veškerý studovaný materiál odpovídá variscitu typu Messbach; variscit typu Lucin nebo metavariscit nebyly ve studovaných vzorcích zjištěny ani ve formě minoritních příměsí.

Rentgenová prášková data obou studovaných variscitů jsou uvedena v tabulkách 5 a 6. Vzhledem k tomu, že krystalová struktura variscitu typu Messbach dosud není známa, byla experimentální rentgenometrická data indexována na základě práce Salvador, Fayos (1972). Vypočtené parametry základní cely obou variscitů jsou v tabulce 7 porovnány s publikovanými údaji pro variscit typu Messbach.

Při studiu chemického složení variscitu z obou nálezů byly zjištěny minoritní obsahy zejména Fe, Cr, V a F (tab. 8), vzorky z nových nálezů však vykazují zřetelně vyšší obsahy - Fe a V do 0.03 *apfu* a až 0.01 *apfu* Cr. Pro zjištění zda V ve studovaném variscitu vstupuje do kationtové nebo aniontové pozice krystalové struktury, byly bodové analýzy vyneseny do grafu (obr. 13) při přepočtu stanovených prvků (bez F) na 2 *apfu*. Vzhledem k poloze většiny zjištěných bodů nad teoretickou spojnicí $P+Si+V = 1$ *apfu* v aniontu, lze předpokládat, že vanad vstupuje takřka výhradně do kationtové části krystalové struktury. V případě V-obtuhujících variscitů z Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011) a západomoravských lokalit (Sejkora et al. 1999) se V uplatňuje v obou strukturních pozicích. Zajímavé jsou i zjištěné obsahy F (u historického vzorku do 0.04, u nových nálezů do 0.06 *apfu*), obdobné obsahy byly u minerálů skupiny variscitu zjištěny pouze v Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011). Empirické vzorce studovaných variscitů je možno na bázi 2 *apfu* stanovených prvků (bez F) vyjádřit jako $(Al_{0.99}V_{0.02}Fe_{0.01})_{\Sigma 1.02}(PO_4)_{0.99}F_{0.05} \cdot 2H_2O$ (historický vzorek) a $(Al_{0.94}V_{0.02}Fe_{0.03}Cr_{0.01})_{\Sigma 1.00}(PO_4)_{1.00}F_{0.06} \cdot 2H_2O$ (nové nálezy).

Charakteristika mineralizace s Pb fosfáty

Ukázky vzorků mineralizace se zastoupením Pb-fosfátů byly objeveny v ornici na ploše okolo 200 × 50 m cca 300 m ssz. od obce Líštěnec (obr. 1). Nalezeny zde byly četné úlomky bílého a čirého křemene místy částečně pokrytého *limonitem*, na kterých byly pozorovány hojné agregáty pyromorfitu. Kintoreit a plumbogummit byly zjištěny pouze na jednom vzorku křemene. Vzácně byla v křemenech pozorována až 1 cm velká zrna tvořená alterovanými primárními sulfidy (obr. 14). Převažujícím primárním minerálem je **galenit** vytvářející šedé zaoblené hrubozrné agregáty o velikosti do 5 mm. Na štěpných plochách vykazuje galenit intenzivní kovový lesk. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny vedle dominantního Pb a S velmi malé obsahy Bi (do 0.58 hm. %), Se (do 0.22 hm. %), Cd (do 0.08 hm. %) a Fe (do 0.03 hm. %). Koefficienty empirických vzorců počítané na bázi 2 *apfu* jsou uvedeny v tabulce 9. Dále byla identifikována až 4 mm velká zrna temně rudého až černého, kovově lesklého **sferitu** s velmi dobrou štěpností. Studium chemické-

Tabulka 12 Parametry základní cely pyromorfitu pro hexagonální prostorovou grupu $P6_3/m$

	tato práce	Okudera (2013)
a [Å]	9.985(3)	9.986(1)
c [Å]	7.3365(1)	7.3378(1)
V [Å ³]	633.5(2)	633.69

Tabulka 13 Chemické složení pyromorfitu z Líštěnce (hm. %)

	mean	1	2	3	4
PbO	82.70	82.56	82.22	83.35	82.67
CaO	0.07	0.07	0.08	0.02	0.11
P ₂ O ₅	15.69	15.62	15.55	15.95	15.64
As ₂ O ₅	0.34	0.40	0.51	0.17	0.29
CrO ₃	0.16	0.21	0.16	0.10	0.17
Cl	2.67	2.45	2.92	2.60	2.72
Cl=O	-0.60	-0.55	-0.66	-0.59	-0.61
total	101.03	100.75	100.77	101.61	100.97
Pb	4.941	4.918	4.910	4.986	4.949
Ca	0.015	0.017	0.019	0.000	0.025
Σ	4.956	4.935	4.929	4.986	4.974
P	2.947	2.926	2.920	3.000	2.944
As	0.035	0.046	0.059	0.000	0.034
Cr	0.018	0.028	0.021	0.000	0.022
Σ T - site	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cl	1.004	0.917	1.098	0.980	1.023

Koefficienty empirického vzorce počítány na bázi $P+As+Cr = 3$ *apfu*.



Obr. 17 Kúry drobně krystalického namodralého plumbogummitu z Líštěnce. Šířka záběru 2.1 mm. Foto L. Vrtiška.

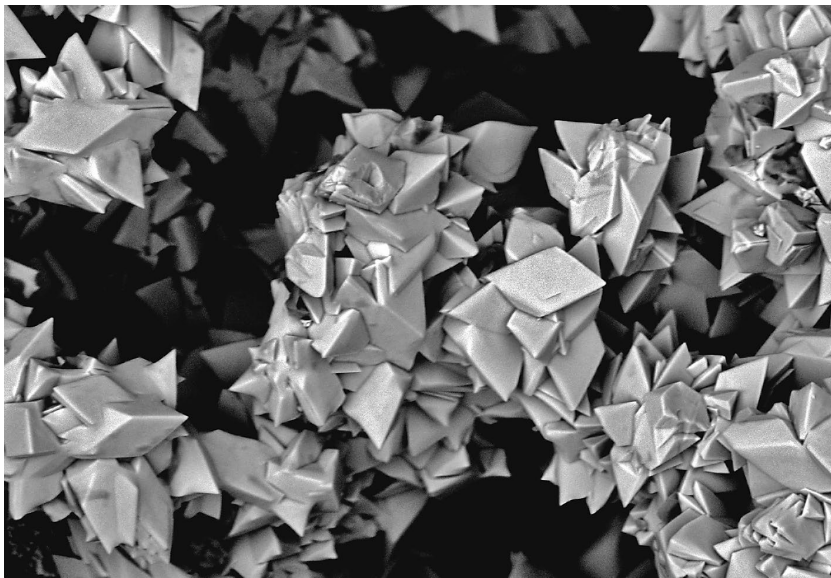


ho složení sfaleritu byly vedle dominantního Zn a S zjištěny obsahy Fe v rozmezí 10.35 - 11.24 hm. % a Cd (do 0.42 hm. %). Koeficienty empirických vzorců sfaleritu počítané na bázi 2 *apfu* jsou uvedeny v tabulce 10. V asociaci se sulfidy byl dále pozorován **pyrit** v podobě zaoblených až 2 mm velkých zrn zlatožluté barvy.

Pyromorfit

Pyromorfit vytváří na puklinách křemene kůry a srostlice složené z tenkých sloupcovitých hexagonálních krystalů o síle do 1 mm a délce do 5 mm (obr. 15 - 16). Pyromorfit má žlutozelenou až světle zelenou barvu a skelný lesk. Největší zjištěná plocha pokrytá kůrou sloupcovitých krystalů pyromorfitu dosahuje rozměrů cca 30 × 30 mm.

Rentgenová prášková data pyromorfitu z Líštence (tab. 11) odpovídají publikovaným údajům pro tuto



Obr. 18 Drobně krystalické agregáty světle žlutého plumbogummitu z Líštence. Šířka záběru 2.25 mm. Foto L. Vrtiška.

Obr. 19 Skupina dokonale vyvinutých trigonálních krystalů plumbogummitu z Líštence. Šířka záběru 160 μm . BSE foto L. Vrtiška.

Tabulka 14 Rentgenová prášková data plumbogummitu z Líštence

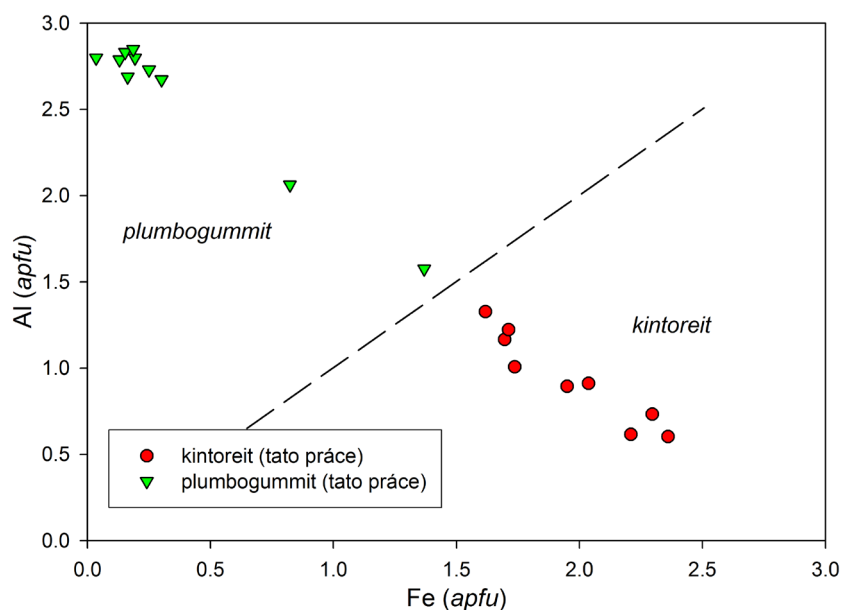
<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}
1	0	1	5.716	100	5.724	1	0	7	2.2272	7	2.2275	3	1	2	1.6582	2	1.6558
0	0	3	5.579	17	5.584	1	2	2	2.2211	14	2.2196	3	0	6	1.6439	2	1.6420
0	1	2	4.914	7	4.926	1	1	6	2.1860	4	2.1866	1	0	10	1.6151	1	1.6153
1	1	0	3.510	33	3.516	2	1	4	2.0159	2	2.0173	3	1	5	1.5072	1	1.5083
1	0	4	3.446	9	3.451	0	1	8	1.9809	2	1.9804	0	4	2	1.4984	1	1.4980
1	1	3	2.976	33	2.976	3	0	3	1.9054	7	1.9079	0	2	10	1.4671	2	1.4679
0	1	5	2.935	2	2.936	1	2	5	1.9006	9	1.8973	3	2	1	1.3921	<1	1.3924
2	0	2	2.857	10	2.862	2	2	0	1.7569	5	1.7581	1	3	7	1.3814	2	1.3801
0	0	6	2.793	9	2.792	2	0	8	1.7249	1	1.7255	2	3	2	1.3784	1	1.3782
0	2	4	2.4585	4	2.4630	2	1	7	1.6590	2	1.6591	3	0	9	1.3723	1	1.3720

Tabulka 15 Parametry základní cely plumbogummitu pro trigonální prostorovou grupu *R-3m*

	tato práce	Kolitsch et al. (1999)	Frost et al. (2013)	Frost et al. (2013)
<i>a</i> [Å]	7.033(3)	7.039(5)	7.0190(7)	7.0144(4)
<i>c</i> [Å]	16.7534(3)	16.761(3)	16.792(2)	16.750(1)
<i>V</i> [Å ³]	717.6(3)	719.2	716.4	713.73(8)

minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat (Okudera 2013). Zpřesněné parametry základní cely studovaného pyromorfitu (tab. 12) jsou ve velmi dobré shodě s publikovanými údaji.

Při studiu chemického složení pyromorfitu byl kromě dominantního zastoupení Pb (4.91 - 4.99 apfu) v kationtové pozici zjištěn jen minimální podíl (do 0.02 apfu) Ca (fosfohedyfánové) složky. V aniontové pozici byly vedle zcela převládajícího P (2.92 - 3.00 apfu) zjištěny velmi malé obsahy (do 0.05 apfu) As (mimetitové) komponenty. Neobvyklé jsou minoritní obsahy Cr dosahující až 0.03 apfu. Empirický vzorec studovaného pyromorfitu lze na bázi P+As+Cr = 3 apfu (tab. 13) vyjádřit jako $Pb_{2.95}Ca_{0.01}(P_{2.95}As_{0.03}Cr_{0.02})_{\Sigma 3}Cl_{1.00}$.

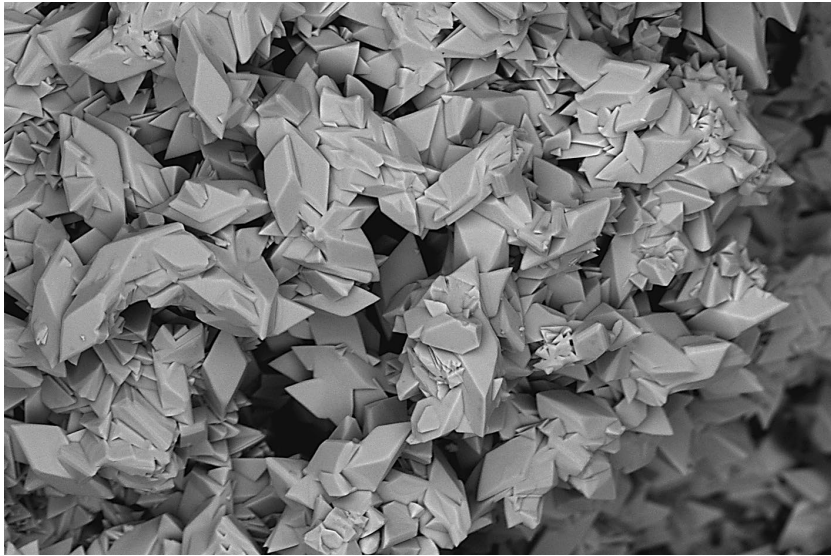


Obr. 20 Graf obsahů Fe vs. Al (apfu) pro minerály řady plumbogummit - kintoreit z Líštěnce.

Tabulka 16 Chemické složení plumbogummitu z Líštěnce (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.07	0.00	0.08	0.11	0.05	0.10	0.00	0.00	0.11
PbO	36.23	37.15	39.74	40.24	38.56	38.54	40.20	39.45	39.43	35.29
CuO	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.41	0.64
ZnO	0.00	0.27	0.32	0.20	0.23	0.27	0.57	0.00	0.21	0.00
Fe ₂ O ₃	16.79	9.85	3.81	2.08	3.07	1.61	0.46	2.46	1.93	2.20
Al ₂ O ₃	12.33	15.75	21.60	21.79	21.37	22.06	23.43	22.73	22.89	21.56
SiO ₂	0.12	0.13	0.00	0.15	0.16	0.10	0.15	0.00	0.15	0.38
As ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	21.44	20.85	22.24	22.14	21.37	21.63	22.67	22.39	22.11	20.41
SO ₃	0.25	0.31	0.29	0.28	0.27	0.32	0.32	0.26	0.27	0.24
H ₂ O _{calc}	9.72	9.38	10.34	9.88	10.04	9.91	10.07	10.45	10.40	9.82
total	97.34	93.76	98.33	96.98	95.18	94.76	98.26	98.18	97.80	90.66
K	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
C	0.000	0.008	0.000	0.009	0.013	0.006	0.011	0.000	0.000	0.013
Pb	1.057	1.111	1.124	1.134	1.125	1.112	1.097	1.109	1.114	1.065
Σ A-site	1.057	1.118	1.124	1.161	1.138	1.155	1.108	1.109	1.114	1.078
Cu	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.033	0.054
Zn	0.000	0.022	0.025	0.016	0.019	0.021	0.043	0.000	0.016	0.000
Al	1.575	2.062	2.673	2.688	2.730	2.788	2.798	2.798	2.831	2.848
Fe	1.369	0.823	0.301	0.164	0.250	0.130	0.035	0.193	0.153	0.185
Σ B-site	2.944	2.907	2.998	2.868	2.998	2.939	2.875	2.992	3.000	3.033
Si	0.013	0.014	0.000	0.015	0.017	0.011	0.016	0.000	0.015	0.043
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000
P	1.966	1.960	1.978	1.962	1.960	1.963	1.945	1.979	1.964	1.937
S	0.020	0.026	0.022	0.022	0.022	0.026	0.024	0.021	0.021	0.020
Σ T-site	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
OH*	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH**	6.025	5.946	6.240	5.898	6.257	6.083	5.807	6.282	6.281	6.342

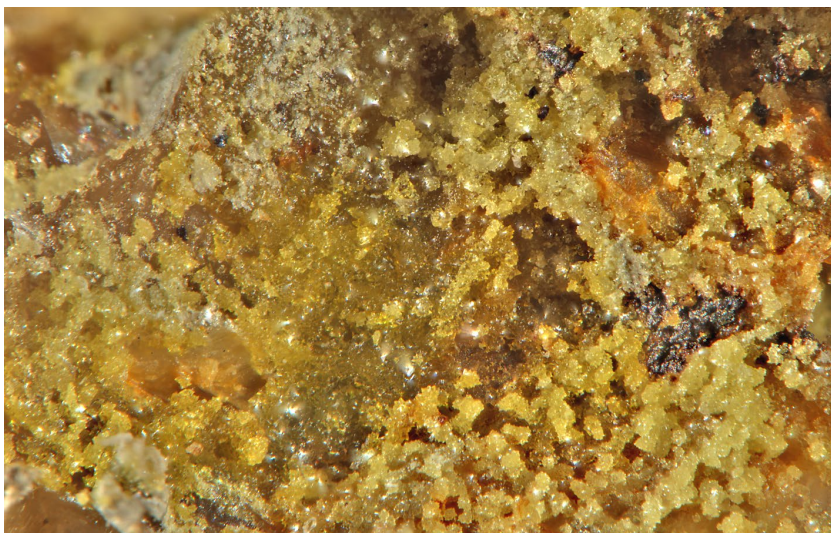
Koeficienty empirických vzorců jsou počítané na bázi P+As+S+Si = 2 apfu; obsah OH* v (PO₃OH) skupině, obsah OH** byl dopočítán na základě rozdílů nábojových bilancí.



Obr. 21 Agregát tvořený dokonale vyvinutými trigonálními krystaly kintoreitu z Líštěnce. Šířka záběru 160 μm . BSE foto L. Vrtiška.



Obr. 22 Drobně krystalické agregáty žlutého kintoreitu z Líštěnce. Šířka záběru 4.6 mm. Foto L. Vrtiška.



Obr. 23 Drobně krystalické agregáty žlutého kintoreitu z Líštěnce. Šířka záběru 1.9 mm. Foto L. Vrtiška.

Plumbogummit

Plumbogummit byl na lokalitě Líštěnc zjištěn jako kůry drobných diamantově lesklých krystalů pokrývajících dutiny v porézním křemenu o velikosti do 6 mm (obr. 17 - 18). Plumbogummit tvoří idiomorfnní trigonální krystaly o velikosti do 30 μm (obr. 19); na vzorcích narůstá přímo na křemen nebo na tabulkovité krystaly muskovitu o velikosti do 3 mm. Barva plumbogummitu je bílá, místy se slabým odstínem žluté či modré, jeho agregáty jsou průsvitné, jednotlivé krystaly průhledné.

Rentgenová prášková data plumbogummitu z Líštěnce (tab. 14) odpovídají publikovaným údajům i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturálních dat (Kolitsch et al. 1999). Zpřesněné parametry základní cely studovaného plumbogummitu jsou v tabulce 15 porovnány s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi.

Plumbogummit (stejně jako dále popisovaný kintoreit) je členem superskupiny alunitu (Pring et al. 1995; Jambor 1999; Bayliss et al. 2010). Idealizovaný vzorec minerálů této superskupiny je možno vyjádřit jako $AB_3(XO_4)_2(OH, H_2O)_6$. Ikosaedricky koordinovaná pozice A je obsazovaná velkými monovalentními (Na^+ , K^+ , Rb^+ , Ag^+ , NH_4^+ , H_3O^+ , Tl^+), divalentními (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}) nebo trivalentními (Bi^{3+} , REE^{3+} (REE = prvky vzácných zemin, nejčastěji Ce^{3+} , La^{3+} , Nd^{3+} , Sm^{3+})) kationty. Oktaedricky koordinovaná pozice B je obvykle obsazovaná trivalentními kationty jako Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+} a Ga^{3+} , v některých případech může obsahovat i divalentní (např. Cu^{2+} a Zn^{2+}), nebo pentavalentní (Sb^{5+}) kationty. V případě kolitschitu a Zn-bohatého kintoreitu Zn^{2+} nevstupuje do pozice B, ale obsazuje samostatnou pozici s trigonálně dipyramidální koordinací. Pozice X je tetraedricky koordinovaná a obvykle zde vystupuje S^{6+} , P^{5+} a As^{5+} , ale vzácněji může být obsazovaná i C^{4+} , Cr^{6+} a Si^{4+} . V případě významného zastoupení divalentních kationtů v pozici A a převahy P nebo As v tetraedrické pozici X je část aniontových skupin protonována za vzniku skupin $(\text{PO}_3\text{OH})^{2-}$ a $(\text{AsO}_3\text{OH})^{2-}$. Část OH skupin může být zastupovaná O, F nebo H_2O (Jambor, Dutrizac 1983; Scott 1987; Rattray et al. 1996; Jambor 1999; Kolitsch, Pring 2001; Sejkora et al. 2001; Grey et al. 2008; Mills et al. 2008; Sato et al. 2008; Grey et al. 2009; Mills et al. 2009; Sejkora et al. 2009; Bayliss et al. 2010).

Při studiu chemického složení plumbogummitu z Líštěnce byly v kationtové pozici A vedle dominantního Pb zjištěny také minoritní obsahy K (do 0.04 *apfu*) a Ca (do 0.01 *apfu*). V kationtové pozici B převládá Al (1.57 - 2.85 *apfu*), který je v různých poměrech izomorfně zastupován Fe (0.04 - 1.37 *apfu*) a minoritně zde byly zjištěny i Cu (do 0.03 *apfu*) a Zn (do 0.04 *apfu*). V aniontové pozici je zcela dominantní P (1.94 - 1.98 *apfu*), který je jen ve velmi malé míře izomorfně zastupován Si, S a As (do 0.02 - 0.04 *apfu*). Koeficienty empirických vzorců počítané na bázi P+Si+S+As = 2 *apfu* jsou uvedeny v tabulce 16.

Kintoreit

Kintoreit byl na studované lokalitě nalezen v podobě diamantově lesklých idiomorfních trigonálních krystalů o velikosti do 30 μm (obr. 21), které narůstají na křemen nebo muskovit v dutinách porézního křemene o velikosti do 6 mm. Od plumbogummitu se zřetelně odlišuje žlutou až hnědožlutou barvou krystalů (obr. 22 - 23). Na vzorku byly místy pozorovány přechody kintoreitu do plumbogummitu (obr. 24).

Vzhledem k minimálním rozměrům agregátů kintoreitu a výskytu přechodných členů mezi kintoreitem a plumbogummitem nebylo možno určení kintoreitu ověřit pomocí rentgenové práškové difrakce.

Kintoreit, stejně jako jeho Al-analog plumbogummit, s kterým vytváří nepřetržitou izomorfní řadu, náleží do superskupiny alunitu (Pring et al. 1995, Jambor 1999, Bayliss et al. 2010). Z výsledků studia chemického složení kintoreitu z Líštěnce vyplývají vedle dominantního zastoupení Pb v kationtové pozici A také minoritní obsahy Ca (do 0.01 *apfu*). V kationtové pozici B převládá Fe (1.62 - 2.36 *apfu*), které je izomorfně zastupováno Al v rozmezí 0.60 - 1.33 *apfu* (obr. 20) a minoritně zde vystupují také Cu (do 0.09 *apfu*) a Zn (do 0.01 *apfu*). V aniontové pozici je zcela dominantní P (1.91 - 1.99 *apfu*), který je jen ve velmi malé míře izomorfně zastupován Si (do 0.08 *apfu*) a S (do 0.02 *apfu*). Koeficienty empirických vzorců počítané na bázi P+Si+S = 2 *apfu* jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17 Chemické složení kintoreitu z Líštěnce (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
PbO	34.57	35.03	34.19	34.72	35.15	35.02	35.47	35.46	35.80
CuO	0.94	0.85	0.83	0.84	0.64	0.57	0.38	0.56	0.44
ZnO	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	26.13	26.79	25.18	22.30	23.50	20.78	20.07	20.48	19.47
Al ₂ O ₃	4.27	4.76	5.13	6.53	6.71	7.69	8.81	9.34	10.19
SiO ₂	0.12	0.75	0.00	0.00	0.00	0.21	0.19	0.00	0.00
P ₂ O ₅	19.39	20.57	19.38	20.15	20.38	20.81	20.56	21.10	21.18
SO ₃	0.18	0.12	0.13	0.20	0.16	0.25	0.28	0.20	0.23
H ₂ O _{calc}	9.15	9.04	9.26	8.86	9.30	8.70	9.08	9.49	9.58
total	94.91	97.90	94.11	93.59	95.84	94.12	94.84	96.63	96.89
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
Pb	1.117	1.033	1.116	1.086	1.090	1.047	1.073	1.060	1.065
Σ A-site	1.117	1.033	1.116	1.086	1.090	1.058	1.073	1.060	1.065
Cu	0.085	0.070	0.076	0.074	0.056	0.048	0.032	0.047	0.037
Zn	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.603	0.615	0.733	0.894	0.910	1.007	1.166	1.222	1.327
Fe	2.360	2.209	2.297	1.950	2.037	1.737	1.696	1.712	1.618
Σ B-site	2.978	2.823	3.030	2.844	2.947	2.744	2.863	2.934	2.945
Si	0.014	0.082	0.000	0.000	0.000	0.023	0.022	0.000	0.000
P	1.970	1.908	1.989	1.982	1.987	1.956	1.955	1.983	1.981
S	0.016	0.010	0.011	0.018	0.013	0.021	0.023	0.017	0.019
Σ T-site	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
OH*	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH**	6.325	5.604	6.484	5.870	6.146	5.442	5.800	6.033	6.056

Koeficienty empirických vzorců jsou počítané na bázi P+S+Si = 2 *apfu*; obsah OH* v (PO₃OH) skupině, obsah OH** byl dopočítaný na základě rozdílu nábojových bilancí



Obr. 24 Drobně krystalické agregáty světle žlutého kintoreitu z Líštěnce přecházející do bílého plumbogummitu. Šířka záběru 1.2 mm. Foto L. Vrtiška.

Závěr

Na studovaných lokalitách v okolí Líštěnce u Votic byl vedle variscitu zjištěn výskyt recentně definovaného minerálního druhu fluorwavellitu (Kampf et al. 2015). Je však pravděpodobné, že výskytů fluorwavellitu v České republice bude větší množství, podle publikovaného chemického složení fluorwavellitu odpovídají i výskytů popsané jako wavellit z Čížové u Písku (Sejkora et al. 2011).

V okolí Líštěnce byly zjištěny i dříve neznámé výskytů fosfátů olova. Vedle zeleného pyromorfitu zde byly ověřeny i dva minerály ze susperskupiny alunitu - plumbogummit a kintoreit. V České republice jsou známy výskytů plumbogummitu na lokalitě Nová Ves u Rýmařova (Jansa 1990), kde tvoří až 0.1 mm silné povlaky na pyromorfitu. Dále se vyskytl mikroskopicky jako součást tmelu pís-kovců na U ložisku Hamr u Liberce (Scharm et al. 1994), v silicitech a stromatolitech v Kokšíně u Mítova (Scharm, Scharmová 1995; Johan et al. 1995), v podobě modrých a modrošedých jemnozrnných agregátů v dutinách fluoritové žiloviny na Moldavě (Sejkora et al. 1998), na U ložisku Medvědí v Krkonoších (Plášil 2007; Plášil et al. 2009) a mikroskopický ve srůstech s pyromorfitem v Heleníně u Jihlavy (Kocourková et al. 2010). Podstatně vzácnější kintoreit je v České republice uváděn z lomu u Těškova (Sejkora, Kouřimský 2005), v mikroskopických rozměrech v asociaci s pyromorfitem v Komárovicích a Kosově u Jihlavy (Kocourková et al. 2010), v asociaci s alterovaným zwieselitem v Dolních Borech (Pauliš et al. 2012) a jako kulovité agregáty do velikosti 1 mm na ložisku uranových rud Zálesí (Pauliš et al. 2012).

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat Pavlu Zadražilovi za poskytnutí ukázek fluorwavellitu a variscitu. Dále pak Radku Škodovi z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (Brno) a Lence Váchové z Národního muzea (Praha) za spolupráci při laboratorním studiu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národního muzea (00023272 - cíl DKRVO 2016/02) pro JS a interního grantu NM pro RM a LV.

Literatura

- Anthony J. W., Bideaux R. A., Bladh K. W., Nichols M. C. (2000): Handbook of Mineralogy. Volume IV Arsenates, Phosphates, Vanadates. *Mineral Data Publishing, Tucson*, 1-680.
- Bayliss P., Kolitsch U., Nickel E. H., Pring A. (2010) Alunite supergroup: recommended nomenclature. *Mineral. Mag.* 74, 919-927.
- Čech F., Povondra P. (1963) Studium chapmanitu ze Smilkova u Votic. *Acta Univ. Carol., Geol.* 2, 97-114.
- Čech F., Povondra P., Slánský E. (1962) Beitrag zur kenntnis von redondit. *Acta Univ. Carol., Geol.* 1, 2; 21-38.
- Čech F., Slánský E. (1965) X-ray powder study and thermal investigation of $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ minerals. *Acta Univ. Carol., Geol.* 1, 1-30.
- Frost R. L., Palmer S. J., Xi Y., Čejka J., Sejkora J., Plášil J. (2013) Raman spectroscopic study of the hydroxy-phosphate mineral plumbogummit $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_6$. *Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spectrosc.* 103, 431-434.
- Grey I. E., Mumme W. G., Bordet P., Mills S. J. (2008) A new crystal-chemical variation of the alunite-type structure in monoclinic $\text{PbZn}_{0.5}\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_6$. *Canad. Mineral.* 46, 1355-1364.
- Grey I. E., Mumme W.G., Mills S. J., Birch W. D., Wilson N. C. (2009) The crystal chemical role of zinc in alunite-type minerals: structure refinements for pure and zincian kintoreite. *Am. Mineral.* 94, 676-683.
- Jambor J. L. (1999) Nomenclature of the alunite supergroup. *Canad. Mineral.* 37, 1323-1341.
- Jambor J. L., Dutrizac J. E. (1983) Beaverite-plumbogummit solid solutions. *Canad. Mineral.* 21, 101-113.
- Jansa J. (1990) „Florencit“ z Nové Vsi u Rýmařova je plumbogummit. *Čas. Mineral. Geol.* 35, 3, 305-307.
- Johan Z., Johan V., Scharm B., Pouba Z. (1995) Mineralogie et geochemie des terres rares et du chrome dans les cherts protérozoïques de Kokšín, République tcheque. *C. R. Acad. Sci.* 321, IIa, 1127-1138.
- Kadlec T. (2015) Tremolit a mastek od Votic. *Přístup 1. června 2016 na adrese <http://www.mineralogist.cz/tremolit-a-mastek-od-votic>*
- Kampf A. R., Adams P. M., Barwood H., Nash B. P. (2015) Fluorwavellite, IMA 2015-077. *CNMNC Newsletter* 28, 1862; *Mineral. Mag.* 79, 1859-1864.
- Kniep R., Mootz D. (1973) Metavariscite - a redetermination of its crystal structure. *Acta Cryst.* B29, 2292-2294.
- Kniep R., Mootz D., Vegas A. (1977) Variscite. *Acta Cryst.* B33, 263-265.
- Kocourková E., Houzar S., Hrazdil V. (2010) Pyromorfit z jihlavského rudního revíru. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.* 95, 105-120.
- Kodym O., Straka J., Štěpánek P. (2000) Geologická mapa 22-22 Sedlčany. *Soubor geol. a ekol. účel. map přír. zdrojů. 1 s., Český geologický ústav, Praha.*
- Kolitsch U., Pring A. (2001) Crystal chemistry of the crandallite, beudantite, and alunite groups: A review and evaluation of the suitability as storage materials for toxic metals. *J. Miner. Petrol. Sci.* 96, 67-78.
- Kolitsch U., Tiekink E. R. T., Slade P. G., Taylor M. R., Pring A. (1999) Hinsdalite and plumbogummit, their atomic arrangements and disordered lead sites. *Eur. J. Mineral.* 11, 513-520.
- Laugier J., Bochu B. (2004) LMGP-Suite of Programs for the interpretation of X-ray experiments. *ENSP/Laboratoire des Matériaux et du Génie Physique, Grenoble, France.*
- Mills S. J., Grey I. E., Mumme W. G., Miawaki R., Matsubara S., Bordet P., Birch W. D., Raudsepp M. (2008) Kolitschite, $\text{Pb}[\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}]\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_6$, a new mineral from the Kintore opencut, Broken Hill, New South Wales. *Austral. J. Mineral.* 14, 63-67.
- Mills S. J., Kampf A. R., Raudsepp M., Christy A. G. (2009) The crystal structure of Ga-rich plumbogummit from Tsumeb, Namibia. *Mineral. Mag.* 73, 837-845.
- Okudera H. (2013) Relationships among channel topology and atomic displacements in the structures of $\text{Pb}_5(\text{BO}_4)_3\text{Cl}$ with $B = \text{P}$ (pyromorphite), V (vanadinite), and As (mimetite). *Am. Mineral.* 98, 1573-1579.
- Pauliš P., Toegel V., Jebavá I. (2012) Kintoreit z ložiska uranových rud Zálesí v Rychlebských horách (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 20, 2, 223-225.
- Plášil J. (2007) Výzkum supergenní mineralizace uranového ložiska Medvědí, Krkonoše, ČR. *MS, Bakalářská práce PŘF UK Praha.*

- Plášil J., Sejkora J., Čejka J., Škoda R., Goliáš V. (2009) Supergene mineralization of the Medvědin uranium deposit, Krkonoše Mountains, Czech Republic. *J. Geosci.* 54, 15-56. Praha.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" ($\phi\rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). 104-106, San Francisco Press, San Francisco.
- Pring A., Birch W. D., Dawe J., Taylor M., Deliens M., Walenta K. (1995) Kintoreite, $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_6$, a new mineral of the jarosite-alunite family, and lusungite discredited. *Mineral. Mag.* 59, 146-148.
- Rattray K. J., Taylor M. R., Bevan D. J. M., Pring A. (1996) Compositional segregation and solid solution in the lead-dominant alunite-type minerals from Broken Hill, N.S.W. *Miner. Mag.* 60, 779-785.
- Salvador P. S., Fayos J. (1972) Some aspects of the structural relationship between „Messbach-type“ and „Lucin-type“ variscites. *Am. Mineral.* 57, 36-44.
- Sato E., Nazai I., Terada Y., Tsutsumi Y., Yokoyama K., Miawaki R., Matsubara S. (2008) Study of Zn-bearing beaverite $\text{Pb}(\text{Fe}_2\text{Zn})(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ obtained from Mikawa mine, Niigata Prefecture, Japan. *J. Miner. Petrol. Sci.* 103, 141-144.
- Scott K. M. (1987) Solid solution in, and classification of, gossan-derived members of the alunite-jarosite family, northwest Queensland, Australia. *Am. Mineral.* 72, 178-187.
- Sejkora J., Cícha J., Jebavá I. (2011) Minerální asociace fosfátů z Čížové u Písku (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 19, 1, 1-26.
- Sejkora J., Čejka J., Šrein V. (2001) Pb dominant members of crandallite group from Cínovec and Moldava deposits, Krušné hory Mts. (Czech Republic). *J. Czech Geol. Soc.* 46, 1-2, 53-68.
- Sejkora J., Čejka J., Šrein V., Novotná M., Ederová J. (1998) Minerals of plumbogummite - philipsbornite series from Moldava deposit, Krušné hory Mts., Czech Republic. *N. Jb. Mineral., Mh.*, 4, 145-163.
- Sejkora J., Houzar S., Šrein V. (1999) Vanadový wavellit a variscit z puklin grafických kvarcitů na západní Moravě. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)*. 7, 197-204.
- Sejkora J., Kouřimský J. (2005) Atlas minerálů České a Slovenské republiky. 226, *Academia, Praha*.
- Sejkora J., Škovíra J., Čejka J., Plášil J. (2009) Cu-rich members of the beudantite-segnitite series from the Krupka ore district, the Krušné hory Mountains, Czech Republic. *J. Geosci.* 54, 355-371.
- Scharm B., Scharmová M. (1995) Akcesorické minerály v proterozoických silexitech z Kokšína u Mítova. *MS, Karlova Universita, Praha*.
- Scharm B., Scharmová M., Kundrát M. (1994) Crandallite group minerals in the uranium ore of Northern Bohemia (Czech Republic). *Věst. Čes. geol. Úst.* 69, 1, 79-85.
- Tuček K. (1961) O některých nových nerostech v systematické sbírce Národního muzea. *Čas. Nár. muz., odd. přírodověd.* 130, 72.
- www.geology.cz - mapový server České geologické služby; přístup květen 2016.
- www.mapy.cz; přístup květen 2016.
- Zadražil P. (2002) Zajímavý nález tremolitu a mastku u Votic (okr. Benešov). *Minerál* 10, 2, 140.