

<https://doi.org/10.46861/bmp.33.103>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Zeolitová mineralizace se stelleritem z Malého Jeleního vrchu u Stráže pod Ralskem (Česká republika)

Zeolite mineralization with stellerite from the Malý Jelení vrch hill near Stráž pod Ralskem (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, LIBOR HRŮZEK³⁾ A JIŘÍ SEJKORA²⁾

¹⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; *e-mail petr.paulis@post.cz

²⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

³⁾Pobřežní 1016, 471 14 Kamenický Šenov

PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J (2025) Zeolitová mineralizace se stelleritem z Malého Jeleního vrchu u Stráže pod Ralskem (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 33(1): 103-113. ISSN 2570-7337

Abstract

A zeolite mineralization (stellerite, chabazite-K, heulandite-Ca, lévyne-Ca and erionite-Ca) in tiny cavities of Cenozoic basaltic rocks was sampled at the Malý Jelení vrch hill (500 m above sea level) near Stráž pod Ralskem, northern Bohemia (Czech Republic) and studied by means of electron microprobe and X-ray powder diffraction. Stellerite is the most interesting zeolite in association, this find is its second confirmed occurrence in the Czech Republic. Stellerite forms colourless to white prismatic crystals up to 3 mm in size and rare fan-shaped aggregates up to 1 cm in size. It is orthorhombic, space group *Fmmm*, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: *a* 13.614(2), *b* 18.226(2), *c* 17.862(2) Å and *V* 4432.1(9) Å³. Its chemical analyses correspond to the empirical formula $(\text{Ca}_{4.23}\text{K}_{0.53}\text{Na}_{4.76})(\text{Si}_{27.64}\text{Al}_{8.11})\text{O}_{72} \cdot 28 \text{H}_2\text{O}$ on basis of 72 atoms of oxygen. The time sequence of crystallization of described mineralization at the Malý Jelení vrch hill is as follows: heulandite-Ca - stellerite - chabazite-K - lévyne-Ca - erionite-Ca - calcite.

Key words: stellerite, chabazite-K, heulandite-Ca, erionite-Ca, lévyne-Ca, Cenozoic basaltic rocks, X-ray powder diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Malý Jelení vrch hill near Stráž pod Ralskem, Czech Republic

Obdrženo 7. 4. 2025; přijato 3. 6. 2025

Úvod

Malý Jelení vrch (500 m n. m.) se nachází asi 2.5 km jž. od obce Hamr na Jezeře a 3 km jv. od Stráže pod Ralskem, na katastrálním území zaniklé obce Svěbořice. Na severovýchodě navazuje sedlem vrch Kozí hřbet. Malý Jelení vrch je spolu s Velkým Jelením vrchem chráněn jako přírodní památka Jelení vrchy, která byla vyhlášena v rámci udržení a zlepšení porostů bučin a suťových lesů s výskytem chráněných druhů rostlin. Toto chráněné území je součástí Geoparku Ralsko. Vrch je geomorfologicky součástí Ralské pahorkatiny. Malý Jelení vrch je čedičový suk vulkanického původu. Ve vrcholových partiích kopce, kde hornina vychází na povrch, lze pozorovat sloupcovitou odlučnost vulkanitu.

Zeolitová mineralizace byla zjištěna druhým z autorů (LH) na severním a východním okraji vrcholové partie (GPS: 50°40'51.202"N, 14°49'32.884"E; obr. 1, 2). Popisovaný výskyt nebyl dosud v odborné literatuře zaznamenán. Z geologického hlediska jde o terciární vulkanit, který pronikl svrchnokřídovými křemennými pískovci české křídové pánve. Na severním svahu pod vrcholem byla v minulosti prováděna v malém lomu těžba kamene.



Obr. 1 Vrcholová část Malého Jeleního vrchu s výskytem zeolitové mineralizace (2024). Foto P. Pauliš.



Obr. 2 Vrcholová část Malého Jeleního vrchu s výskytem zeolitové mineralizace (2024). Foto P. Pauliš.



Obr. 3 Krystal chabazitu-K z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 11 mm.



Obr. 4 Drúza krystalů heulanditu-Ca z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 8.5 mm.

Metodika výzkumu

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanесeny 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.). Získaná data byla vyhodnocena pomocí softwaru ZDS pro DOS (Ondruš 1993) za použití profilové funkce Pearson VII. Zjištěná rentgenová prášková data byla indexována na základě teoretických záznamů vypočtených programem Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z krystalových strukturních dat jednotlivých studovaných minerálů, parametry základních cel pak byly následně zpřesněny pomocí programu Burnhama (1962).

Chemické složení zeolitů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik J. Sejkora) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 5 μ m, standardy: baryt (BaLa), albit (NaKa), sanidin (SiKa, AlKa, KKa), rodonit (MnKa), diopsid (MgKa), apatit (PKa), hematit (FeKa), ZnO (ZnKa), celestin (SKa, SrLb), Cs sklo (CsLa), RbGe sklo (RbLa), wollastonit (CaKa), halit (ClKa), LiF (FKa), chalkopyrit (CuKa), BN (NKa) a vanadinit (PbMa). Získaná data byla korigována za použití algoritmu PAP (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy prvků, které nejsou uvedeny v níže prezentovaných tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti. Vyšší nebo nižší sumy chemických analýz po dopočtu teoretického obsahu vody jsou pravděpodobně způsobeny částečnou nestabilitou vzorků pod elektronovým svazkem a dehydratací vzorků ve vakuu komory elektronového mikroanalýzátoru.

Charakterizace zjištěné mineralizace

Severní okraj vrcholové partie Malého Jeleního vrchu je tvořen pevnou tmavošedou čedičovou horninou, která často obsahuje porcelanitové xenolity, v suti se ojediněle objevují úlomky proplyněného bazaltoidu, které obsahují až 1 cm velké dutiny se zeolitovou mineralizací. Na

severní hraně jsou pozůstatky zaniklého malého lomu. Na východním okraji je kontakt pevného bazaltoidu s vulkanickým tufem, který má brekciovitou texturu. V kontaktní zóně, kde dochází k prolínání obou horninových typů, jsou časté trhliny se zeolitovou mineralizací. Ze vzorků nalezených v sutí pod tímto profilem je patrné, že většinu této mineralizace tvoří nenápadné agregáty heulanditu-Ca, který je ze zeolitů nejstarším minerálem. Na něho

lokálně nasedá stellerit, nejhojnějším a výrazně dominantním minerálem těchto trhlin je pak chabazit-K. Mísí se na kontaktu obou hornin objevuje silně proplyněná hornina s dutinkami o velikosti až 15 mm s kompletní zeolitovou mineralizací zjištěnou na této lokalitě, doplněná častými mandlemi s lévynem-Ca a erionitem-Ca. Opět tu jsou časté xenolity. V pevné bazaltoidní hornině dutiny se zeolitovou mineralizací chybí.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data chabazitu-K z Malého Jeleního vrchu

d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l
9.364	100.0	9.357	1	0	1	2.932	39.7	2.932	4	0	1	1.9148	0.7	1.9145	5	2	0
6.908	7.0	6.903	1	1	0	2.916	4.8	2.916	0	1	5	1.8714	4.8	1.8715	5	0	5
6.367	2.0	6.363	0	1	2	2.891	20.2	2.889	2	1	4	1.8561	1.1	1.8562	0	1	8
5.558	10.5	5.555	0	2	1	2.843	1.5	2.842	2	2	3	1.8073	4.8	1.8071	4	1	6
5.012	13.4	5.011	0	0	3	2.778	1.5	2.777	0	4	2	1.7713	0.9	1.7719	6	1	2
4.679	9.9	4.679	2	0	2	2.686	2.2	2.686	2	0	5	1.7249	2.0	1.7258	4	4	0
4.329	53.3	4.328	2	1	1	2.610	5.7	2.609	4	1	0	1.6951	1.1	1.6947	3	3	6
3.988	2.2	3.985	3	0	0	2.577	1.3	2.577	2	3	2	1.6699	1.3	1.6702	0	0	9
3.875	9.7	3.873	1	2	2	2.503	7.2	2.503	1	2	5	1.6475	1.1	1.6481	6	2	1
3.585	17.3	3.585	1	0	4	2.3551	0.7	2.3550	1	1	6	1.5908	1.1	1.5908	0	4	8
3.452	6.6	3.451	2	2	0	2.3003	1.5	2.3010	3	3	0	1.5590	2.4	1.5590	6	1	5
3.241	1.8	3.238	1	3	1	2.0919	2.9	2.0911	3	3	3						
3.182	6.1	3.182	0	2	4	1.9389	0.4	1.9396	2	1	7						

Tabulka 2 Parametry základní cely chabazitu (pro trigonální prostorovou grupu R-3m)

	a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
chabazit-K Malý Jelení vrch (tato práce)	13.8060(9)	15.0320(13)	2481.3(3)
chabazit-K Bukovina (Pauliš et al. 2024)	13.788(6)	14.996(8)	2468.76
chabazit-K Chibiny (Yakubovich et al. 2005)	13.831(3)	15.023(5)	2488.83
chabazit-Ca Bernartice (Sejkora et al. 2023)	13.8055(12)	14.967(2)	2470.4(5)
chabazit-Ca Soutěsky (Pauliš et al. 2021)	13.824(6)	15.0094(4)	2483.9(8)
chabazit-Ca Poustevna (Pauliš et al. 2019)	13.8088(4)	15.0395(3)	2482.5(7)
chabazit-Ca Heřmanice (Pauliš et al. 2018)	13.814(5)	15.0449(3)	2486.3(9)
chabazit-Ca Tachov (Pauliš et al. 2017)	13.833(8)	15.0213(3)	2490(1)

Tabulka 3 Chemické složení chabazitu-K z Malého Jeleního vrchu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na ₂ O	0.22	0.24	0.23	0.18	0.22	0.13	0.32	0.09	0.24	0.29
K ₂ O	8.60	9.68	9.40	9.48	9.23	8.51	8.34	6.92	7.89	7.92
CaO	6.97	6.65	6.31	6.76	6.78	7.03	7.16	7.71	7.30	7.03
SrO	0.41	0.12	0.30	0.25	0.36	0.66	0.67	0.42	0.49	0.40
Al ₂ O ₃	17.45	17.62	18.00	17.77	18.22	17.88	16.91	16.49	17.10	17.02
SiO ₂	48.69	48.05	48.55	48.51	48.47	49.09	49.42	47.49	48.98	49.68
H ₂ O*	21.23	21.12	21.30	21.28	21.40	21.48	21.33	20.29	21.22	21.39
total	103.57	103.48	104.09	104.23	104.68	104.78	104.15	99.41	103.22	103.73
Na	0.071	0.080	0.075	0.059	0.070	0.042	0.105	0.030	0.079	0.095
K	1.859	2.105	2.026	2.043	1.980	1.818	1.793	1.566	1.705	1.700
Ca	1.266	1.214	1.142	1.223	1.221	1.262	1.294	1.465	1.326	1.271
Sr	0.041	0.012	0.029	0.024	0.035	0.064	0.045	0.044	0.048	0.060
Al	3.484	3.538	3.583	3.537	3.610	3.531	3.360	3.446	3.416	3.373
Si	8.250	8.186	8.201	8.196	8.148	8.223	8.334	8.421	8.305	8.355
H ₂ O	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.70	0.70	0.70	0.70	0.69	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71

mean - průměr devíti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 24 kyslíků; H₂O* - obsah vypočtený na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

Tabulka 4 Rentgenová prášková data heulanditu-Ca z Malého Jeleního vrchu

d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l
8.978	100.0	8.954	0	2	0	3.494	0.6	3.494	1	5	0	2.3043	0.2	2.3028	3	7	0
7.941	1.2	7.931	2	0	0	3.472	0.3	3.473	-5	1	1	2.2392	0.9	2.2385	0	8	0
6.798	0.5	6.797	-2	0	1	3.427	1.5	3.427	-2	2	2	2.1533	0.2	2.1522	-4	4	3
6.653	0.5	6.646	0	0	1	3.398	0.8	3.399	-4	0	2	2.1205	0.3	2.1184	7	3	0
5.935	0.2	5.937	2	2	0	3.325	0.8	3.323	0	0	2	2.0910	0.3	2.0901	6	2	1
5.597	0.4	5.587	1	3	0	3.177	1.7	3.177	-4	2	2	2.0744	0.2	2.0748	4	6	1
5.341	0.6	5.336	0	2	1	3.127	1.6	3.126	-4	4	1	2.0201	0.1	2.0216	-6	4	3
5.260	0.7	5.257	-3	1	1	3.077	0.8	3.076	-1	3	2	1.9742	0.6	1.9743	-1	9	0
5.120	0.9	5.118	1	1	1	3.003	0.9	3.001	-3	5	1	1.9591	0.6	1.9598	-1	5	3
5.071	0.5	5.071	3	1	0	2.986	4.5	2.985	0	6	0	1.9209	0.4	1.9218	-1	9	1
4.654	3.7	4.651	-1	3	1	2.975	0.4	2.975	1	5	1	1.8615	0.3	1.8617	-9	3	2
4.482	0.9	4.477	0	4	0	2.965	1.0	2.965	3	5	0	1.7911	1.6	1.7908	0	10	0
4.370	0.3	4.367	-4	0	1	2.956	3.0	2.955	1	1	2	1.7669	0.3	1.7682	-7	7	2
3.980	4.2	3.980	1	3	1	2.884	1.3	2.886	4	0	1	1.7284	1.7	1.7291	0	10	1
3.970	0.4	3.965	4	0	0	2.800	1.8	2.801	5	3	0	1.7254	0.5	1.7243	3	9	1
3.961	3.9	3.958	3	3	0	2.731	2.4	2.733	-2	6	1	1.6959	0.1	1.6956	-10	0	3
3.926	1.1	3.925	-4	2	1	2.668	0.3	2.668	0	4	2	1.6482	0.4	1.6472	-2	8	3
3.899	4.7	3.899	2	4	0	2.526	1.6	2.526	1	7	0	1.6310	0.1	1.6321	4	10	0
3.838	0.4	3.837	2	2	1	2.4873	0.4	2.4867	3	5	1	1.6157	0.2	1.6166	2	6	3
3.740	0.5	3.739	-2	4	1	2.4623	0.4	2.4623	-6	4	1	1.5920	0.2	1.5924	-6	8	3
3.713	0.6	3.709	-2	0	2	2.4417	0.5	2.4419	2	6	1	1.4925	0.5	1.4929	9	3	1
3.564	0.9	3.563	-3	1	2	2.4231	0.5	2.4259	4	4	1						

Tabulka 5 Parametry základní cely heulanditu (pro monoklinickou prostorovou grupu Cm)

		a [Å]	b [Å]	c [Å]	β [Å]	V [Å ³]
heulandit-Ca	tato práce	17.714(4)	17.908(2)	7.422(2)	116.442(14)	2108.2(1.2)
heulandit-Ca	Merkle, Slaughter (1967)	17.73	17.82	7.43	116.33	2104
heulandit-Ca	Alberti (1972)	17.718	17.897	7.428	116.42	2109
heulandit-Ca	Gunter et al. (1994)	17.671(1)	17.875(7)	7.412(3)	116.39(3)	2097
heulandit-Ca	Pauliš et al. (2016)	17.726(4)	17.829(4)	7.428(2)	116.32(1)	2104.2(9)
heulandit-K	Toman et al. (2014)	17.743(4)	17.939(2)	7.429(1)	116.47(1)	2117(1)
heulandit-K	Galli et al. (1983)	17.767(7)	17.958(7)	7.431(1)	115.93(2)	2132
heulandit-Ba	Larsen et al. (2005)	17.738(3)	17.856(2)	7.419(1)	116.55(2)	2102.0(7)

Tabulka 6 Chemické složení heulanditu-Ca z Malého Jeleního vrchu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
K ₂ O	1.32	1.41	1.03	1.37	1.12	1.14	1.57	1.62
CaO	7.41	7.58	7.31	7.38	7.37	7.36	7.64	7.22
SrO	0.25	0.00	0.17	0.48	0.23	0.31	0.45	0.14
Al ₂ O ₃	14.42	14.37	13.95	14.27	15.30	14.61	14.72	13.73
SiO ₂	56.36	59.39	57.43	55.68	57.73	55.41	52.99	55.86
H ₂ O*	14.70	15.31	14.80	14.56	15.11	14.53	14.14	14.48
total	94.46	98.06	94.69	93.74	96.86	93.36	91.51	93.05
K	0.823	0.847	0.621	0.861	0.686	0.720	1.040	1.027
Ca	3.881	3.812	3.671	3.920	3.747	3.897	4.159	3.852
Sr	0.071	0.000	0.056	0.119	0.063	0.089	0.131	0.039
Al	8.315	7.958	7.726	8.310	8.587	8.525	8.833	8.045
Si	27.580	27.911	26.991	27.521	27.484	27.433	26.972	27.765
H ₂ O	24	24	24	24	24	24	24	24
T _{Si}	0.77	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.77

mean - průměr sedmi bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 72 kyslíků; H₂O* - obsah vypočtený na základě teoretického obsahu 24 H₂O.

Nejhojnějším zeolitem je **chabazit-K**, který tvoří klencové krystaly o velikosti do 4 mm, vzácně až 8 mm (obr. 3). Nejčastěji nasedají na drobné krystaly heulanditu-Ca na trhlinách brekciovitého tufu. Na trhlinách je většinou bělavý a zaslý, v drobných dutinách proplyněné horniny jsou jeho krystaly čiré a skelně lesklé. Rentgenová prášková data chabazitu-K z Malého Jeleního vrchu (tab. 1) odpovídají hodnotám uváděným pro tento minerální druh i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Yakubovich et al. 2005), experimentálně zjištěné intenzity difrakčních maxim jsou výrazně ovlivněny přednostní orientací preparátu a dalšími texturními efekty. Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 2 porovnány s publikovanými údaji pro tento zeolit. V BSE obraze je chabazit-K chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Sr, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec chabazitu-K (tab. 3) (průměr devíti bodových analýz) je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $K_{1,86}Ca_{1,27}Na_{0,07}Sr_{0,04}(Al_{3,48}Si_{8,25}O_{24}) \cdot 12H_2O$. Vedle dominantního podílu K (1.57 - 2.10 *apfu*) v kationtové složce chabazitu-K je zastoupen ve vyšší míře i Ca (1.14 - 1.46 *apfu*), v menší míře pak Na (0.30 - 0.11 *apfu*) a Sr (0.01 - 0.06 *apfu*). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.70$ chabazitu-K z Malého Jeleního vrchu je ve střední části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Poměrně hojný je též **heulandit-Ca**, tvořící nenápadné monominerální povlaky tvořené krystaly o rozměrech pod 1 mm (obr. 4). Heulandit-Ca bývá často zcela překryt mladším stelleritem a chabazitem-K. Častý je především na nevýrazných puklinách pevné čedičové horniny severní strany skalní stěny. Plochy puklin s krystaly heulanditu-Ca bývají nápadně lesklé. Na východní straně výchozu vyplňuje heulandit-Ca trhliny v brekciovité hornině. Ojedinele tu byla zastížena kompletní mineralizace (heulandit-Ca - stellerit - chabazit-K). Vzácně byl heulandit-Ca zjištěn na povrchu xenolitů, popřípadě v jeho trhlinách, kde tvoří krystaly až 2 mm velké. Nalezen byl též vzácně v drobných dutinách v proplyněném bazaltoidu, kde vytváří čiré, výrazně perleťově lesklé krystaly až 1 mm velké. Rentgenová prášková data heulanditu-Ca z Malého Jeleního vrchu (tab. 4) odpovídají hodnotám uváděným



Obr. 5 Drúza krystalů stelleritu z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 6.3 mm.



Obr. 6 Drúza krystalů stelleritu a s chabazitem-K z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 6.8 mm.



Obr. 7 Krystal stelleritu s chabazitem-K z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 5.5 mm.

pro tento minerální druh i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Merkle, Slaughter 1967), experimentálně zjištěné intenzity difrakčních maxim jsou výrazně ovlivněny přednostní orientací preparátu a další-

mi texturními efekty. Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 5 porovnány s publikovanými údaji pro tento zeolit. V BSE obraze je heulandit-Ca chemicky poměrně homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjiš-

Tabulka 7 Rentgenová prášková data stelleritu z Malého Jeleního vrchu

d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l
9.131	100.0	9.113	0	2	0	3.004	5.1	3.004	1	3	5	2.1231	0.3	2.1215	2	0	8
8.963	4.3	8.931	0	0	2	3.004	5.1	3.003	4	2	2	2.1003	0.3	2.0999	2	8	2
6.388	0.7	6.378	0	2	2	2.977	0.9	2.977	0	0	6	2.0659	0.8	2.0663	2	2	8
5.456	0.3	5.454	2	2	0	2.877	0.6	2.876	0	6	2	2.0659		2.0662	1	5	7
5.422	0.9	5.414	2	0	2	2.831	0.6	2.830	0	2	6	2.0391	0.6	2.0398	5	3	5
5.301	1.1	5.298	1	3	1	2.778	1.5	2.774	2	6	0	2.0299	0.3	2.0294	0	8	4
4.657	6.5	4.654	2	2	2	2.707	0.5	2.707	4	0	4	1.8985	0.2	1.8985	1	9	3
4.559	2.3	4.556	0	4	0	2.613	0.7	2.613	2	2	6	1.8934	0.6	1.8933	4	8	0
4.462	0.8	4.465	0	0	4	2.566	0.7	2.565	3	5	3	1.8612	0.1	1.8618	5	5	5
4.279	2.1	4.276	3	1	1	2.512	0.5	2.512	0	6	4	1.8221	3.4	1.8226	0	10	0
4.060	22.4	4.059	1	3	3	2.4913	0.6	2.4922	0	4	6	1.7860	0.4	1.7862	0	0	10
		4.059	0	4	2	2.4853	0.4	2.4846	1	1	7	1.7274	0.2	1.7273	2	10	2
4.013	2.1	4.010	0	2	4	2.4539	0.2	2.4537	5	1	3	1.7013	0.1	1.7018	8	0	0
3.735	2.1	3.734	2	0	4	2.3519	0.5	2.3498	1	7	3	1.6897	0.1	1.6912	3	7	7
3.486	0.7	3.486	2	4	2	2.3180	0.4	2.3182	1	3	7	1.6628	0.2	1.6649	5	7	5
3.405	1.1	3.404	4	0	0	2.2691	0.2	2.2691	6	0	0	1.6439	0.2	1.6443	8	2	2
3.396	2.5	3.395	1	1	5	2.2328	0.2	2.2327	0	0	8	1.5917	0.3	1.5902	8	0	4
3.189	1.5	3.188	4	2	0	2.2082	0.2	2.2078	3	1	7			1.5905	4	6	8
3.181	6.3	3.180	4	0	2	2.2008	0.1	2.2019	6	2	0	1.5581	0.4	1.5584	1	3	11
3.102	0.9	3.103	3	3	3	2.1685	0.3	2.1686	0	2	8			1.5583	4	2	10
3.030	9.5	3.031	1	5	3	2.1267	0.2	2.1262	0	6	6						

Tabulka 8 Parametry základní cely stelleritu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Fmmm*)

	a [Å]	b [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Malý Jelení vrch (tato práce)	13.614(2)	18.226(2)	17.862(2)	4432.1(9)
Seremida, Sardinie (Arletti et al. 2006)	13.5947(4)	18.1823(6)	17.8335(3)	4408.1(3)
Košťálov (Tvrdý et al. 2023)	13.586(6)	18.204(7)	17.839(12)	4412(2)
Capo Pula, Itálie (Sacerdoti, Gomedì 1984)*	13.610(3)	18.214(4)	17.833(4)	4421(2)
Villanova-Monteleone, Sardinie (Galli, Alberti 1975)	13.599(4)	18.222(4)	17.863(3)	4426

* stellerit připravený laboratorní iontovou výměnou (Ca-Na) přírodního barreritu.

Tabulka 9 Chemické složení stelleritu z Malého Jeleního vrchu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
K ₂ O	0.83	0.30	0.32	0.48	1.54	1.33	1.45	0.38
CaO	7.92	8.11	8.28	8.21	7.30	7.34	8.01	8.19
Al ₂ O ₃	13.52	12.07	13.72	11.47	14.46	13.28	15.60	14.06
SiO ₂	55.82	55.41	54.75	55.20	55.54	57.67	57.61	54.62
H ₂ O*	16.85	16.44	16.65	16.30	16.96	17.20	17.72	16.69
total	94.94	92.33	93.72	91.66	95.86	96.82	100.39	93.94
K	0.534	0.196	0.206	0.316	0.970	0.827	0.877	0.242
Ca	4.228	4.435	4.471	4.531	3.872	3.839	4.066	4.413
Al	8.109	7.263	8.153	6.963	8.435	7.636	8.713	8.337
Si	27.642	28.287	27.599	28.433	27.491	28.145	27.301	27.478
H ₂ O	28	28	28	28	28	28	28	28
T _{Si}	0.77	0.79	0.77	0.80	0.76	0.78	0.76	0.77

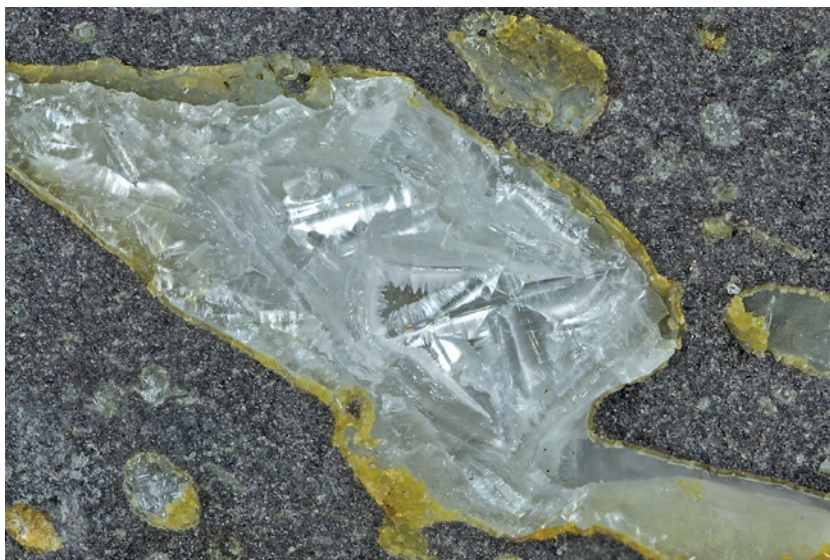
mean - průměr sedmi bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 72 kyslíků; H₂O* - obsah vypočtený na základě teoretického obsahu 28 H₂O.

těny obsahy Si, Al, Ca, Sr a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec heulanditu-Ca (tab. 6) (průměr sedmi bodových analýz) lze na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako $\text{Ca}_{3.88}\text{K}_{0.82}\text{Sr}_{0.07}(\text{Al}_{8.31}\text{Si}_{27.58}\text{O}_{72}) \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$. Vedle dominantního podílu Ca je v kationtové složce heulanditu-Ca zastoupen ve vyšší míře i K (0.62 - 1.03 *apfu*), v menší míře pak Sr (0.00 - 0.13 *apfu*). Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.77$ heulanditu-Ca z Malého Jeleního vrchu je ve střední části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Vzácnějším zeolitem je tu **stellerit**, který tvoří sloupcovité prizmatické krystaly o délce do 3 mm (obr. 5). V čerstvém stavu je výrazně perleťově lesklý, čirý, obvykle je však bělavý a zašlý. Nejčastější je na východní straně výchozu v sutí, pocházející z místa výskytu trhlín v brekciovité hornině. Zde asociuje s dominantním mladším chabazitem-K (obr. 6). Často je na chabazitové drúze přítomen jediný krystal stelleritu (obr. 7). V proplyněné hornině na severní straně skalního výchozu byl zjištěn ojedinělý vějířovitý, až 1 cm velký agregát stelleritu zcela vyplňující dutinu. Rentgenová prášková data stelleritu z Malého Jeleního vrchu (tab. 7) odpovídají publikovaným údajům i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalových strukturálních dat (Arletti et al. 2006); určité rozdíly zjištěné u intenzit jednotlivých difrakčních maxim jsou pravděpodobně vyvolány přednostní orientací preparátu a dalšími texturními vlivy. Na rozdíl od chemicky velmi blízkého monoklinického stilbitu nebylo v experimentálním záznamu pozorováno charakteristické rozštěpení některých difrakčních maxim vyvolané nižší, monoklinickou symetrií stilbitu (Passaglia et al. 1978; Di Renzo, Gabelica 1997). Hodnoty zpřesněných parametrů základní cely stelleritu z Malého Jeleního vrchu jsou v tabulce 8 porovnány s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi. V BSE obraze se stellerit jeví jako poměrně homogenní. Při studiu chemického složení (tab. 9) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec stelleritu (tab. 9) (průměr sedmi bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako $(\text{Ca}_{4.23}\text{K}_{0.53}\text{Sr}_{2.76}\text{Si}_{27.64}\text{Al}_{8.11})\text{O}_{72} \cdot 28 \text{H}_2\text{O}$. Obsahy Si jsou v rozsahu 27.30 - 28.43 *apfu* a Al 6.96 - 8.43 *apfu*. Obsahy Si a Al se tak přibližují poměru těchto prvků v ideálním vzorci stelleritu (Si 28



Obr. 8 Lévy-Ca s erionitem-Ca z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 8 mm.



Obr. 9 Lévy-Ca s erionitem-Ca z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 10 mm.



Obr. 10 Erionit-Ca z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 7.8 mm.

apfu, Al 8 *apfu*) a odlišují se od chemicky blízkého stilbitu-Ca, který má ideální zastoupení Si 27 *apfu* a Al 9 *apfu*. Vedle dominantního podílu Ca v kationtové složce (3.84 - 4.53 *apfu*) obsahuje menší podíl K (0.20 - 0.90 *apfu*). Průměrná hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al)$ 0.77 spadá do intervalu uváděného pro tuto fázi (0.75 - 0.78; Coombs et al. 1997) a řadí studovaný minerál mezi tzv. kyselé zeolity ($T_{Si} > 0.75$; Gottardi 1978). Stellerit je často zaměňován se stilbitem-Ca, od kterého se odlišuje ortorombickou symetrií, vyšším poměrem Si:Al a nízkým obsahem Na a K (Passaglia et al. 1978).

Poměrně vzácným zeolitem této lokality je **lévyn-Ca**, který tu zcela vyplňuje až 12 mm velké dutiny. Na jejich lomu zřetelně vystupuje charakteristická mřížková agre-

gace tohoto zeolitu, jehož jednotlivé číré tenké tabulkovitě, až 5 mm velké krystaly řídce a chaoticky prostupují dutinu. Krystaly mají výrazný hedvábný lesk vlivem epitaxních nárůstů erionitu-Ca (obr. 8, 9). Na základě rentgenových práškových dat byl lévyn-Ca ověřen jen jako vedlejší složka ve směsi s erionitem-Ca. Proto bylo pro zpřesnění parametrů základní cely možno využít jen difrakční maxima spolehlivě nekoincidující s převažujícím erionitem-Ca (tab. 10). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 11 porovnány s publikovanými údaji pro tento zeolit. V BSE obraze je lévyn-Ca chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec lévynu-Ca (tab. 12) (prů-

Tabulka 10 Rentgenová prášková data lévynu-Ca z Malého Jeleního vrchu

d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l
10.315	12.7	10.321	1	0	1	3.162	5.8	3.167	1	2	5	2.3955	6.2	2.3939	4	1	3
8.117	34.5	8.152	0	1	2	3.162	5.8	3.163	1	0	7	2.2216	K				
7.582	K					3.088	24.6	3.085	3	1	2	2.1764	1.5	2.1724	2	4	1
5.157	28.2	5.161	2	0	2	2.858	K					2.1435	3.0	2.1439	4	2	2
4.292	6.8	4.276	0	1	5	2.803	81.4	2.800	0	4	2	2.1435		2.1432	0	5	4
4.082	100.0	4.081	1	2	2	2.622	5.0	2.629	3	1	5	2.1316	K				
3.851	K					2.622	5.0	2.626	2	1	7	2.0402	1.5	2.0404	2	4	4
3.467	14.8	3.477	2	1	4	2.586	5.6	2.582	2	3	2	1.9706	3.0	1.9718	4	2	5
3.333	K					2.5198	K					1.9674	2	1.9674	2	0	11
						2.4407	2.9	2.4457	0	4	5	1.6666	K				

K - koincidence s difrakčními maximy převažujícího erionitu-Ca

Tabulka 11 Parametry základní cely lévynu-Ca (pro trigonální prostorovou grupu $R\bar{3}m$)

	a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Malý Jelení vrch (tato práce)	13.333(6)	23.02(2)	3544(3)
U poustevny (Pauliš et al. 2019)	13.3405(19)	22.9973(2)	3544.5(5)
Nurri, Sardinie (Merlino et al. 1975)	13.338(4)	23.0140(90)	3545.72
Jehla (Pauliš et al. 2015)	13.338(3)	23.0105(1)	3545.0(7)
Hackenberg (Pauliš et al. 2014)	13.330(3)	23.0122(3)	3541.3(9)

Tabulka 12 Chemické složení lévynu-Ca z Malého Jeleního vrchu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
Na ₂ O	1.94	3.00	0.70	2.46	2.01	1.54
K ₂ O	2.10	1.17	4.83	1.34	1.72	1.43
CaO	8.84	9.66	7.13	9.39	8.73	9.29
Al ₂ O ₃	21.66	23.12	19.27	21.90	21.95	22.06
SiO ₂	41.91	39.05	43.69	46.40	40.89	39.52
H ₂ O*	19.09	19.09	18.81	20.50	18.83	18.46
total	95.54	95.09	94.43	101.99	94.13	92.30
Na	1.004	1.574	0.368	1.186	1.054	0.823
K	0.716	0.403	1.671	0.424	0.595	0.504
Ca	2.529	2.803	2.068	2.495	2.537	2.747
Al	6.816	7.378	6.155	6.418	7.003	7.166
Si	11.192	10.571	11.839	11.536	11.067	10.910
H ₂ O	17	17	17	17	17	17
T_{Si}	0.62	0.60	0.66	0.64	0.61	0.60

mean - průměr pěti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 32 kyslíků; H₂O* - obsah vypočtený na základě teoretického obsahu 17 H₂O.

Tabulka 13 Rentgenová prášková data erionitu-Ca z Malého Jeleního vrchu

d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	h	k	l
11.571	82.3	11.544	1	0	0	3.435	4.9	3.429	3	0	2	2.2216	35.6	2.2217	3	3	0
9.185	5.2	9.174	1	0	1	3.333	63.5	3.332	2	2	0	2.1312	3.0	2.1315	3	3	2
7.547	9.0	7.557	0	0	2	3.298	10.1	3.298	2	1	3	2.0932	5.7	2.0960	4	2	2
6.674	75.5	6.665	1	1	0	3.202	10.4	3.202	3	1	0	1.9997	3.6	1.9995	5	1	2
5.778	40.2	5.772	2	0	0	3.153	20.8	3.161	2	0	4	1.8900	6.8	1.8892	0	0	8
5.395	17.2	5.392	2	0	1	3.130	24.6	3.132	3	1	1	1.8490	8.5	1.8485	5	2	0
4.618	12.3	4.617	1	0	3	2.887	93.5	2.886	4	0	0	1.7813	6.8	1.7812	4	1	6
4.588	10.7	4.587	2	0	2	2.858	29.0	2.856	2	1	4	1.7596	2.2	1.7605	6	1	0
4.365	100.0	4.363	2	1	0	2.835	40.8	2.835	4	0	1	1.7143	3.8	1.7146	6	1	2
4.191	21.6	4.192	2	1	1	2.698	21.6	2.696	4	0	2	1.6666	34.7	1.6663	4	4	0
3.851	96.0	3.848	3	0	0	2.520	45.9	2.519	4	1	0	1.5952	7.7	1.5958	6	1	4
3.780	46.2	3.779	2	1	2	2.502	11.8	2.499	3	2	2	1.5659	2.2	1.5661	6	2	2
3.592	20.2	3.591	1	0	4	2.4843	2.2	2.4847	2	1	5						

Tabulka 14 Parametry základní cely erionitu-Ca (pro hexagonální prostorovou grupu $P6_3/mmc$)

	a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Malý Jelení vrch (tato práce)	13.3300(16)	15.113(4)	2325.7(7)
Lady Hill (Gualtieri et al. 1998)	13.339(1)	15.112(2)	2328.6
Agate Beach (Gualtieri et al. 1998)	13.289(1)	15.079(2)	2306.2
Tunguska (Gualtieri et al. 1998)	13.304(1)	15.078(2)	2311.2
Heřmanice (Pauliš et al. 2018)	13.309(8)	15.0700(5)	2312(1)

měr 5 bodových analýz) je na bázi 32 kyslíků možno vyjádřit jako $Ca_{2.53}Na_{1.00}K_{0.72}(Al_{6.82}Si_{11.19}O_{36}) \cdot 17 H_2O$. Vedle dominantního podílu Ca v kationtové složce lévynu-Ca jsou zastoupeny v menší míře i Na (0.3 - 1.57 *apfu*) a K (0.40 - 1.67 *apfu*). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.62$ lévynu-Ca z Malého Jeleního vrchu je ve spodní části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Erionit-Ca tvoří nejčastěji výrazné epitaxiální nárůsty na krystalech lévynu-Ca (obr. 8, 9). V menším množství tvoří velmi jemné sloupečkovité krystaly, které narůstají na stěny dutin o velikosti do 3 mm v proplyněné hornině na severní i východní straně výchozu (obr. 10). Rentgenová prášková data erionitu-Ca z Malého Jeleního vrchu (tab. 13) odpovídají hodnotám uváděným pro tento minerální druh i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Gualtieri et al. 1998), experimentálně zjištěné intenzity difrakčních maxim jsou výrazně ovlivněny předností orientací preparátu a dalšími texturními efekty. Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 14 porovnány s publikovanými údaji pro tento zeolit. V BSE obraze je erionit-Ca chemicky poměrně homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, K, Na a Ba; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec erionitu-Ca (tab. 15) (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako $Ca_{4.02}K_{2.29}Na_{0.33}Ba_{0.04}(Al_{10.66}Si_{25.32}O_{72}) \cdot 30 H_2O$. Vedle dominantního podílu Ca v kationtové složce erionitu-Ca jsou zastoupeny v menší míře i K (1.98 - 3.03 *apfu*) a Na (0.03 - 1.11 *apfu*) a minoritně i Ba (0.02 - 0.04 *apfu*). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.70$ erionitu-Ca z Malého Jeleního vrchu je ve spodní části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Kalcit jakožto nejmladší minerál popisované asociace často zcela vyplňuje drobné dutiny či v nich tvoří částně korodované krystaly (obr. 11).

Tabulka 15 Chemické složení erionitu-Ca z Malého Jeleního vrchu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
Na ₂ O	0.34	0.17	1.18	0.03	0.33	0.01
K ₂ O	3.65	3.24	4.89	3.26	3.72	3.13
CaO	7.62	7.69	7.76	7.45	7.65	7.63
BaO	0.22	0.23	0.27	0.18	0.19	0.22
Al ₂ O ₃	18.35	18.29	19.07	18.11	18.02	18.24
SiO ₂	51.40	53.77	50.87	50.59	52.51	49.26
H ₂ O*	18.26	18.79	18.50	17.91	18.47	17.62
total	99.84	102.18	102.54	97.53	100.56	96.11
Na	0.326	0.155	1.110	0.030	0.310	0.031
K	2.291	1.979	3.032	2.088	2.312	2.037
Ca	4.025	3.941	4.031	4.014	3.992	4.172
Ba	0.041	0.032	0.038	0.024	0.026	0.031
Al	10.656	10.321	10.926	10.720	10.343	10.977
Si	25.321	25.742	24.732	25.481	25.576	25.149
H ₂ O	30	30	30	30	30	30
T_{Si}	0.70	0.72	0.69	0.70	0.71	0.70

mean - průměr pěti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 72 kyslíků; H₂O* - obsah vypočtený na základě teoretického obsahu 30 H₂O.



Obr. 11 Korodovaný krystal kalcitu z Malého Jeleního vrchu. Foto B. Bureš, šířka záběru je 12 mm.

Závěr

Zeolitová mineralizace s chabazitem-K, heulanditem-Ca, stelleritem, lévynem-Ca a erionitem-Ca byla zjištěna na severním a východním okraji vrcholové partie Malého Jeleního vrchu u Hamru na Jezeře. Z geologického hlediska jde o terciární vulkanit, který pronikl svrchnokřídovými křemennými pískovci české křídové pánve. Studovaný výskyt nebyl dosud v odborné literatuře zaznamenán. Časová posloupnost krystalizace popisované mineralizace na Malém Jelením vrchu je heulandit-Ca - stellerit - chabazit - lévyn-Ca - erionit-Ca - kalcit. Zdejší výskyt stelleritu je teprve druhým potvrzeným výskytem tohoto vzácnějšího zeolitu v České republice po nálezu v Košťálově u Semil (Tvrdý et al. 2023).

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za poskytnutí fotografií B. Burešovi z Prahy. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2024-2028/1.I.b, 00023272).

Literatura

- ALBERTI A (1972) On the crystal structure of the zeolite heulandite. *Tscherm Mineral Petrogr Mitt* 18: 129-146
- ARLETTI R, MAZZUCATO E, VEZZALINI G (2006) Influence of dehydration kinetics on T-O-T bridge breaking in zeolite with framework type STI: The case of stellerite. *Am Mineral* 91: 628-634
- BURNHAM CHW (1962) Lattice constant refinement. *Carnegie Inst Washington Year Book* 61: 132-135
- COOMBS DS, ALBERTI A, ARMBRUSTER T, ARTIOLI G, COLLELLA C, GALLI E, GRICE JD, LIEBAU F, MANDARINO JA, MINATO H, NICKEL EH, PASSAGLIA E, PEACOR DR, QUARTIERI S, RINALDI R, ROSS M, SHEPPARD RA, TILLMANN E, VEZZALINI G (1997) Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Can Mineral* 35: 1571-1606
- DI RENZO F, GABELICA Z (1997) Barrerite and other zeolites from Kuiu and Kupreanof islands, Alaska. *Can Mineral* 35: 691-698
- GALLI E, ALBERTI A (1975) The crystal structure of stellerite. *Bull Minéral* 98(1): 11-18
- GALLI E, GOTTARDI G, MAYER H, PREISINGER A, PASSAGLIA E (1983) The structure of potassium-exchanged heulandite at 293, 373 and 593 K. *Acta Cryst B39*: 189-197
- GOTTARDI G (1978) Mineralogy and crystal chemistry of zeolites. In SAND LB, MUMPTON FA, Eds. *Natural zeolites, occurrence, properties, use*: 31-44. Pergamon Press, Oxford and New York
- GUALTIERI A, ARTIOLI G, PASSAGLIA E, BIGI S, VIANI A, HANSON JC (1998) Crystal structure-crystal chemistry relationships in the zeolites erionite and offretite. *Am Mineral* 83(5-6): 590-606
- GUNTER ME, ARMBRUSTER T, KOHLER T, KNOWLES CHR (1994) Crystal structure and optical properties of Na- and Pb-exchanged heulandite-group minerals. *Am Mineral* 79: 675-682
- LARSEN AO, NORDRUM FS, DÖBELIN N, ARMBRUSTER T, PETERSEN OV, ERAMBERT M (2005) Heulandite-Ba, a new zeolite species from Norway. *Eur J Mineral* 17: 143-153
- MERKLE AB, SLAUGHTER M (1967) The crystal structure of heulandite $(Ca,Na_2)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 6H_2O$. *Am Mineral* 52(1-2): 273-276
- MERLINO S, GALLI E, ALBERTI A (1975) The crystal structure of lévyne. *Tscherm Mineral Petrogr Mitt* 22(2): 117-129
- ONDŘUŠ P (1993) ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. *Materials Science Forum*, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enschede
- PASSAGLIA E, GALLI E, LEONI L, ROSSI G (1978) The crystal chemistry of stilbites and stellerites. *Bull Mineral* 101(3): 368-375
- PAULÍŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2014) Cowlesit a doprovodná mineralizace z vrchu Hackenberg u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22(2): 248-260
- PAULÍŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2015) Tschernichit, garronit-Ca a doprovodná zeolitová mineralizace z Jehly u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(2): 147-170

- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2016) Zeolitová mineralizace ze Svoru u Nového Boru (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 24, 2: 194-204
- PAULIŠ P, JANEČEK O, HRŮZEK L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2017) Nordstrandit a zeolitová mineralizace fonolitu Tachovského vrchu u Doks (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 25, 1: 69-84
- PAULIŠ P, ZEMAN P, ZEMAN V, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O, RADOŇ M (2018): Zeolitová mineralizace z Heřmanic u České Lípy (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 26, 2: 123-137
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, MALÍKOVÁ R, EKRT B, POUR O, FEDIUK F, JANEČEK O (2019) Zeolitová mineralizace ze Zaječího vrchu a Poustevny u Nového Boru (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 27, 2: 346-370
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, DOLNÍČEK Z, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2021) Böhmit a doprovodná zeolitová mineralizace ze Soutěsek u Děčína (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 29, 1: 164-177
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, DOLNÍČEK Z, POUR O, ČURDA M (2024) Fluorapofylit-(K) a doprovodná zeolitová mineralizace z vrchu Bukovina u Chřibské v Lužických horách (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 32(1): 1-7
- POUCHOU JL, PICHOT F (1985) "PAP" ($\phi\rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Micro-beam Analysis (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- SACERDOTI M, GOMEDI I (1984) Crystal structural refinement of Ca-exchanged barrerite. Bull Minéral 107(6): 799-804
- SEJKORA J, PAULIŠ P, DOLNÍČEK Z, PLÁŠIL J, ŠKODA R (2023) Zeolity z lomu Bernartice u Zruče nad Sázavou (Česká republika). Acta Mus Morav, Sci geol 108(2): 171-193
- TOMAN J, SEJKORA J, HOUZAR S (2014) Revize zeolitů v alpské parageně z historické lokality Oslavany (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 22(1): 46-55
- TVRÝ J, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, MALÍKOVÁ R (2023) Stellerit z Košťálova u Semil (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 32(2): 209-216
- YAKUBOVICH OV, MASSA W, GAVRILENKO PG, PEKOV IV (2005) Crystal structure of chabazite K. Kristallografiya 50, 4: 595-604
- YVON K, JEITSCHKO W, PARTHÉ E (1977) Lazy Pulverix, a computer program for calculation X-ray and neutron diffraction powder patterns. J Appl Cryst 10: 73-74