

<https://doi.org/10.46861/bmp.28.417>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Faujasit-Na a doprovodná zeolitová mineralizace z lokality Klučky u Polevska v Lužických horách (Česká republika)

Faujasit-Na and accompanying zeolite mineralization from the locality Klučky near Polevsko in the Lužické hory Mts. (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, LIBOR HRŮZEK³⁾, OLDŘICH JANEČEK⁴⁾, JIŘÍ SEJKORA²⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾, LUBOŠ VRTIŠKA²⁾, RADANA MALÍKOVÁ²⁾, ONDŘEJ POUR⁵⁾ A FERRY FEDIUK⁶⁾

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

⁴⁾Albrechtická 613, 434 01 Most

⁵⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

⁶⁾Na Petřínách 1897, 162 00 Praha 6

PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2020) Faujasit-Na a doprovodná zeolitová mineralizace z lokality Klučky u Polevska v Lužických horách (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(2): 417-436 ISSN 2570-7337

Abstract

Four new zeolite occurrences have been discovered in a forested, 3 km long ridge Klučky, composed of basaltic rocks and culminating in the 642 m high elevation of the same name NW of the Nový Bor town in the Lužické hory Mts. At the Wachstein locality, the first occurrence of the rare zeolite faujasite-Na in the Czech Republic was verified. It forms octahedral crystals up to 0.3 mm in size with common twins according to spinel law. The unit-cell parameter of faujasite-Na refined from the powder X-ray data is $a = 24.6775(9) \text{ \AA}$ and $V = 15028.1(9) \text{ \AA}^3$. Its chemical analyses correspond to the empirical formula $(\text{Na}_{1.43}\text{Ca}_{1.20}\text{K}_{0.44}\text{Mg}_{0.16})_{\Sigma 3.23}(\text{Al}_{3.33}\text{Si}_{8.36})\text{O}_{24} \cdot 15 \text{ H}_2\text{O}$. Besides to phillipsite and chabazite, frequent offretite, characterised by its extraordinary morphological variety, is present in all described localities. The unit-cell parameters of offretite refined from the powder X-ray data are: $a = 13.311(6)$, $c = 7.5934(6) \text{ \AA}$ and $V = 1165.2(5) \text{ \AA}^3$ (Wachstein) and $a = 13.310(5)$, $c = 7.5886(5) \text{ \AA}$ and $V = 1164.3(4) \text{ \AA}^3$ (Klučky - Stráž). Chemical analyses of offretite correspond to the empirical formula $\text{K}_{2.02}\text{Ca}_{1.31}\text{Mg}_{0.32}\text{Sr}_{0.09}(\text{Al}_{5.42}\text{Si}_{12.56})\text{O}_{36} \cdot 16 \text{ H}_2\text{O}$ (Wachstein) and $\text{Ca}_{1.48}\text{K}_{1.02}\text{Mg}_{0.59}\text{Na}_{0.10}\text{Sr}_{0.09}(\text{Al}_{5.56}\text{Si}_{12.52})\text{O}_{36} \cdot 16 \text{ H}_2\text{O}$ (Klučky - Stráž).

Key words: faujasite-Na, offretite, phillipsite-K, phillipsite-Ca, chabazite-K, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Klučky, Polevsko, Lužické hory Mts., Czech Republic

Obdrženo 21. 10. 2020; přijato 7. 12. 2020

Úvod

Mezi obcemi Prácheň u Kamenického Šenova (na západě), Polevsko a Arnultovice (na východě) probíhá ve směru ZJZ - VSV zalesněný, asi 3 km dlouhý vulkanický hřbet s několika vyvýšeninami (obr. 1). Nejvyšší bod s kótou 642 m n. m. se nazývá Klučky. Celý hřeben, včetně dalších kót, z nichž některé mají i své názvy a jiné jsou bezejmenné, je pak souhrnně nazýván právě podle nejvyššího bodu - Klučky. Od jihozápadu se návrší mírně zvedá z mělkého sedla u Kamenického Šenova. Prvním výrazným bodem je kóta 631 m n. m., místo nazývané U Obrázku. V současné době je zde výrazná telekomunikační věž. Poté se ještě hřeben mírně zvedá ke své vrcholové kótě Klučky (642 m n. m.). Při této kótě, severním směrem, se nachází zaniklý dvouetážový kamenolom. V bazaltovém lomu jsou patrné minimálně dva lávové proudy. Vrchní proud, zastížený horním patrem lomu, je tvořen vertikálně orientovanými sloupy olivnického bazaltu. Zdejší sloupce vynikají svou dokonalou odlučností a zejména několikanásobně větší šířkou opro-

ti známým sloupcům například z Panské skály. Poté, již ve své polovině, směrem na severovýchod, hřbet mírně klesá. V mělkém sedle, asi 500 m od vrcholu, se nachází zajímavý bazaltový výchoz. V těchto místech stojí starý trojhranný patník s letopočtem 1831 označující trojmezí tří panství, kamenického, sloupského a novozámeckého. Pracovně jsme toto místo v této práci nazvali Klučky - Trojmezí. Dalším bodem na hřebeni je bezejmenná skalnatá vyvýšenina s kótou 633 m n. m. Poté již svah nabírá přímý směr do údolí říčky Šporky, které tvoří přirozenou, geologickou a zeměpisnou hranici Českého středohoří a Lužických hor (celý hřbet však již náleží CHKO Lužické hory). V tomto strmějším probíhající svahu pak ještě nalezneme zajímavou kótu 574 m n. m. Wachstein (někdy Stráž, Strážný). Jde o výraznější bazaltový výchoz, při kterém jsou dochované kamenné základy a sklep dřevěného hostince z 20. let 20. století. A dále se níže nachází osada Klučky (náleží obci Polevsko) s dalším, poměrně rozsáhlým opuštěným kamenolomem. Po celém hřebetu Klučky můžeme objevit více než 100 přirozených výcho-

zů i umělých odkryvů. Vzácně zde bylo zjištěno několik výskytů zajímavější zeolitové mineralizace. Čtyřmi z nich se tato práce bude zabývat podrobněji, další budou zmíněny jen okrajově. Celý hřbet rozdělují katastry Kameňického Šenova, Pryska, Okrouhlé, Polevska a Nového Boru.

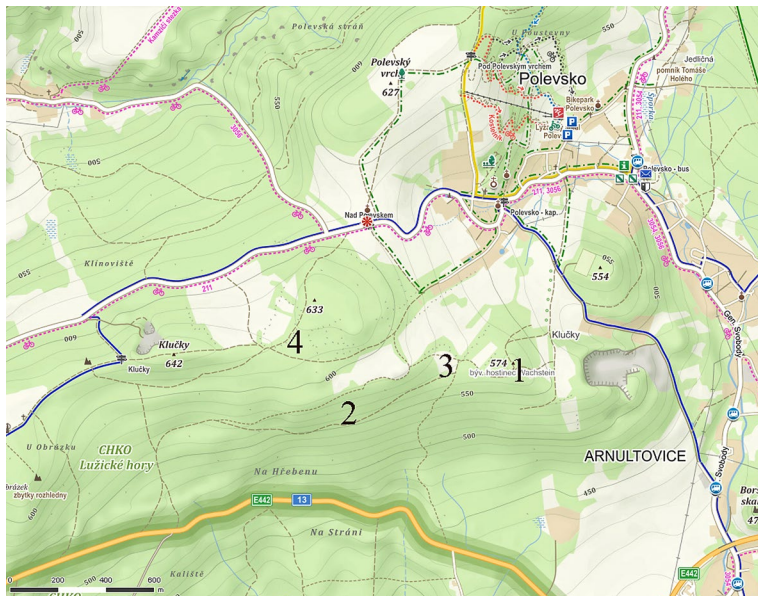
Vlastní naleziště Klučky tvoří čtyři dílčí lokality objevené a prozkoumané zejména druhým z autorů (LH) v letech 2018 - 2020. Dílčí lokality byly označeny jako Wachstein (1), Klučky - Stráň (2), Klučky - Parkoviště (3) a Trojmezí (4) (obr. 2). Wachstein je na katastru obce Polevsko, Klučky - Stráň a Klučky - Parkoviště jsou na katastru obce Okrouhlá a Trojmezí na styku katastrů Polevsko, Okrouhlá a Pysk. Jedná se ve všech případech o nově objevené lokality zeolitů, které odtud dosud nebyly studované. Nejbližšími lokalitami zeolitů jsou Zaječí vrch a Poustevna, které jsou vzdálené cca 4 - 5 km v., respektive sv. směrem (Pauliš et al. 2019).

Geologie a petrologie hřbetu Klučky

O některých zdejších terciérních vyvřelinách píše Wurm a Zimmerhackel (1882), Scheumann (1913), Wurm (1916) a Senger (1929). V historické literatuře jsou z lokality Klučky popisovány pouze vyrostlice olivínu, augitu a rhönitu. Zeolity jsou zmiňovány jen jako blíže neurčené bílé a žlutavé výplně drobných dutin ve vulkanitech a v tmelu pyroklastik. Geologií oblasti se nověji zabýval Shrbený (1963). Lokalitu představuje hřbet vulkano-genických hornin posazených na svrchně křídových sedimentech - pískovcích svrchního turonu a coniaaku. Hřbet budují příkrovy vulkanických hornin (spolu s žilami a komínovými brekciemi) a jejich podloží tvoří pyroklastika. Vulkanity příkrovů mají v celém hřbetu podobné složení, které Shrbený popisuje jako olivinický čedič. Svrchní partie jsou tvořeny sklovitým čedičem, někdy s obsahem rhönitu. Nově provedeným studiem výbrusů zdejších



Obr. 1 Celkový pohled na hřeben Klučků, pohled z České skály, foto L. Hružek.



Obr. 2 Plánek dílčích lokalit: 1 - Wachstein, 2 - Klučky - Stráň, 3 - Klučky - Parkoviště, 4 - Trojmezí; upraveno podle www.mapy.cz.

čedičových hornin (FF) byly vulkanity klasifikovány jako nefelinicko-analcimický bazanit. Pyroklastika, která jsou tvořena středně zrnitým až hrubozrným aglomerátem se zcela zjilovělou základní hmotou, dosahují mocnosti kolem 50 m, ojediněle až 80 m. V počátcích vulkanického vývoje území vyplnily širokou mělkou depresi ve svrchně křídové parovině kopírující dnešní údolí říčky Kamenice. Aglomerát je tvořený úlomky pevných tmavošedých vulkanitů, šedých až hnědých jílovitě zcela rozložených vulkanitů, silně porézních jílovitě navětralých vyvěřelin, zaoblenými zrny křemene, drobnými krystaly pyroxenu a olivínu. Úlomky a bloky vulkanitů mohou dosahovat velikosti 0.5 m až několik metrů. Tmel tvoří zeolity a reza-vo-červená celistvá hmota, částečně struskovitá hornina (Shrbený 1963).

Metodika výzkumu

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α 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, Bouchu 2011).

Chemické složení zeolitů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik J. Sejkora a Z. Dolníček) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku 2 μ m, standardy: baryt (BaL β), albit (NaK α), sanidin (SiK α , AlK α , KK α), rodonit (MnK α), diopsid (MgK α), apatit (PK α), hematit (FeK α), ZnO (ZnK α), celestín (SK α , SrL β), Cs sklo (CsK α), wollastonit (CaK α) a topaz (FK α). Obsahy Cs, Fe, Mg, Mn, P, S, Zn a F byly pod mezí detekce přístroje (cca 0.03 - 0.05 hm. %). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Ramanovo spektrum faujasitu-Na bylo pořízeno za pomoci disperzního spektrometru DXR (Thermo Scientific) spojeného s konfokálním mikroskopem Olympus (Národní muzeum Praha). Podmínky měření: zvětšení objek-

tivu 20 \times , použitý laser 633 nm, rozsah měření 45 - 1200 cm^{-1} , doba expozice 1800 s, výkon laseru 4 mW, apertura 50 μ m pinhole, velikost měřené stopy 1.6 μ m. Možné termické poškození měřených bodů sledované pomocí vizuální kontroly povrchu vzorku po měření a případných změn spektra v průběhu měření, nebylo zjištěno. Spektrometr byl kalibrován pomocí softwarově řízené procedury s využitím emisních linií neonu (kalibrace vlnočtu), Ramanových pásů polystyrénu (kalibrace frekvence laseru) a standardizovaného zdroje bílého světla (kalibrace intenzity). Získaná spektra byla zpracována pomocí programu Omnic 9 (Thermo Scientific).

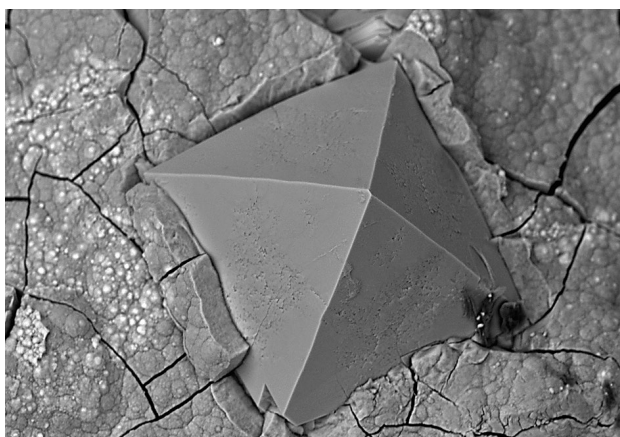
Charakteristika lokalit a jejich mineralizace

Lokalita Wachstein

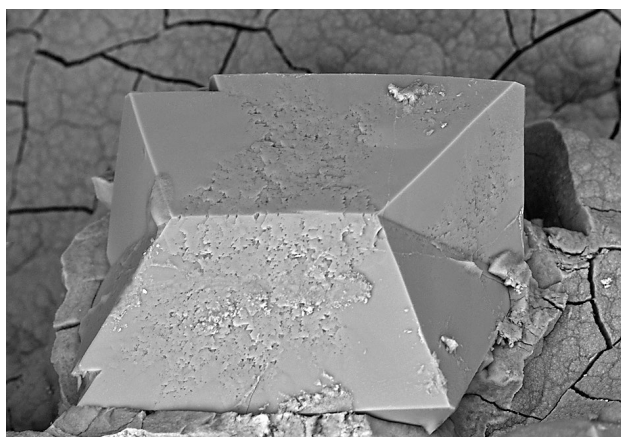
Lokalita se nachází ve východní části vulkanického hřbetu Klučky, východně od kóty 574 m n. m., nedaleko bývalého hostince Wachstein (GPS: 50°46'45.1" N; 14°31'50.1" E). Vlastní lokalitu tvoří drobný, několik metrů vysoký a asi 50 m dlouhý hřbet vulkanické horniny (obr. 3). Vulkanit je velmi hrubě sloupcový, rozpadlý do nepravidelných kusů s malým množstvím drobných dutin. Zajímavá zeolitová mineralizace byla zjištěna na dvou místech, z nichž významné je prakticky jen malé sedlo uprostřed hřbetu, kde se na ploše asi 2 m^2 nacházejí ve vulkanitu drobné dutiny s faujasitem-Na, offretitem, chabazitem-K a phillipsitem-K. Dutiny mají velmi nepravidelný tvar, jsou členité, ve vulkanitu řídce rozptýlené, jejich velikost obvykle dosahuje jen několika mm, vzácněji



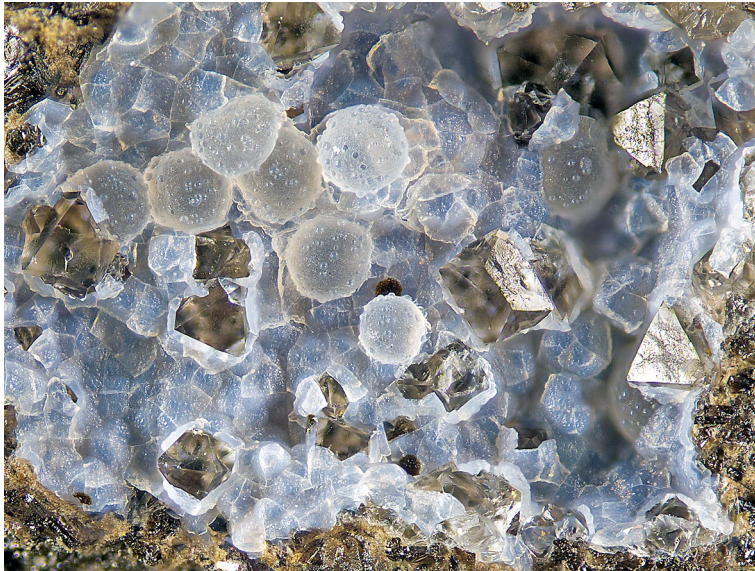
Obr. 3 Celkový pohled skalní výchoz na Wachsteinu, foto P. Pauliš, 2020.



Obr. 4 Oktaedrický krystal faujasitu-Na z Wachsteinu; šířka záběru 0.4 mm, BSE foto B. Ekrť.



Obr. 5 Krystalové dvojčce faujasitu-Na z Wachsteinu; šířka záběru 0.3 mm, BSE foto B. Ekrť.



Obr. 6 Charakteristická ukázka dutiny s faujasitem-Na a mladšími offretitem a jílovým minerálem z Wachsteinu; šířka záběru 2 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 7 Faujasit-Na z Wachsteinu; šířka záběru 2 mm, foto P. Fuchs.

se objevují dutiny o velikosti kolem 1 cm či větší. Vzorky upoutají svojí podobností s lokalitou Sasbach v Kaiserstuhlu (Německo), a to jak minerální asociací, jílovou podložkou, tak celkovým vzhledem dutin. Jen množství phillipsitu je na Wachsteinu menší a velikost dutin i krystalů faujasitu téměř o řád nižší.

Bazaltoidní hornina, ve které jsou drobné dutiny se zeolitovou výplní, je nahnědle tmavošedá až černošedá s nehojnými okrově až rezavě hnědými puklinovými povlaky. V extrémně jemnozrnné základní hmotě jsou řídkce vtroušené a nepřilíší nápadné bělavé fenokrysty o rozměrech kolem 1 mm, ojediněle až 2 mm. Dalším, rovněž nepřilíší výrazným makroprvkem, jsou nehojné oválné dutiny o velikosti do dvou mm, jejichž stěny mívají tenkou bílou minerální kůru. Zrnitost základní hmoty je výrazně pod hranicí makroskopické rozlišitelnosti. Horninová hmota se vyznačuje všesměrným uspořádáním postrádajícím jakékoliv projevy paralelní fluidálnosti. Ve výbruse pod mikroskopem výrazně vynikne porfyrická struktura horniny, která v makropohledu nápadná není. Porfyrické vyrostlice o úhrnném podílu přibližně 20 % celkového horninového objemu tvoří zhruba stejným podílem klinopyroxen a olivín, obojí v automorfním omezení. Pyroxen má zonální stavbu s úzkými nafialovělymi okraji a slabě nahnědlým vnitřkem. Není postížen ani magmatickou resorbci, ani druhotnými alteracemi. Naproti tomu vyrostlice olivínu jsou totálně iddingsitizovány. Dominantním minerálem základní hmoty je drobné sloupcovité až izometricky zrnité klinopyroxen. Se značným kvantitativním odstupem ho doplňují zrna magnetitu a lišty plagioklasu labradoritového složení. V základní hmotě se neobjevuje olivín, nebyl v ní zjištěn žádný foid a nevyskytuje se ani sopečné sklo. Struktura horniny je výrazně porfyrická s mikrokrystalickou strukturou základní hmoty, textura je všesměrná. Na základě mikroskopické-

Tabulka 1 Rentgenová prášková data faujasitu-Na z Wachsteinu

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	1	14.271	100	14.248	5	5	5	2.852	13	2.850	9	5	9	1.8052	1	1.8046
0	2	2	8.734	7	8.725	0	4	8	2.761	7	2.759	7	5	11	1.7680	1	1.7672
1	1	3	7.452	4	7.441	3	5	7	2.711	2	2.709	10	6	8	1.7463	4	1.7450
2	2	2	7.130	2	7.124	4	6	6	2.632	8	2.631	7	9	9	1.7000	2	1.6989
3	1	3	5.668	24	5.661	1	3	9	2.5891	2	2.5869	7	7	11	1.6676	<1	1.6676
2	2	4	4.999	5	5.037	4	4	8	2.5190	3	2.5186	12	4	8	1.6504	<1	1.6488
3	3	3	4.754	13	4.749	2	6	8	2.4217	1	2.4198	15	1	3	1.6069	<1	1.6098
0	4	4	4.367	17	4.362	6	6	6	2.3757	3	2.3746	9	9	9	1.5841	2	1.5831
3	1	5	4.168	1	4.171	7	5	7	2.2256	1	2.2251	0	0	16	1.5419	<1	1.5423
2	0	6	3.905	4	3.902	0	8	8	2.1829	5	2.1812	13	3	9	1.5347	1	1.5343
5	3	3	3.766	29	3.763	5	5	9	2.1510	1	2.1561	13	7	7	1.5109	<1	1.5102
4	4	4	3.566	1	3.562	9	3	7	2.0937	2	2.0931	12	8	8	1.4971	1	1.4963
5	1	5	3.459	3	3.456	4	8	8	2.0577	2	2.0565	0	12	12	1.4550	<1	1.4541
2	4	6	3.301	13	3.298	7	7	7	2.0354	<1	2.0354	7	11	11	1.4482	<1	1.4466
3	5	5	3.215	3	3.213	10	4	6	1.9964	<1	2.0016	10	10	10	1.4219	<1	1.4248
0	0	8	3.084	1	3.085	1	9	9	1.9291	<1	1.9329	1	9	15	1.4085	<1	1.4084
6	4	4	2.996	5	2.993	7	7	9	1.8456	1	1.8445	9	11	11	1.3727	<1	1.3731
0	6	6	2.911	9	2.908	2	6	12	1.8188	1	1.8193						

ho studia lze tuto horninu klasifikovat jako melanokratiní iddingsitizovaný olivinický bazalt.

Nejzajímavějším minerálem zjištěným na lokalitě je jednoznačně **faujasit-Na**, pro který je tato lokalita jeho prvním ověřeným výskytem v České republice. Faujasit uvedl do mineralogického systému Damour v roce 1842, který ho pojmenoval na počest francouzského mineraloga Barthelemy Faujase de Saint-Fonda (1741-1819). Krystaluje v kubické soustavě a oktaedr je jeho typickým a prakticky jediným krystalovým tvarem. Na všech známých lokalitách vytváří běžně dvojčata srůstající

podle tzv. spinelového zákona. Vyskytuje se v podobě jen velice drobných, bezbarvých až bělavých, ale i nažloutlých, skelně lesklých krystalů dobře štěpných podle {111}. Krystaly dosahují velikosti do 1 mm, obvykle jsou ale menší (0.1 až 0.3 mm). Větší, dosahující 2 až 3 mm, se nacházejí pouze na jeho nejbohatší lokalitě v pohorí Kaiserstuhl v německém Bádensku - na vrchu Limberg u Sasbachu.

V kationtu faujasitů se běžně objevuje sodík, vápník a hořčík, vzácnější je draslík, ve velmi malém množství i stroncium. Podle klasifikace zeolitů (Coombes et al. 1997)

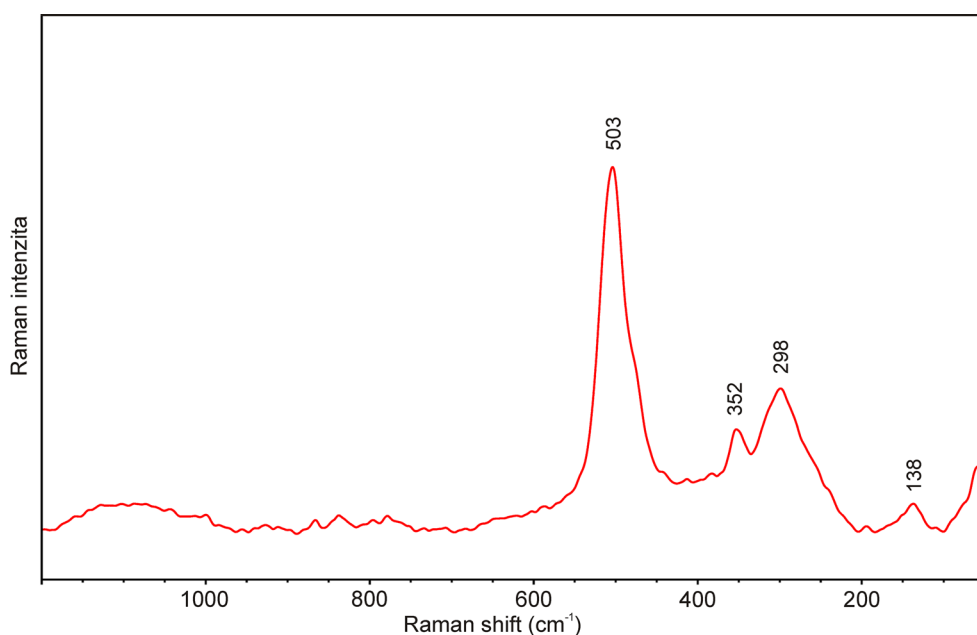
Tabulka 2 Parametry základní cely faujasitu (pro kubickou prostorovou grupu $Fd-3m$)

	Wachstein	Halloran Spring Quadrangle
	tato práce	Wise (1982)
a [Å]	24.6775(9)	24.638(3)
V [Å ³]	15028.1(9)	14956

Tabulka 3 Chemické složení faujasitu-Na z Wachsteinu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	53.78	55.61	56.10	55.08	48.82	52.47	53.09	55.32
Al ₂ O ₃	18.31	18.93	18.81	19.37	16.51	17.40	18.60	18.53
MgO	0.57	0.58	0.59	0.49	0.62	0.60	0.50	0.62
CaO	6.69	7.13	7.04	7.04	6.52	6.37	6.45	6.28
K ₂ O	1.62	1.77	1.23	1.62	2.01	1.06	1.94	1.73
Na ₂ O	4.68	4.53	4.14	5.18	4.32	3.82	5.76	5.00
H ₂ O	28.77	29.74	29.73	29.75	26.27	27.70	28.77	29.42
total	114.42	118.29	117.64	118.53	105.07	109.42	115.11	116.90
Si ⁴⁺	8.408	8.409	8.485	8.327	8.357	8.520	8.298	8.456
Al ³⁺	3.374	3.375	3.353	3.452	3.330	3.331	3.426	3.337
Mg ²⁺	0.132	0.131	0.133	0.111	0.158	0.145	0.116	0.141
Ca ²⁺	1.121	1.155	1.141	1.140	1.195	1.108	1.080	1.029
K ⁺	0.323	0.342	0.238	0.312	0.438	0.220	0.387	0.338
Na ⁺	1.418	1.328	1.214	1.519	1.434	1.202	1.745	1.452
ΣMg+Ca+K+Na	2.994	2.956	2.726	3.082	3.225	2.675	3.328	2.990
H ₂ O	15	15	15	15	15	15	15	15
T _{Si}	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.71	0.72

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 24 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 15 H₂O.



Obr. 8 Ramanovo spektrum faujasitu-Na z Wachsteinu.

se na základě převažujícího kationtu jako samostatné minerály uznávají faujasit-Na, faujasit-Ca a faujasit-Mg. První dva se vyskytují běžně, faujasit-Mg je vzácný. Typovou lokalitou faujasitu-Na a faujasitu-Mg je výše uvedení Sasbach v pohoří Kaiserstuhl, přičemž faujasit-Mg byl stanoven na základě mikroanalýzy „starého vzorku“ ze Sasbachu uloženého ve sbírce Pennsylvania State University (Genth Collection). Typovou lokalitou faujasitu-Ca

je Haselborn v pohoří Vogelsberg v německém Hessensku, vzorky pocházejí z vrtného jádra.

Problémem faujasitu je značně proměnlivé chemické složení jeho krystalů nejen v rámci jedné lokality, ale i jediné dutiny, což dokládá Rinaldi et al. (1975) právě na příkladu lokality Sasbach. Zde se zřejmě vyskytují všechny tři druhy faujasitu, včetně faujasitu bohatého draslíkem, přičemž makroskopicky i mikroskopicky je nelze nijak odli-

Tabulka 4 Rentgenová prášková data offretitu z Wachsteinu

<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	1	0	11.577	83	11.528	0	2	2	3.179	6	3.171	3	4	0	1.8955	2	1.8952
0	0	1	7.580	6	7.593	1	3	1	2.950	3	2.947	2	5	0	1.8459	5	1.8460
1	1	0	6.660	74	6.656	1	2	2	2.861	43	2.862	1	4	3	1.7825	4	1.7843
0	1	1	6.345	7	6.341	0	4	1	2.686	12	2.694	1	6	0	1.7593	1	1.7580
0	2	0	5.765	39	5.764	0	0	3	2.5367	2	2.5311	0	6	2	1.7125	4	1.7143
0	2	1	4.583	14	4.591	1	4	0	2.5162	32	2.5156	4	4	0	1.6649	20	1.6639
1	2	0	4.359	100	4.357	2	3	1	2.4966	13	2.4976	2	6	0	1.5958	7	1.5986
0	3	0	3.843	60	3.843	0	5	0	2.3049	1	2.3056	2	6	1	1.5649	2	1.5644
1	2	1	3.779	65	3.779	3	3	0	2.2186	22	2.2186	1	4	4	1.5159	<1	1.5153
0	1	2	3.600	15	3.606	3	3	1	2.1304	5	2.1295	4	5	0	1.4761	1	1.4760
0	3	1	3.430	5	3.429	2	4	1	2.0936	4	2.0941	3	3	4	1.4419	1	1.4424
2	2	0	3.329	31	3.328	1	5	1	1.9980	4	1.9976	4	4	3	1.3902	1	1.3904
1	3	0	3.200	7	3.197	0	5	2	1.9707	1	1.9707	4	5	2	1.3758	2	1.3757

Tabulka 5 Parametry základní cely offretitu (pro hexagonální prostorovou grupu *P-6m2*)

		<i>a</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
Wachstein	tato práce	13.311(6)	7.5934(6)	1165.2(5)
Stráň	tato práce	13.310(5)	7.5886(5)	1164.3(4)
Poustevna	Pauliš et al. (2019)	13.312(5)	7.5907(5)	1164.9(6)
Zaječí vrch	Pauliš et al. (2019)	13.304(5)	7.5998(4)	1164.9(7)
Mt. Semiol	Gualtieri et al. (1998)	13.293(2)	7.608(1)	1164.25
Kluček	Pauliš et al. (2018a)	13.302(5)	7.5904(12)	1163.1(6)
Okřešice	Pauliš et al. (2017a)	13.297(8)	7.6008(4)	1163.9(8)
Nový Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	13.295(6)	7.6133(4)	1165.4(6)
Vrbíčka	Pauliš et al. (2013)	13.261(7)	7.559(1)	1151.5(1)

Tabulka 6 Chemické složení offretitu z Wachsteinu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	53.10	52.12	52.75	53.44	51.87	53.98	54.40
Al ₂ O ₃	19.44	19.46	19.80	19.10	19.73	19.50	19.04
MgO	0.93	1.16	1.00	0.88	0.97	0.69	0.86
CaO	5.16	4.78	5.12	5.14	5.18	5.48	5.28
SrO	0.65	0.58	0.56	0.54	0.43	0.92	0.85
K ₂ O	6.70	8.02	7.31	5.77	7.85	6.08	5.18
H ₂ O	20.27	20.11	20.32	20.18	20.11	20.49	20.42
total	106.25	106.23	106.86	105.05	106.14	107.14	106.03
Si ⁴⁺	12.564	12.430	12.455	12.702	12.376	12.640	12.783
Al ³⁺	5.423	5.471	5.510	5.350	5.548	5.383	5.272
Mg ²⁺	0.328	0.413	0.352	0.311	0.345	0.241	0.301
Ca ²⁺	1.308	1.221	1.295	1.310	1.325	1.375	1.329
Sr ²⁺	0.089	0.080	0.077	0.074	0.059	0.125	0.116
K ⁺	2.022	2.490	2.202	1.748	2.388	1.815	1.553
ΣMg+Ca+Sr+K	3.747	4.204	3.926	3.443	4.117	3.556	3.299
H ₂ O	16	16	16	16	16	16	16
T _{Si}	0.70	0.69	0.69	0.70	0.69	0.70	0.71

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 36 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 16 H₂O.

šit. Obsahy Na, Ca, Mg i K vzájemně značně kolísají. Obecně lze faujasity ze Sasbachu označovat za faujasity-Na (Weisenberger, Spürgin 2009). Gottardi, Galli (1985) uvádějí, že chemismus faujasitů je tak variabilní, že může být někdy dost daleko („sometimes quite far“) od svého teoretického vzorce.

Faujasit patří mezi vzácnější zeolity, v literatuře a na internetu je možno dohledat kolem 40 lokalit v 15 státech a jejich zámořských územích. Nejrozsáhlejší, ale zdaleka ne úplný výčet lokalit lze nalézt na stránkách www.mindat.org. Starší sběry shrnuje Tschernich (1992). Z řady lokalit není známé jeho chemické složení, na některých byl určen pouze makroskopicky. Faujasit je jistě rozšířen v daleko větším množství, díky svým malým rozměrům ovšem často uniká pozornosti. Geneticky se faujasit na naprosté většině lokalit objevuje spolu s dalšími zeolity (hlavně chabazitem, phillipsitem a offretitem) v dutinkách mladých (terciér, kvartér) bazaltoidních hornin. V Kanadě byl ale zjištěn i v masívu alkalických vyvěřelých hornin v Mont Saint Hillaire, na žilách v prekambriických metapyroxenitech v Ontariu a spolu s fluoritem je uváděn z pyroxenitu v dole na slídu Daisy Mica Mine v Quebecu. Ve starší literatuře je uváděn i z masívu St. Gotthard ve Švýcarsku. Diagenetický faujasit v mikrokrytalické formě se vyskytuje v hydrotermálně alterovaných tufech na Blízkém východu, Arabském poloostrově a Havajských ostrovech.

V České republice byl výskyt faujasitu uváděn ze známé zeolitové lokality Dobrná u Děčína. Na přednášce, v rámci 2. semináře České zeolitové skupiny 31. 5. 1997 v Turnově, R. Rychlý uvedl, že „Při revizi asi 2 mm čirých skelných krystalů z dutin bazaltické horniny z lokality Dobrná u Děčína byl pomocí rtg. difrakční analýzy identifikován faujasit“ (Rychlý, Tschernich 1997, 1998). Bohužel, jediný vzorek již nežijícího sběratele J. Barty z Děčína, ani rentgenový záznam se autorům nepodařilo dohledat. Výskyt faujasitu tak považujeme za sporný a neprokázaný, zvláště když se v Dobrně běžně vyskytuje tvarově podobný gismondin. Faujasit je též uveden bez bližších charakteristik z Podhorního vrchu u Mariánských Lázní s odkazem na muzejní sbírky (Kratochvíl 1962). Jde o čtyři vzorky z této lokality, které jsou uloženy ve sbírkách Národního muzea v Praze pod označením faujasit. Prohlídkou vzorků bylo zjištěno, že jde o záměnu za vcelku běžné izometrické krystaly phillipsitu. Obě údajné české lokality faujasitu lze tedy považovat za problematické.

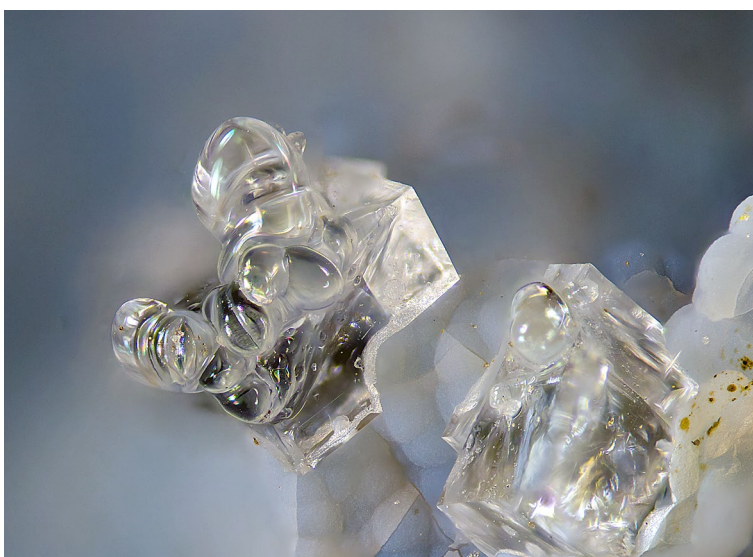
Faujasit-Na tvoří na Wachsteinu charakteristické oktaedrické krystaly (obr. 4) velikosti jen do 0.2 mm, vzácněji 0.3 mm, ne větší. Běžně tvoří i dvojčata podle spinelového zákona (obr. 5), a to i vícečetná. Krystaly jsou bezbarvé, průhledné, skelně lesklé, někdy matné. V drobných dutinách mají tmavý



Obr. 9 Nárůsty offretitu na chabazitu z Wachsteinu; šířka záběru 2 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 10 Offretit narůstající na chabazit z Wachsteinu; šířka záběru 1.8 mm, foto P. Fuchs.



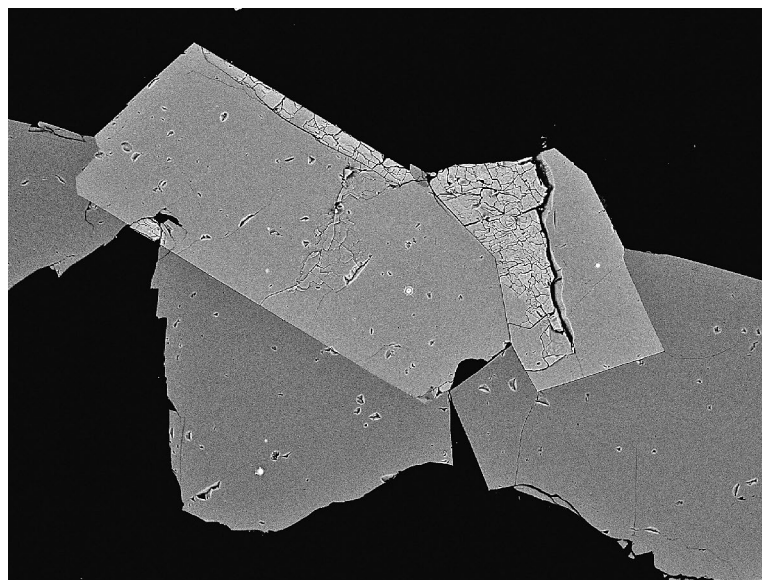
Obr. 11 Hyalit pokrývající krystal chabazitu z Wachsteinu; šířka záběru 2 mm, foto P. Fuchs.

Tabulka 7 Rentgenová prášková data chabazitu-K z Wachsteinu

<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>
1	0	1	9.336	89	9.363	2	3	2	2.5731	7	2.5793	3	2	7	1.6902	2	1.6913
1	1	0	6.918	8	6.911	1	3	4	2.4916	22	2.4877	3	4	5	1.6481	2	1.6463
0	1	2	6.333	2	6.364	1	1	6	2.3558	1	2.3546	1	6	4	1.6458	4	1.6419
0	2	1	5.546	12	5.560	4	0	4	2.3433	5	2.3407	7	1	0	1.5811	2	1.5855
0	0	3	4.974	33	5.009	3	3	0	2.3092	2	2.3037	3	5	4	1.5551	6	1.5564
2	0	2	4.662	7	4.681	3	1	5	2.2279	<1	2.2280	5	2	6	1.5229	2	1.5221
2	1	1	4.325	100	4.332	4	2	2	2.1652	1	2.1661	6	2	4	1.5185	1	1.5183
1	1	3	4.034	4	4.056	3	0	6	2.1245	<1	2.1212	7	1	3	1.5139	2	1.5116
3	0	0	3.982	3	3.990	1	0	7	2.1103	<1	2.1130	5	3	5	1.4854	1	1.4863
1	2	2	3.862	22	3.876	3	3	3	2.0877	6	2.0929	5	0	8	1.4799	1	1.4778
1	0	4	3.562	33	3.584	1	5	2	2.0629	1	2.0670	8	0	2	1.4718	<1	1.4675
2	2	0	3.462	4	3.456	6	0	0	1.9910	<1	1.9950	2	6	5	1.4539	<1	1.4531
1	3	1	3.240	4	3.242	5	2	0	1.9141	2	1.9168	4	2	8	1.4472	4	1.4451
0	2	4	3.187	1	3.182	5	1	4	1.8671	6	1.8660	5	4	4	1.4189	2	1.4191
3	0	3	3.099	<1	3.121	4	1	6	1.8083	2	1.8078	1	5	8	1.4145	2	1.4145
4	0	1	2.930	75	2.935	1	3	7	1.8011	10	1.8027	8	1	1	1.3968	1	1.3950
2	1	4	2.893	34	2.890	2	0	8	1.7916	1	1.7922	0	8	4	1.3879	<1	1.3901
2	2	3	2.835	4	2.844	6	1	2	1.7713	2	1.7738	2	7	4	1.3629	1	1.3628
3	2	1	2.696	1	2.701	4	4	0	1.7272	3	1.7278	3	4	8	1.3599	1	1.3587
4	1	0	2.607	9	2.612	3	3	6	1.6962	1	1.6955						

Tabulka 8 Parametry základní cely chabazitu (pro trigonální prostorovou grupu R-3m)

			<i>a</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
chabazit-K	Wachstein	tato práce	13.822(5)	15.0268(5)	2486.2(9)
chabazit-K	Stráž	tato práce	13.817(6)	15.0389(5)	2483.4(8)
chabazit-Ca	Poustevna	Pauliš et al. (2019)	13.8088(4)	15.0395(3)	2482.5(7)
chabazit	Zaječí vrch	Pauliš et al. (2019)	13.819(6)	15.0186(3)	2483.7(8)
chabazit-Ca	Heřmanice	Pauliš et al. (2018b)	13.814(5)	15.0449(3)	2486.3(9)
chabazit-Ca	Chibiny	Yakubovich et al. (2005)	13.831(3)	15.023(5)	2488.83
chabazit-Ca	Kluček	Pauliš et al. (2018a)	13.825(5)	15.0289(2)	2487.6(8)
chabazit-Ca	Tachov	Pauliš et al. (2017b)	13.833(8)	15.0213(3)	2490(1)
chabazit-Ca	Svor	Pauliš et al. (2016b)	13.826(6)	15.0196(3)	2486(1)
chabazit-Ca	Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	13.820(7)	15.0364(8)	2487.1(9)
chabazit-K	Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	13.832(8)	15.0265(6)	2489(1)
chabazit-Ca	Hackenberg	Pauliš et al. (2014)	13.837(6)	15.0073(4)	2488(1)
chabazit-Ca	Jehla	Pauliš et al. (2015)	13.820(6)	15.0226(4)	2484.9(1)



Obr. 12 Srůst krystalů chabazitu-K z Wachsteinu (světlejší s minoritními obsahy Ba); šířka záběru 1 mm, BSE foto J. Sejkora.

kouřový odstín, který velmi znesnadňuje jejich hledání a který je způsobený prosvětáním černošedě zbarvených stěn dutin, na které krystaly přímo nasedají. Faujasit bývá pokryt drobnými snopkovitými a polokulovitými agregáty mladšího offretitu. Ve většině dutin je pouze jediný krystal faujasitu nebo jich je jen několik. Větší počet (desítky krystalů) je velmi vzácný. Faujasit se v dutinách objevuje pouze v asociaci s offretitem a blíže neurčeným amorfním jílovým minerálem (obr. 6). Ten porůstá stěny dutin v podobě jemného, tmavě modrého filmu (u menších dutin) nebo namodralé, nahnědlé, šedivé polygonálně rozpraskané krusty (obr. 7). Ta je mladší než faujasit, protože jej zcela pokrývá. Stejně jako u vzorků ze Sasbachu ji lze opatrně z krystalů faujasitu odstranit. Někdy do dutin vystupují z horniny droboučké tabulkové krystaly černého pyroxenu (augitu), obrostlé jílovou krustou, což je též ze Sasbachu známé. Dutiny s faujasitem se objevují v hornině hnězdovitě, je jich často několik pohromadě.

Rentgenová prášková data faujasitu-Na z Wachsteinu (tab. 1) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely (tab. 2) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Mg, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec faujasitu-Na (průměr sedmi bodových analýz) je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $(\text{Na}_{1.43}\text{Ca}_{1.20}\text{K}_{0.44}\text{Mg}_{0.16})_{\Sigma 3.23}(\text{Al}_{3.33}\text{Si}_{8.36})\text{O}_{24} \cdot 15 \text{H}_2\text{O}$. Oproti faujasitu-Na z klasické lokality Sasbach obsahuje zvýšený podíl CaO, K₂O a podstatně menší podíl MgO. Zvýšené sumy chemických analýz (tab. 3) při započtení teoretického obsahu molekulární vody (15 H₂O) jsou patrně způsobeny dehydratací studovaného materiálu ve vakuu elektronového mikroskopu. Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.71$ tohoto faujasitu-Na je ve spodní části rozmezí uváděného pro faujasit-Na (Coombs et al. 1997). Ramanovo spektrum faujasitu-Na z Wachsteinu (obr. 8), dobře odpovídá spektrům pro faujasit-Ca a -Mg obsaženým v databázi RRUFF (www.ruff.info).

Mnohem hojnějším zeolitem než faujasit je na Wachsteinu **offretit**, který bývá často v dutinách vedle jílového minerálu jediným nerostem. Nejčastěji vytváří bezbarvé či šedivé, snopečkové, polokulovité i hříbečkové agregáty s jemně vláknitou, radiálně paprscitou stavbou, někdy s hladkým čistým povrchem, častěji s matným, jemně roztrpeným, jakoby „namrzlým“ povrchem. Průměr rozměrů agregátů offretitu se pohybuje mezi 0.2 - 0.3 mm. Agregáty se v dutinách vyskytují jednotlivě nebo mohou na sebe i narůstat a vytvářet nepatrné krápníky; místy tvoří souvislou ledvinitou kůru. Někdy ze souvislé krusty offretitu, obvykle s hladkým lesklým povrchem, vyčnívají jednotlivé šestiboké jehličky až 1 mm dlouhé. Jílová krusta nikdy agregáty offretitu neporůstá, ale vzácně může mladší generace jílového minerálu

vytvořit na konci větších sloupečků offretitu drobnou kuličku. Toto bylo pozorováno na řadě lokalit v Českém středohoří i Lužických horách. Offretit obrůstá klence chabazitu, vzácně i fakolitu, a to v podobě jemného matného filmu (pravděpodobně epitaxní nárůst) (obr. 9) nebo i jako souvislé vrstvy z kolmo uspořádaných vláken, která nemá charakter epitaxního nárůstu. Tato vrstva plynule obrůstá a zaobluje i hrany klenců chabazitu (obr. 10).

Rentgenová prášková data offretitu z Wachsteinu (tab. 4) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 5 porovnány s publikovanými údaji. V BSE obraze je studovaný

Tabulka 9 Chemické složení Sr-bohatšího chabazitu-K z Wachsteinu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	51.53	51.97	49.33	51.79	51.89	52.66
Al ₂ O ₃	16.66	16.64	16.27	16.89	17.08	16.44
MgO	1.62	1.52	1.13	1.89	1.76	1.78
CaO	4.48	4.83	5.30	3.38	4.01	4.86
SrO	0.28	0.35	0.58	0.15	0.26	0.05
K ₂ O	9.12	8.97	6.73	10.35	9.92	6.64
H ₂ O	21.85	21.99	21.19	21.97	22.09	21.97
total	105.54	106.27	103.53	106.42	107.01	104.40
Si ⁴⁺	8.487	8.500	8.377	8.479	8.453	8.626
Al ³⁺	3.234	3.208	3.257	3.258	3.278	3.173
Mg ²⁺	0.398	0.371	0.286	0.461	0.428	0.435
Ca ²⁺	0.791	0.846	0.964	0.593	0.699	0.853
Sr ²⁺	0.027	0.033	0.057	0.015	0.024	0.005
K ⁺	1.916	1.871	2.108	2.162	2.061	1.388
ΣMg+Ca+Sr+K	3.132	3.121	3.415	3.231	3.212	2.681
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.72	0.73	0.72	0.72	0.72	0.73

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 24 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

Tabulka 10 Chemické složení Ba-bohatšího chabazitu-K z Wachsteinu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	49.45	48.67	49.19	50.87	49.48	49.06
Al ₂ O ₃	18.75	18.16	18.35	19.14	19.25	18.87
CaO	5.27	5.05	5.05	5.34	5.48	5.27
BaO	0.71	0.63	0.85	0.64	0.79	0.64
K ₂ O	12.55	13.76	13.11	10.42	12.52	12.96
Na ₂ O	0.61	0.56	0.44	0.60	0.78	0.67
H ₂ O	21.97	21.66	21.82	22.30	22.18	21.93
total	109.31	108.49	108.96	109.31	110.48	109.40
Si ⁴⁺	8.097	8.088	8.112	8.205	8.027	8.048
Al ³⁺	3.618	3.557	3.567	3.638	3.681	3.649
Ca ²⁺	0.925	0.899	0.919	0.923	0.952	0.927
Ba ²⁺	0.045	0.041	0.054	0.041	0.051	0.041
K ⁺	2.621	2.918	2.759	2.144	2.591	2.726
Na ⁺	0.193	0.180	0.141	0.188	0.246	0.213
ΣCa+Ba+K+Na	3.784	4.038	3.873	3.296	3.840	3.907
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 24 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 6) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Mg, Sr a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec offretitu (průměr šesti bodových analýz) je na bázi 36 kyslíků možno vyjádřit jako $K_{2.02}Ca_{1.31}Mg_{0.32}Sr_{0.09}(Al_{5.42}Si_{12.56})O_{36} \cdot 16 H_2O$. Vedle K, Ca a Mg byl v kationtové části molekuly zdejšího offretitu zjištěn zvýšený obsah Sr (0.06 - 0.13 *apfu*). Zvýšené obsahy Sr mají též offretity ze Sasbachu v Německu (Passaglia et al. 1998) nebo z Poustevny u Nového Boru (Pauliš et al. 2019). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.70$ studovaného offretitu je ve spodní části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Chabazit-K vytváří na Wachsteinu čiré, skelně lesklé klencové krystaly o velikosti 1 - 2 mm, na trhlinách vulkanitu až 4 mm. Často ve větších dutinách narůstá jako jediný zeolit na bělavou jílovou krustu. V některých dutinách mají jeho klencové krystaly výrazně „tabulkovitý“ tvar. Často ho pokrývá čirý opál (obr. 11).

Rentgenová prášková data chabazitu-K z Wachsteinu (tab. 7) jsou blízka datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit (tab. 8). V BSE obraze (obr. 12) byly rozlišeny dva typy chabazitu-K, které se liší minoritními obsahy Sr či Ba. Při studiu chemického složení chabazitu-K s obsahem Sr byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Mg, Sr a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec tohoto chabazitu-K (tab. 9) (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $(K_{1.92}Ca_{0.79}Mg_{0.40}Sr_{0.03})_{\Sigma 3.14}(Al_{3.24}Si_{8.49}O_{24}) \cdot 12 H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.72$ tohoto chabazitu je při horní hranici rozmezí chabazitu-K (Coombs et al. 1997). Ve druhém chabazitu-K s obsahy Ba byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Ba, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec tohoto chabazitu-K (tab. 10) (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $(K_{2.62}Ca_{0.93}Ba_{0.05}Na_{0.19})_{\Sigma 3.79}(Al_{3.62}Si_{8.10}O_{24}) \cdot 12 H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/$

Tabulka 11 Rentgenová prášková data phillipsitu-K z Wachsteinu

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
-1	0	0	8.149	11	8.137	2	4	0	2.687	17	2.687	0	8	1	1.7356	<1	1.7362
0	2	0	7.152	51	7.158	-3	3	2	2.676	10	2.674	-5	4	2	1.7209	3	1.7223
-1	1	1	7.122	55	7.105	1	2	2	2.5677	1	2.5671	4	0	1	1.7155	2	1.7159
0	1	1	6.388	32	6.409	3	2	0	2.5345	1	2.5365	2	0	3	1.6810	4	1.6822
1	2	0	5.347	4	5.375	-4	0	2	2.4823	1	2.4814	4	2	1	1.6696	<1	1.6686
0	2	1	5.041	16	5.065	-4	1	2	2.4440	<1	2.4449	-6	0	3	1.6557	4	1.6543
-2	0	1	4.967	15	4.963	-1	3	3	2.3879	5	2.3884	2	8	0	1.6380	2	1.6380
-2	1	1	4.685	1	4.689	-3	3	3	2.3734	1	2.3682	5	1	0	1.6168	1	1.6171
1	0	1	4.298	10	4.295	3	3	0	2.3618	<1	2.3581	-6	2	3	1.6122	<1	1.6118
1	1	1	4.114	21	4.114	-4	1	1	2.3113	1	2.3098	-6	1	2	1.5987	1	1.5997
-2	2	1	4.073	10	4.078	2	4	1	2.2495	1	2.2518	-2	3	5	1.5928	1	1.5919
2	0	0	4.066	7	4.069	-4	2	1	2.2260	2	2.2246	1	1	4	1.5621	<1	1.5618
-2	1	2	3.925	2	3.934	3	4	0	2.1623	1	2.1618	-5	5	4	1.5449	2	1.5462
1	2	1	3.681	2	3.683	-2	0	4	2.1581	1	2.1578	-4	7	3	1.5434	3	1.5425
0	1	2	3.469	3	3.477	2	1	2	2.1279	<1	2.1239	-6	3	4	1.5296	<1	1.5289
-3	0	2	3.223	8	3.228	2	2	2	2.0551	2	2.0571	-2	7	4	1.4844	2	1.4844
-1	3	2	3.197	100	3.201	3	5	0	1.9706	4	1.9691	-6	4	4	1.4701	1	1.4713
-3	1	2	3.147	23	3.149	-4	4	3	1.9640	5	1.9639	4	0	2	1.4487	<1	1.4486
2	3	0	3.092	<1	3.096	-5	2	3	1.8971	1	1.8975	0	1	5	1.4263	1	1.4264
-3	2	1	2.937	13	2.936	2	7	0	1.8279	3	1.8273	-5	2	6	1.4018	1	1.4020
2	0	1	2.896	2	2.897	-3	6	3	1.7950	2	1.7959	-7	2	4	1.3853	1	1.3852
1	0	2	2.752	5	2.750	0	8	0	1.7903	6	1.7895	-3	8	4	1.3818	2	1.3814
1	1	2	2.701	13	2.701	-5	2	4	1.7804	3	1.7795	-5	7	4	1.3670	1	1.3667
-2	4	2	2.694	8	2.694	-5	2	1	1.7717	8	1.7723	-6	6	3	1.3595	<1	1.3595

Tabulka 12 Parametry základní cely phillipsitu (pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/m$)

			<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β [°]	<i>V</i> [Å ³]
phillipsit-K	Wachstein	tato práce	9.926(3)	14.316(3)	8.763(2)	124.93(1)	1018.5(4)
phillipsit	Stráň	tato práce	9.922(2)	14.315(3)	8.740(2)	124.92(8)	1017.9(4)
phillipsit-Ca	Poustevna	Pauliš et al. (2019)	9.9206(19)	14.315(3)	8.7387(19)	124.92(6)	1017.5(4)
Phillipsit-Ca	Zaječí vrch	Pauliš et al. (2019)	9.9226(19)	14.314(3)	8.7396(17)	124.92(5)	1017.8(4)
phillipsit-Ca	Heřmanice	Pauliš et al. (2018b)	9.922(19)	14.314(4)	8.742(18)	124.91(3)	1018.0(4)
phillipsit-K	Svor	Pauliš et al. (2016b)	9.924(2)	14.315(3)	8.742(2)	124.93(7)	1018.2(4)
phillipsit-K	Vrbička	Pauliš et al. (2013)	9.919(3)	14.314(3)	8.740(3)	124.93(1)	1017.5(6)
phillipsit-K	Nový Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	9.925(1)	14.312(3)	8.740(2)	124.92(3)	1018.0(3)
phillipsit-Ca	Nový Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	9.922(1)	14.313(3)	8.743(2)	124.91(2)	1018.1(3)
phillipsit		Gatta et al. (2009)	9.9238(6)	14.3145(5)	8.7416(5)	124.920(9)	1018.2
phillipsit-Ca	Jehla	Pauliš et al. (2015)	9.924(2)	14.321(4)	8.737(2)	124.92(3)	1017.4(4)
phillipsit-K	Hackenberg	Pauliš et al. (2014)	9.917(4)	14.314(8)	8.737(4)	124.92(0)	1016.9(9)

(Si+Al) = 0.69 tohoto chabazitu se nachází též v horní hranici rozmezí uváděného pro chabazit-K (Coombs et al. 1997).

Phillipsit-K je na Wachsteinu vzácnější, tvoří drobné bezbarvé sloupečkovité krystaly o velikosti do 1 mm a polokulovitě agregáty o průměru do 2 mm, vystupující v asociaci s offretitem a chabazitem-K.

Rentgenová prášková data phillipsitu-K z Wachsteinu (tab. 11) jsou blízka datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 12 porovnány s publikovanými údaji. V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Ba, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec tohoto phillipsitu-K (tab. 13; průměr pěti bodových analýz) je možné vyjádřit jako $(K_{3.06}Ca_{1.06}Na_{0.17}Ba_{0.04})_{\Sigma 4.32}(Al_{4.98}Si_{10.91}O_{32}) \cdot 12 H_2O$. Obsah Ca je oproti K zhruba třetinový, Ba je obsaženo ve velmi nízké koncentraci (0.03 - 0.06 *apfu*). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.69$ tohoto phillipsitu je ve střední části uváděného rozmezí (Coombs et al. 1997).

Lokalita Klučky - Stráň

Lokalita Klučky - Stráň se nachází na strmém svahu jihovýchodně od vrcholu Klučky, těsně nad udržovanou makadamovou lesní cestou (GPS: 50°46'39.88" N; 14°31'10.52" E). Celý svah je tvořen pyroklastiky, místy s velice hojným, jemně krystalovaným offretitem ve tmelu (obr. 13, 14).

Vedle pyroklastik jsou ve výchozech přítomny bazaltické horniny narudle tmavohnědé barvy, kterým výrazná dutinatost propůjčuje klamný „melafyrový“ vzhled. Dutiny o délce až přes 10 mm jsou silně protáhlé a subparalelně orientované. Objevově zaujímají téměř čtvrtinu horniny. Místy obsahují na svých stěnách modravé bílé minerální povlaky. Vlastní hmota horniny je jen velmi slabě porfyrická, sporadické a špatně makroskopicky zřetelné vyrostlice v ní dosahují rozměru maximálně 0.5 mm. Všeměrná, magmatickou fluidálností nepostižená základní hmota má zrnitost značně pod prahem makroskopické rozlišitelnosti. Mikroskopický obraz této horniny potvrzuje její slabou porfyričnost. Drobné vyrostlice klinopyroxenu a olivínu, altera-

cemi jen slabě postiženému, rozhodně nejsou jeho markantem, hornina má skoro afyrickou povahu. V její hmotě dominují hojně drobné plagioklasové lišty a rovněž drobný, převážně krátce prizmatický až izometricky zrnitý klinopyroxen. Toto základní minerální složení doplňují v podílu do 10 % izometrická zrna magnetitu. Sporadicky se uplatňují xenomorfní zrna bezbarvého nízkodvojnásobného až izotropního minerálu, jímž může být nefelín a/nebo analcim. Vulkanické sklo to však zřejmě není. Struktura horniny je velmi slabě porfyrická až afyrická, pilotaxitická, textura je silně dutinatá, paralelní. Jde o bazalt se slabou tefritickou afinitou.

Po petrografické stránce jsou zajímavé především zdejší vulkanické brekcie s hojnými zeolity, které lze zařadit k téměř bezplagioklasovým foiditům. Tyto brekcie mohly vzniknout jako závěrečný výbuchový produkt alkáliemi obohaceného zbytkového magmatu. Tyto horniny jsou tvořeny čokoládově hnědými úlomky zjevně alterovaného vulkanitu, jejichž tvar je nepravidelně drobtovitý, většinou ostrohranný a rozměry kolísají v rozpětí od 0.5 do 2 cm. Tyto vulkanické „broky“ jsou tmeleny bohatě vě-

Tabulka 13 Chemické složení phillipsitu-K z Wachsteinu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	53.19	52.48	53.39	53.45	52.75	53.88
Al ₂ O ₃	20.61	20.59	19.46	21.79	20.60	20.59
CaO	4.80	4.51	4.11	4.91	4.86	5.59
BaO	0.53	0.39	0.51	0.43	0.52	0.78
K ₂ O	11.71	11.75	14.36	9.90	11.41	11.14
Na ₂ O	0.42	0.38	0.57	0.45	0.25	0.46
H ₂ O	17.55	17.34	17.48	17.72	17.41	17.77
total	108.81	107.44	109.88	108.65	107.80	110.21
Si ⁴⁺	10.906	10.890	10.988	10.852	10.901	10.911
Al ³⁺	4.980	5.035	4.721	5.214	5.016	4.913
Ca ²⁺	1.055	1.003	0.906	1.069	1.076	1.213
Ba ²⁺	0.043	0.031	0.041	0.034	0.042	0.062
K ⁺	3.063	3.110	3.769	2.564	3.007	2.876
Na ⁺	0.168	0.152	0.228	0.178	0.099	0.180
ΣCa+Ba+Na+K	4.329	4.296	4.944	3.845	4.224	4.331
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.69	0.68	0.70	0.68	0.68	0.69

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 32 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.



Obr. 13 Skalní výchozy na lokalitě Klučky - Stráň, foto P. Pauliš, 2020.



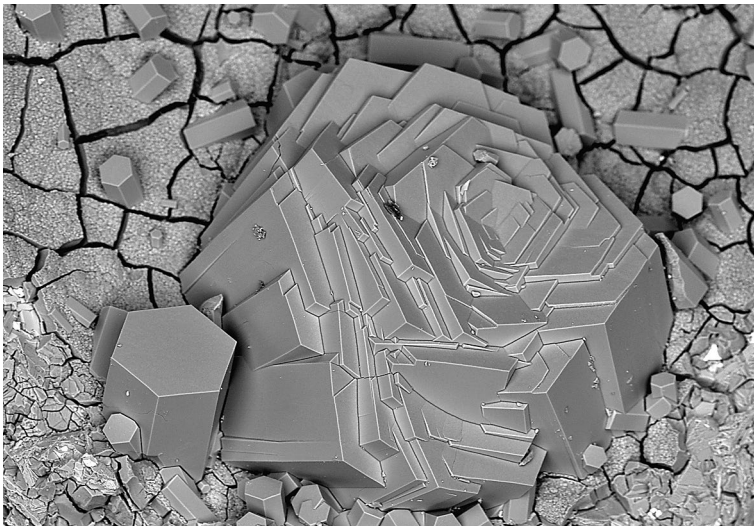
Obr. 14 Výchoz vulkanické brekcie na lokalitě Klučky - Stráň, foto P. Pauliš, 2020.



Obr. 15 Offretit z lokality Klučky - Stráž; šířka záběru 3 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 16 Agregáty tvořené jemně jehlicovitými krystaly offretitu z lokality Klučky - Stráž; šířka záběru 0.7 mm, BSE foto B. Ekrť.



Obr. 17 Růžicový agregát offretitu z lokality Klučky - Stráž; šířka záběru 0.8 mm, BSE foto B. Ekrť.

teným a tlustým sítivem bílé barvy, tvořeným hustými agregáty jemně jehličkovitého zeolitu. Jeho kvantitativní podíl na celkovém horninovém objemu přesahuje jednu třetinu. Uspořádání obou horninových složek, úlomků a zeolitové sítě, lze označit jako chaotické a totéž označení vystihuje i mechanickým roztlukem vyvolaný rozpad horniny. Mikroskopické studium vykazuje pro vulkanické úlomky absenci vyrostlic pyroxenu i olivínu. Horninu tvoří jemnozrný holokrystalický agregát složený převážně z mikrosloupečkovitého klinopyroxenu a z abnormálně velkého množství zrn magnetitu (až 15 % hmoty), často automorfne omezeného. Olivín chybí. Jako další podstatná složka vystupuje xenomorfní mesostázový světlý silikát, patřící buď nefelinu nebo analcimu, nejspíše však oběma. Plagioklasové mikrolity jsou zastoupeny jen minoritně. Tmelové sítivo patří jehličkám zeolitového minerálu. Struktura úlomků vulkanické horniny je africky holokrystalicky mikrozmítná, textura horniny jako celku je velmi výrazně brekciovitá.

Vulkanické úlomky lze klasifikovat jako africký bezolivinický analcimicko-nefelinický foidit s velmi slabou tefritickou tendencí, magnetitem bohatý.

Brekie je tvořena výše popsanými pestrými vulkanogenními horninami, přičemž prostory mezi úlomky vulkanitů jsou vyplněny (nebo povlečeny) souvislou krustou bělavých, jemně vláknitých až plstnatých krystalů **offretitu** délky do 0.5 až 0.7 mm. Mocnost krusty offretitu ale často nepřesahuje 0.2 mm. Velikost polygonálních dutin mezi úlomky vulkanitů se běžně pohybuje kolem 1 cm, výjimečné nejsou dutiny velikosti 2 - 3 cm. Offretit někdy vytváří radiálně paprscité shluky jednotlivě vyvinutých jehlicek či hemisférické agregáty. Běžně se v dutinkách vyskytují jednotlivě vyvinuté, dokonale čiré, skelně lesklé klencové krystaly chabazitu a jejich prorostlice velikosti až 1 mm. Zvláštností aglomerátu jsou zaoblená, velmi světle zelená, průhledná zrna olivínu dosahující velikosti kolem 5 mm. Nejzajímavější vzorky offretitu a dalších zeolitů poskytly 0.3 - 1 m velké bloky celistvého čerstvého vulkanitu plovoucí v konglomerátu, zvláště jejich cca 15 cm silný lem s hojnými čočkovitými dutinami, jejichž délka dosahuje až 4 cm, vzácně i více. Dutiny vystlané jemným filmem jílového minerálu obsahují řadu různých krystalových forem offretitu a jejich agregátů připomínající výskyty ze Zaječoho vrchu u Nového Boru a Poustevny u Polevska (Pauliš et al. 2019), které doprovázejí chabazit a phillipsit. Směrem dovnitř bloků offretit v dutinách rychle mizí, zůstávají jen phillipsit a chabazit.

Nejběžnější morfologickou formou offretitu v dutinách je souvislá kůra (obr. 15) tvořená bělavými, jemně vláknitými až plstnatými krystaly jako v brekcii (obr. 16). Vzácně tvoří základní jílovitý pokryv dutin krápníčky,

keré offretit buď zcela obrůstá, nebo jen vytváří štětičky na jejich konci. Zajímavé jsou jednotlivé, dobře vyvinuté, ostrohranné, šestiboké, tlustě sloupečkovité krystaly a jejich růžicovité prorostlice dosahující průměru kolem 1 mm (obr. 17). V některých dutinách jsou přítomné agregáty offretitu, složené z prorostlých diskovitých útvarů s krátkou příčně sloupečkovou stavbou (obr. 18), připomínající vzorky z Vogelsbergu (Betz 2019). Vzácnější jsou kúry offretitu složené z dlouze sloupečkovitých šestibokých krystalů o délce až 1 mm, hřebenovitě ukončených.

Rentgenová prášková data offretitu z lokality Klučky - Stráň (tab. 14) jsou blízká datům pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 5 porovnány s publikovanými údaji. V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 15) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Mg, Sr, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec offretitu (průměr šesti bodových analýz) je na bázi 36 kyslíků možno vyjádřit jako

$\text{Ca}_{1.48}\text{K}_{1.02}\text{Mg}_{0.59}\text{Na}_{0.10}\text{Sr}_{0.09}(\text{Al}_{5.56}\text{Si}_{12.52})\text{O}_{36} \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$. Oproti offretitu z Wachsteinu u něho převažuje Ca nad K a zjištěny byly i minoritní obsahy Na (0.01 - 0.26 *apfu*). Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.69$ tohoto offretitu je ve spodní části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Chabazit-K se v dutinách běžně vyskytuje v podobě klencových, dokonale čirých, skelně lesklých, jednotlivě vyvinutých krystalů a jejich prorostlic, vzácněji fakolitů, o velikosti 1 až 2 mm, narůstajících jednotlivě na offretit nebo jemnou bělavou jílovou krustu. Offretit někdy chabazit epitaxně porůstá, přičemž na hrubě srostlých fakolitech ze tří klencových jedinců vytváří charakteristický obraz písmene „W“ (obr. 19, 20) s tenkou bezbarvou středovou zónou a delším bělavým oboustranným ukončením jehlic. Offretitové jehlice někdy jednotlivě naplocho narůstají na povrch chabazitových krystalů.

Rentgenová prášková data chabazitu-K z lokality Klučky - Stráň (tab. 16) jsou blízká datům uváděným pro

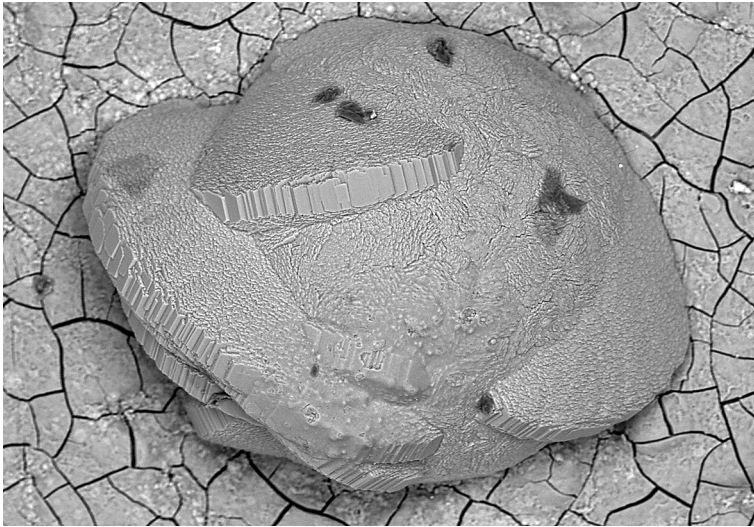
Tabulka 14 Rentgenová prášková data offretitu ze Stráně

<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	1	0	11.539	100	11.527	0	4	1	2.694	1	2.694	1	6	0	1.7585	1	1.7579
1	1	0	6.663	4	6.655	2	3	0	2.645	1	2.645	0	6	2	1.7125	1	1.7140
0	1	1	6.384	1	6.338	1	4	0	2.5163	12	2.5154	4	4	0	1.6639	3	1.6638
0	2	0	5.769	51	5.764	2	3	1	2.4967	<1	2.4972	3	5	0	1.6476	<1	1.6467
0	2	1	4.589	1	4.590	0	5	0	2.3069	2	2.3054	2	6	0	1.5989	1	1.5985
1	2	0	4.359	33	4.357	3	3	0	2.2191	4	2.2184	1	6	2	1.5949	1	1.5950
0	3	0	3.843	36	3.842	2	4	0	2.1788	<1	2.1784	0	6	3	1.5282	<1	1.5299
1	2	1	3.778	5	3.778	3	3	1	2.1298	<1	2.1293	4	5	0	1.4755	<1	1.4759
0	1	2	3.602	<1	3.604	0	3	3	2.1152	<1	2.1128	2	6	2	1.4729	<1	1.4731
0	3	1	3.427	<1	3.428	2	4	1	2.0935	1	2.0939	3	3	4	1.4417	<1	1.4418
2	2	0	3.327	4	3.328	1	5	0	2.0710	<1	2.0704	4	4	3	1.3901	<1	1.3901
1	3	0	3.190	2	3.197	1	5	1	1.9971	1	1.9974	4	5	2	1.3760	<1	1.3755
1	3	1	2.946	1	2.946	0	5	2	1.9698	<1	1.9703	0	6	4	1.3504	<1	1.3499
0	4	0	2.883	49	2.882	2	5	0	1.8459	1	1.8458	1	8	0	1.3472	<1	1.3492
1	2	2	2.860	2	2.861	1	4	3	1.7841	<1	1.7836						

Tabulka 15 Chemické složení offretitu ze Stráně (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	51.67	50.41	54.70	51.47	52.83	50.57	50.06
Al ₂ O ₃	19.48	19.63	17.67	19.62	19.37	20.16	20.40
MgO	1.62	1.40	2.63	1.34	1.41	1.30	1.65
CaO	5.68	6.23	3.89	6.16	5.76	6.17	5.89
SrO	0.66	0.84	0.09	0.56	0.72	0.87	0.86
K ₂ O	3.30	3.22	2.85	3.56	3.35	3.30	3.51
Na ₂ O	0.21	0.21	0.02	0.39	0.02	0.06	0.56
H ₂ O	19.80	19.59	20.07	19.88	20.09	19.72	19.84
total	102.42	101.52	101.92	103.48	103.65	102.15	102.77
Si ⁴⁺	12.518	12.341	13.073	12.419	12.615	12.300	12.106
Al ³⁺	5.564	5.665	4.977	5.579	5.452	5.779	5.815
Mg ²⁺	0.585	0.511	0.938	0.481	0.502	0.471	0.594
Ca ²⁺	1.475	1.635	0.997	1.592	1.473	1.608	1.526
Sr ²⁺	0.093	0.119	0.013	0.078	0.099	0.123	0.121
K ⁺	1.019	1.006	0.870	1.096	0.935	1.023	1.084
Na ⁺	0.099	0.100	0.009	0.183	0.009	0.029	0.261
ΣMg+Ca+Sr+K+Na	3.271	3.371	2.827	3.430	3.018	3.254	3.586
H ₂ O	16	16	16	16	16	16	16
T _{Si}	0.69	0.69	0.72	0.69	0.70	0.68	0.68

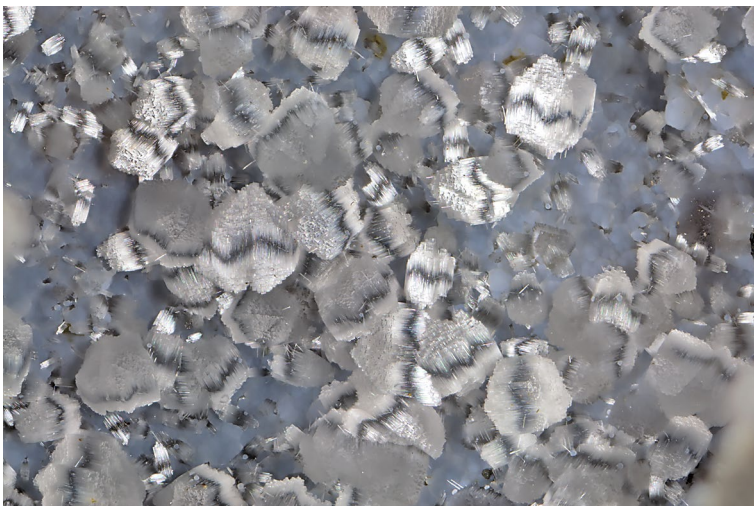
Empirický vzorec byl přepočten na bázi 36 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 16 H₂O.



Obr. 18 Agregát offretitu ve tvaru prorůstajících se disků z lokality Klučky - Stráň; šířka záběru 0.5 mm, BSE foto B. Ekrť.



Obr. 19 Nárůsty offretitu na chabazitu (fakolitu) z lokality Klučky - Stráň; šířka záběru 2 mm, foto V. Betz.



Obr. 20 Zákonné nárůsty offretitu na chabazitu (fakolitu) z lokality Klučky - Stráň; šířka záběru 4 mm, foto B. Bureš.

tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit (tab. 8). V BSE obraze je chabazit-K chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 17) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Mg, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec tohoto chabazitu -K (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $(K_{1.06}Mg_{0.70}Ca_{0.51})_{\Sigma 2.27}(Al_{2.7}Si_{8.96}O_{24}) \cdot 12 H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.76$ tohoto chabazitu je při horní hranici uváděného rozmezí (Coombs et al. 1997).

Phillipsit se v dutinách vyskytuje rovněž běžně, tvoří souvislou kůru z krátce sloupečkovitých bezbarvých krystalů nebo jednotlivé, dobře vyvinuté sloupečkovité krystaly o délce 1 - 2 mm, vzácně vystupuje i v sendvičových agregátech podobných lokalitě Klučky - Parkoviště.

Rentgenová prášková data phillipsitu z lokality Klučky - Stráň (tab. 18) jsou blízká datům uváděným pro tento minerální druh, zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 12 porovnány s publikovanými údaji. V BSE obraze je phillipsit chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Sr, Ba, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Jeho empirický vzorec K (tab. 19; průměr čtyř bodových analýz) je možné vyjádřit jako $(K_{1.78}Ca_{1.61}Na_{0.21}Ba_{0.08}Sr_{0.02})_{\Sigma 3.70}(Al_{5.10}Si_{10.82}O_{32}) \cdot 12 H_2O$. V kationtové části jsou zastoupeny K i Ca přibližně ve stejném množství, část bodových analýz odpovídá phillipsitu-K, druhá pak jeho Ca-dominantnímu členu. Oproti phillipsitu-K z Wachsteinu obsahuje cca dvakrát větší obsah Ba a malé množství Sr (0.01 - 0.04 *apfu*). Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.68$ tohoto phillipsitu je ve střední části rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Lokalita Klučky - Parkoviště

Lokalita se nachází na udržované lesní cestě (totožná s lokalitou Klučky - Stráň), východně od vrcholu Klučky, v místě, kde bylo lesní správou na cestě vytvořeno malé parkoviště (GPS: 50°46'45.10" N; 14°31'33.46" E). Nepříliš rozsáhlé zemní práce zasáhly do svahu a v hlinité svahové suti byl vytvořen plošně malý, několik metrů vysoký zářez (obr. 21). Vyhnutá svahová hlína s řídkými plovoucími bločky vulkanitů byla přesunuta na druhou stranu cesty, na jižní svah hřbetu. Zdánlivě mineralogicky málo nadějná lokalita však poskytla mimořádné zajímavé ukázky zeolitové mineralizace, především epitaxních nárůstů offretitu na chabazitu a neobvykle vyvinutých krystalů phillipsitu. Některé z až 70 cm velkých balvanů vulkanitů ze svahovin byly hodně dutinaté. V protáhlých čočkovitých dutinách až 8 cm dlouhých byla zjištěna asociace offretit - chabazit - phillipsit.

Nejzajímavějším minerálem je zde **offretit**, který se tu vyskytuje ve vícegeneračních agregátech různých typů, a to i v jedné dutině. Nejčastěji vytváří bezbarvou souvislou ledvinitou krustu mocnosti 0.X mm, složenou z radiálních agregátů štíhlých, dokonale průhledných sloupečkovitých krystalů ukončených plochou báze. Jednotlivé snopčky, narůstající přímo na stěny dutiny, jsou od sebe odděleny jemnou žlutavou krustou. Při pohledu shora tak krusta vypadá jako medová plástev. Někdy jsou agregáty offretitu pokryté tenkou čirou vrstvičkou druhotného opálu. Offretit může tvořit i jednotlivě vyvinuté snopkové agregáty narůstající přímo na stěny dutin, přičemž prostor mezi nimi je pokryt rozpraskanou vrstvičkou jílového minerálu. Agregáty offretitu pak mají oproti světlé jílové kůře tmavou barvu způsobenou prosvětáním černošedé stěny podložky.

Chabazit tvoří v dutinkách drobné čiré klencové krystaly 1 až 3 mm velké, fakolitová dvojčata i zajímavé polokulovité agregáty o průměru až 3 mm (obr. 22). Klencové krystaly chabazitu bývají často epitaxiálně obrostlé offre-

titem, vzorky mají podobný vzhled jako vzorky z Nového Oldřichova - nádraží (Pauliš et al. 2016a). Epitaxní nárůsty na chabazitu jsou obvykle tvořeny velice tenkou souvislou vrstvičkou jemných šestibokých jehličkovitých krystalů (obr. 23). Někdy jsou jehličky na plochách chabazitových krystalů vyvinuty samostatně a mají různou délku. Na epitaxně porostlé chabazity často nasedají dokonale čiré a skelně lesklé krystaly jeho mladší generace, případně kapky a náteky čirého opálu.

Phillipsit tvoří v dutinách obvyklé bezbarvé, krátce sloupečkovité, dokonale ukončené (často oboustranné) krystaly o délce 1 až 3 mm. Krystaly mají někdy tabulkovitý charakter, někdy phillipsity vytvářejí i křížová dvojčata. Běžné jsou jeho polokulovité a snopkovité agregáty složené z dlouze sloupečkovitých krystalů (obr. 24). Velice neobvyklou formou phillipsitu na lokalitě jsou jeho jednotlivě vyvinuté bělavé pseudohexagonální výrazně jemně korodované krystaly o rozměrech 0.5 až 1 mm. Tyto krystaly mají vzhled sendviče (obr. 25). Lamelární koroze je někdy vidět i na ukončení jednotlivých sloupečkovitých

Tabulka 16 Rentgenová prášková data chabazitu-K ze Stráně

<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>
1	0	1	9.330	100	9.359	2	2	3	2.829	3	2.843	6	1	2	1.7700	<1	1.7721
1	1	0	6.890	9	6.904	0	4	2	2.769	2	2.778	4	4	0	1.7230	17	1.7259
0	1	2	6.319	4	6.325	2	0	5	2.694	1	2.687	3	3	6	1.6940	<1	1.6951
0	2	1	5.537	25	5.556	4	1	0	2.604	5	2.609	3	2	7	1.6900	<1	1.6914
0	0	3	4.967	11	5.013	1	3	4	2.4869	3	2.4871	6	2	1	1.6539	<1	1.6482
2	0	2	4.674	2	4.680	1	1	6	2.3557	<1	2.3560	3	4	5	1.6461	1	1.6455
2	1	1	4.316	77	4.328	4	0	4	2.3357	1	2.3399	3	1	8	1.6353	1	1.6354
1	1	3	4.050	<1	4.056	3	3	0	2.3068	<1	2.3012	2	3	8	1.5532	1	1.5507
3	0	0	3.978	4	3.986	5	0	2	2.2731	1	2.2790	5	1	7	1.5210	1	1.5189
1	2	2	3.855	19	3.874	4	2	2	2.1584	<1	2.1641	7	1	3	1.5124	1	1.5102
2	2	0	3.443	60	3.452	3	0	6	2.1210	1	2.1218	5	3	5	1.4849	2	1.4854
1	3	1	3.228	7	3.239	3	3	3	2.0848	2	2.0813	8	0	2	1.4662	<1	1.4660
0	2	4	3.162	4	3.183	1	5	2	2.0679	2	2.0650	1	5	8	1.4157	1	1.4145
3	0	3	3.132	23	3.120	3	4	2	1.9059	<1	1.9018	8	1	1	1.3943	1	1.3935
4	0	1	2.930	45	2.932	0	1	8	1.8610	2	1.8517	3	4	8	1.3586	1	1.3586
2	1	4	2.886	11	2.890	1	3	7	1.8022	2	1.8031						

Tabulka 17 Chemické složení chabazitu-K ze Stráně (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	55.76	55.38	55.74	54.96	56.10	56.63
Al ₂ O ₃	15.13	16.85	13.08	14.68	15.49	15.57
MgO	2.92	1.70	1.68	3.30	3.79	4.14
CaO	2.94	5.16	3.55	2.15	2.01	1.81
K ₂ O	5.18	5.32	3.47	5.03	7.08	4.99
Na ₂ O	0.30	0.18	0.35	0.45	0.33	0.17
H ₂ O	22.39	22.82	21.51	21.99	22.82	22.83
Total	104.62	107.41	99.38	102.56	107.62	106.14
Si ⁴⁺	8.959	8.733	9.324	8.989	8.845	8.926
Al ³⁺	2.865	3.132	2.579	2.830	2.878	2.892
Mg ²⁺	0.699	0.400	0.419	0.805	0.890	0.973
Ca ²⁺	0.506	0.872	0.636	0.376	0.339	0.306
K ⁺	1.062	1.071	0.740	1.049	1.425	1.004
Na ⁺	0.093	0.055	0.113	0.143	0.100	0.051
ΣMg+Ca+K+Na	2.360	2.343	1.908	2.373	2.754	2.334
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.76	0.73	0.78	0.76	0.75	0.76

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 24 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

krystalů v polokulovitých agregátech (obr. 26). Vzhledem k tomu, že je tato dílčí lokalita úzce spjata s lokalitou Klučky - Stráň, nebyly popisované vzorky samostatně kvantitativně analyzovány.

Lokalita Trojmezí

Tato lokalita se nachází ve východní části hřbetu v mělkém sedle, cca 500 m východně od vrcholu Klučky, kde stojí starý trojhranný patník s letopočtem 1831 (GPS:

Tabulka 18 Rentgenová prášková data phillipsitu ze Stráně

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
-1	0	1	8.160	6	8.181	2	4	0	2.688	14	2.687	-2	7	3	1.6738	1	1.6737
-1	1	1	7.104	19	7.103	-3	1	3	2.680	7	2.679	1	8	1	1.6517	6	1.6517
0	1	1	6.390	18	6.408	3	1	0	2.663	3	2.664	-2	8	2	1.6393	1	1.6394
1	2	0	5.360	40	5.374	1	2	2	2.5627	2	2.5668	5	1	0	1.6170	<1	1.6166
0	2	1	5.045	31	5.064	3	2	0	2.5400	1	2.5359	-6	0	2	1.6101	<1	1.6092
-2	0	1	4.955	19	4.961	-4	0	2	2.4821	14	2.4804	-6	1	2	1.5979	3	1.5991
-2	1	1	4.678	1	4.687	-1	3	3	2.3879	4	2.3881	5	2	0	1.5876	<1	1.5866
-1	0	2	4.309	3	4.315	-4	0	1	2.3363	3	2.3397	1	0	4	1.5713	<1	1.5710
1	0	1	4.294	5	4.295	-4	1	1	2.3084	1	2.3091	-6	3	3	1.5627	<1	1.5624
-1	3	1	4.124	47	4.122	2	4	1	2.2521	1	2.2515	1	2	4	1.5351	2	1.5345
1	1	1	4.108	53	4.114	-4	2	3	2.2294	1	2.2313	-5	6	2	1.5167	<1	1.5163
-2	2	1	4.080	5	4.077	-4	3	2	2.2016	<1	2.2008	-3	8	3	1.4957	<1	1.4960
-2	1	2	3.945	2	3.933	-3	4	3	2.1660	<1	2.1690	1	9	1	1.4920	<1	1.4916
-1	2	2	3.691	3	3.695	-2	0	4	2.1579	1	2.1573	3	5	2	1.4847	2	1.4846
1	2	1	3.674	2	3.683	-2	2	4	2.0650	1	2.0656	-4	1	6	1.4489	1	1.4490
2	2	0	3.534	2	3.536	4	0	0	2.0348	<1	2.0338	-6	3	5	1.4361	1	1.4352
0	1	2	3.479	1	3.476	-3	5	3	1.9740	1	1.9746	-4	2	6	1.4272	1	1.4272
-3	0	1	3.219	14	3.218	-4	4	3	1.9634	2	1.9634	3	1	3	1.4242	<1	1.4245
1	3	1	3.194	100	3.192	-5	2	2	1.8936	1	1.8940	5	5	0	1.4149	<1	1.4146
-3	1	2	3.145	28	3.148	-2	7	2	1.8290	4	1.8291	3	6	2	1.4044	1	1.4039
-3	1	1	3.137	35	3.140	-4	5	1	1.8125	<1	1.8117	-7	2	4	1.3849	<1	1.3847
-3	2	2	2.937	4	2.942	0	8	0	1.7901	3	1.7894	-3	8	4	1.3810	<1	1.3812
-3	2	1	2.933	8	2.935	-5	2	4	1.7794	11	1.7788	-1	5	5	1.3796	<1	1.3792
2	0	1	2.893	1	2.897	-5	2	1	1.7711	2	1.7718	-2	1	6	1.3730	<1	1.3728
-1	4	2	2.753	7	2.755	-3	5	4	1.7302	<1	1.7307	-5	3	6	1.3694	1	1.3691
-1	1	3	2.706	13	2.709	-5	4	2	1.7211	1	1.7218	-7	3	4	1.3530	1	1.3534
1	1	2	2.701	16	2.700	-5	3	4	1.7145	1	1.7139	-5	6	5	1.3495	<1	1.3493
-2	4	2	2.693	17	2.693	-2	8	1	1.6831	<1	1.6832						

Tabulka 19 Chemické složení phillipsitu ze Stráně (hm. %)

	mean	1	2	3	4
SiO ₂	51.03	49.98	48.91	51.51	53.70
Al ₂ O ₃	20.39	20.09	20.08	20.50	20.88
CaO	7.10	6.81	7.02	7.23	7.33
SrO	0.19	0.32	0.11	0.10	0.21
BaO	0.92	1.70	0.66	0.66	0.65
K ₂ O	6.57	6.26	8.98	5.59	5.44
Na ₂ O	0.51	0.43	0.19	0.73	0.69
H ₂ O	16.96	16.64	16.54	17.05	17.62
total	103.67	102.23	102.68	103.37	107.21
Si ⁴⁺	10.823	10.804	10.641	10.872	10.967
Al ³⁺	5.095	5.118	5.148	5.101	5.027
Ca ²⁺	1.613	1.577	1.637	1.635	1.604
Sr ²⁺	0.023	0.040	0.014	0.013	0.025
Ba ²⁺	0.076	0.144	0.056	0.055	0.052
K ⁺	1.777	1.728	2.492	1.504	1.416
Na ⁺	0.209	0.179	0.081	0.299	0.272
ΣCa+Sr+Ba+Na+K	3.698	3.668	4.280	3.506	3.369
H ₂ O	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.68	0.68	0.67	0.68	0.69

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 32 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H₂O.

50°46'49.09" N; 14°30'59.07" E). Výskyt je tvořen nevýrazným výchozem rozpadajícího se vulkanitu (obr. 27), ve kterém jsou drobné dutiny se zeolyty a xenokrysty olivínu a tmavě zeleného pyroxenu. Hornina má slabě nahnědlé tmavošedou až černošedou barvu. Ve velmi jemnozrné, pouhým okem nerozlišitelné horninové hmotě se v barevném kontrastu objevují velmi četné bílé zaoblené a mírně protáhlé dutiny o rozměrech 3 až 8 mm, většinou zaplněné druhotnou bílou minerální výplní. Druhou, podstatně méně četnou, ale nepřehlédnutelnou makroskopickou pozoruhodností horniny jsou krystalové xenokrysty světle zelené barvy, patřící olivínu. Dosahují délky až 10 mm. Pokud jsou drobnějších rozměrů (2 až 3 mm) ztrácejí místy svou svěží zelenou barvu, která alteračně (iddingsitizací) přechází na rudohnědou. Stavba horniny je všesměrná, nejeví znaky paralelního (fluidálního) uspořádání. Na základě mikroskopického studia provedeného výbrusu je možné konstatovat, že je hornina, s vynecháním dutin a jejich sekundární výplně, tvořena hrubě krystalovou fází a většinou jemnozrnou základní hmotou. V hrubě krystalové fázi se objevují vyrostlice klinopyroxenu, zpravidla automorfně omezené. Častější a nápadnější jsou však krystaly olivínu. Z tvarového hlediska je na nich pozoruhodné, že postrádají automorfní omezení, ale vyznačují se tvarem, který by bylo možno nejspíš označit jako úlomkovitě rozlámaný. Z něho lze usuzovat, že nejde o vyrostlice, ale o xenokrysty. Je to jev, který mezi bazaltoidy Lužických hor a Českého středohoří je málokdy tak výrazně vyvinutý, jako na této lokalitě. Základní hmotě dominují dva minerály: plagioklas a klinopyroxen. Plagioklas tvoří drobné automorfní lišty o délce do 0.05 mm. Jejich bazicitá odpovídá kyselému labradoritu. Místy se na nich projevuje nevýrazné subparalelní uspořádání. Pyroxen základní hmoty je zčásti omezen xenomorfně v podobě izometrických zrn, zčásti v podobě krátkých hypautomorfních sloupečků - obojí o rozměrech kolem 0.01 mm. V množství výrazně menším než v případě plagioklasu vystupuje jako další světlá součástka nefelín, ve stavu silné přeměny na analcim. Tvoří výplňkovou xenomorfní mesostazi. Minerální asociaci doplňují v množství do 10 % izometrická zrna magnetitu, rozměrově značně kolísající do výjimečné maximální hodnoty 0.1 mm. Přítomnost nepatrného množství mikrolitů apatitu je pravděpodobná. Struktura horniny je porfyrická s mikrokrytalickou strukturou základní hmoty, textura je dutinatě mandlovcovitá. V petrografickém systému lze horninu označit jako nefelinicko-analcimický bazanit. Za její specifikum lze kromě hojného výskytu zeolitů označit výskyt olivínových xenokrystů.

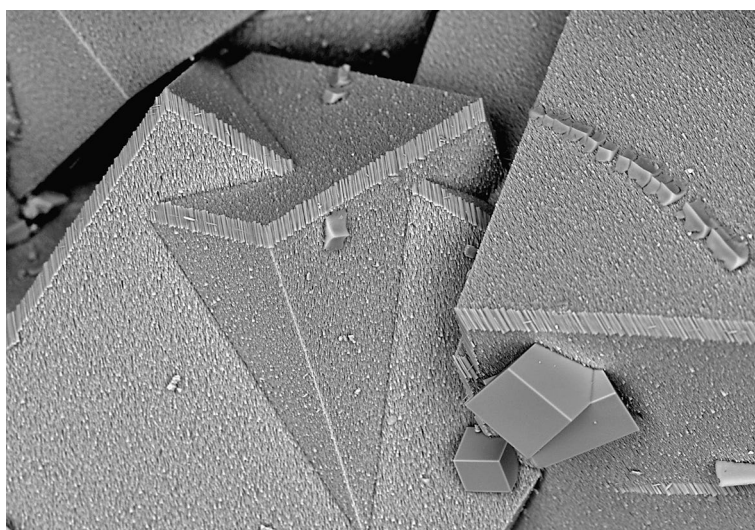
Drobné členité dutiny v bazanitu jsou často povlečeny šedivou krustou jílového nerostu. Ze zeolitů v nich byly určeny chaba-



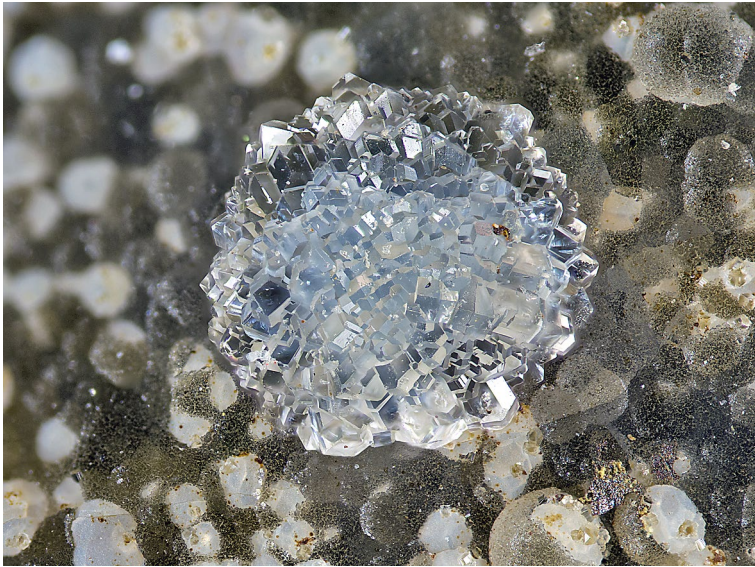
Obr. 21 Skalní odkryv na lokalitě Klučky - Parkoviště, foto P. Pauliš, 2020.



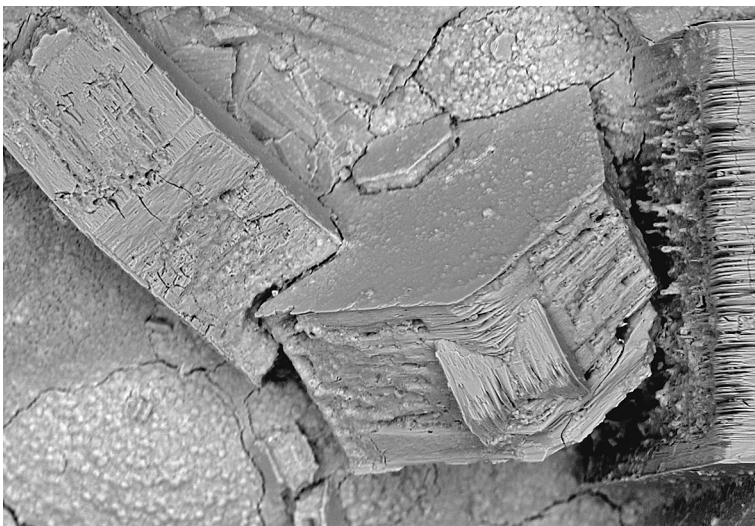
Obr. 22 Neobvyklé kulovité agregáty chabazitu tvořené fakolitovými srostlicemi z lokality Klučky - Parkoviště; šířka záběru 3 mm, foto P. Fuchs.



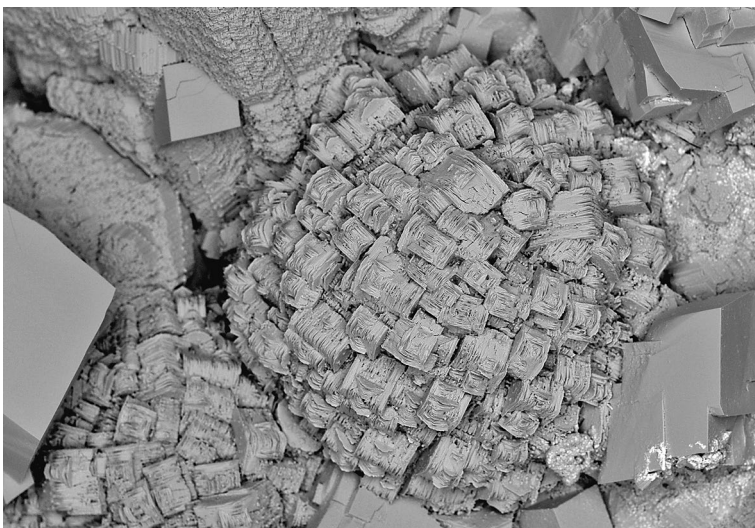
Obr. 23 Detailní záběr nárůstů offretitu na chabazit s dalším nárůstem chabazitu druhé generace z lokality Klučky - Parkoviště; šířka záběru 0.5 mm, BSE foto B. Ekrt.



Obr. 24 Agregát phillipsitu nasedající na offretit z lokality Klučky - Parkoviště; šířka záběru 2 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 25 Detail koroze krystalu phillipsitu z lokality Klučky - Parkoviště; šířka záběru 0.5 mm, BSE foto B. Ekrť.



Obr. 26 Agregát phillipsitu s patrnou korozi z lokality Klučky - Parkoviště; šířka záběru 2 mm, BSE foto B. Ekrť.

zit, phillipsit a offretit. Vzhledem k tomu, že zjištěné vzorky odpovídají předchozím lokalitám, nebyly samostatně kvantitativně analyzovány. **Chabazit** vytváří čiré klence dosahující velikostí 1 až 2 mm, **phillipsit** bezbarvé sloupečky a polokulovité agregáty o průměrech 1 až 2 mm. **Offretit** v charakteristických šestibokých jehličkách ukončených bází, délky jen zlomků mm, obvykle pokrývá dutiny v podobě souvislé bělavé krusty; vzácnější jsou jeho bezbarvé až 1 mm dlouhé krystaly jednotlivě narůstající na stěny dutin. Vytváří i snopečkové a polokulovité agregáty prorůstající se ve shlucích na ploše až 0.5 cm². Zajímavé jsou i xenokrysty olivínu a pyroxenu ve vulkanických horninách. **Olivín** jsou hojné, běžně dosahují velikosti kolem 1 cm, vzácněji až 2 cm, jsou výrazně tmavě zelené, většinou čerstvé a hodně rozpraskané. Tmavě zelený **pyroxen** (pravděpodobně diopsid) je mnohem vzácnější, jeho vyrostlice dosahují velikosti do 2 cm. Jeho barva má trochu jiný odstín než olivín i odlišné rozpraskání. Potvrzen byl, stejně jako olivín, rentgenovou práškovou diffrakcí.

Další výskyty zeolitové mineralizace

Podružné zeolitové mineralizace byly zjištěny na dalších několika místech. V místě zvaném U Obrázku byly v deskovitě odlučném bazaltu zjištěny phillipsit a zeolit natrolitové řady. Dutiny jsou řídké a dosahují velikosti do 1 cm. V zaniklém kamenolomu u vrcholové kóty Klučků byly nalezeny zašlé dutiny až 2 cm velké s analcimem. Dutiny velikosti do 5 cm se zeolitem natrolitové řady byly nalezeny ve výchozu a agrárních hrázkách sv. od kóty 633 m n. m. Jde však o navětralé vzorky. Perspektivní místem nálezů zeolitů se zdá být kamenolom u osady Klučky. Byla zde zjištěna ovšem jen nevýrazná zeolitová mineralizace. Až 2 cm velké dutiny obsahují zeolity morfologicky odpovídající natrolitu, thomsonitu a phillipsitu. Bohatší je jen výskyt chabazitu s krystaly o velikosti do 2 mm v trhlínách horniny brekciovitého charakteru.

Závěr

V zalesněném, asi 3 km dlouhém vulkanickém hřbetu Klučky, se stejnojmennou kótou 642 m n. m., sz. od Nového Boru, v Lužických horách, byly zjištěny čtyři nové výskyty zeolitů. Vedle phillipsitu a chabazitu je na všech popsanych výskytech hojný offretit, který se vyznačuje neobyčejně velkou morfologickou variabilitou. Podobná situace byla zjištěna na nedalekých lokalitách U poustevny a na Zaječím vrchu u Nového Boru (Pauliš et al. 2019). Nejzajímavějším je však nález poměrně vzácného zeolitu faujasitu-Na na lokalitě Wachstein, pro který je tato lokalita jeho prvním ověřeným výskytem v ČR. Faujasit-Na tu tvoří charakteristické oktaedrické krystaly o velikosti do 0.3 mm, případně dvojčata podle spinelového zákona.



Obr. 27 Skalní výchoz na lokalitě Trojmezí, foto L. Hrůzek, 2020.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za poskytnutí fotografií B. Burešovi z Prahy, P. Fuchsovi z Teplic, B. Ekrtovi z Prahy a V. Betzovi z Taunussteinu. Recenzentům Jiřímu Tomanovi (Brno) a Martinu Števkovi (Bratislava) za kritické poznámky a doporučení, která vedla ke zkvalitnění rukopisu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2019-2023/1.1.b, 00023272).

Literatura

- BETZ V (2019) Zeolithe und andere Mineralien aus den Vulkaniten des Vogelsberges (Hessen) und ihre Fundorte. *Aufschluss* 4: 208-260
- COOMBS DS, ALBERTI A, ARMBRUSTER T, ARTIOLI G, COLELLA 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 S, 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
- DAMOUR AA (1842) Description de la faujasite, nouvelle espèce minérale. *Annales des Mines* 1: 395-397
- GATTA GD, CAPPELLETTI P, ROTIROTI N, SLEBODNICK C, RINALDI R (2009) New insights into the crystal structure and crystal chemistry of the zeolite phillipsite. *Am Mineral* 94: 190-199
- GOTTARDI G, GALLI E (1985) *Natural zeolites*. Springer Verlag
- 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: 590-606
- KRATOCHVÍL J (1962) *Topografická mineralogie Čech V (O - Ř)*. Nakladatelství ČSAV, Praha
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-suite of programs for the interpretation of X-ray experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011
- PASSAGLIA E, ARTIOLI G, GUALTIERI A (1998) The crystal chemistry of the zeolite erionite and offretite. *Am Mineral* 83: 577-589
- PAULIŠ P, SVEJKOVSKÝ J, JANEČEK O, HRŮZEK L, DVOŘÁK Z, JEBAVÁ I (2013) Offretit kamenolomu Vrbička u Valče v Doupovských horách. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 21(2): 171-178
- PAULIŠ 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
- PAULIŠ 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, FEDIUK F (2016a) Zeolitová mineralizace z Nového Oldřichova u Kamenického Šenova (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24(1): 100-113
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2016b) Zeolitová mineralizace ze Svoru u Nového Boru (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24(2): 194-204
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, RADOŇ M, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2017a) Zeolitová mineralizace z Lískového vršku u Okřešic u České Lípy (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 25(2): 170-181
- PAULIŠ P, JANEČEK O, HRŮZEK L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2017b) Nordstrandit a zeolitová mineralizace fonolitu Tachovského vrchu u Doks (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 25(1): 69-84
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, ADAMOVIČ J, RADOŇ M, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2018a) Zeolitová mineralizace z Klučku u Heřmaniček u České Lípy (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 26(1): 43-56
- PAULIŠ P, ZEMAN P, ZEMAN V, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O, RADOŇ M (2018b) Zeolitová mineralizace z Heřmanic u České Lípy (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 26(2): 123-137
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, DOLNÍČEK Z, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, EKRT B, POUR O, FEDIUK F, JANEČEK O (2019) Zeolitová mineralizace ze Zaječoho vrchu a Poustevny u Nového Boru (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 27(2): 346-370
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" (φρΖ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- RINALDI R, SMITH JV, JUNG G (1975) Chemistry and paragenesis of faujasite, phillipsite and offretite from Salsbach, Kaiserstuhl, Germany. *N Jb Miner Mh*: 433-443
- RYCHLÝ R, TSCHERNICH R (1997) Cowlesit, faujasit, boggsit a tschernichit - nové zeolity pro Českou republiku. Přednáška 2. semináře České zeolitové skupiny, Turnov

- RYCHLÝ R, TSCHERNICH R (1998) Cowlesit, faujasit, gobbin-
sit - nové zeolity pro ČR. *Minerál* 6(2): 94-95
- SENGER A (1929) Rhönit-Basalt vom Bildstein bei Parchen.
Firgenwald 2: 54-56, Reichenberg
- SHRBENÝ O (1963) Geologické a petrografické poměry
třetihorních vyvěřelin severně od Nového Boru. *Sbor
geol Věd, Geol* 2: 121-138
- SCHEUMANN KH (1913) Petrographische Untersuchungen
an Gesteinen des Polzengebietes in Nordböhmen.
*Abh der mat phys Kl der königl sächs Gesellsch der
Wissenschaft* 32, 7. Leipzig
- TSCHERNICH RW (1992) *Zeolites of the world*. Geoscience
Press, Phoenix
- WEISENBERGER T, SPÜRGIN S (2009) Zeolites in alkaline
rocks of the Kaiserstuhl volcanic complex, SW Ger-
many - new microprobe investigation and the relati-
onship of the zeolite mineralogy to the host rock. *Geol
Belg* 12 (1-2): 75-91
- WISE WS (1982) New occurrence of faujasite in southern
Kalifornia. *Am Mineral* 67: 794-798
- WURM F (1916) Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine
der Böhm. Leipaer Umgebung. Separat-Abdruck aus
den *Verh der k k geol Reichsanst*: 305-313. Wien
- WURM F, ZIMMERHACKEL P (1882) Basalt und Phonolitkup-
pen in der Umgebung von Böhm. Leipa. Separat-Ab-
druck des Programmaufsatzes der Communal Obe-
rrealschule zu B. Leipa, Böhm Leipa
- YAKUBOVICH OV, MASSA W, GAVRILENKO PG, PEKOV IV (2005)
Crystal structure of chabazite. *Kristallografiya* 50(4):
595-604