

Zeolitová mineralizace z Klučku u Heřmaniček u České Lípy (Česká republika)

Zeolite mineralization from Kluček Hill at Heřmaničky near Česká Lípa (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, LIBOR HRŮZEK³⁾, JIŘÍ SEJKORA²⁾, JIŘÍ ADAMOVIČ⁴⁾, MIROSLAV RADOŇ⁵⁾, LUBOŠ VRTIŠKA²⁾, RADANA MALÍKOVÁ²⁾, FERRY FEDIUK⁶⁾ A ONDŘEJ POUR⁷⁾

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⁾Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6

⁵⁾Regionální muzeum v Teplicích, Zámecké náměstí 14, 415 01 Teplice

⁶⁾Na Petřínách 1897, 162 00 Praha

⁷⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, ADAMOVIČ J., RADOŇ M, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2018) Zeolitová mineralizace z Klučku u Heřmaniček u České Lípy (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 26(1): 43-56. ISSN 2570-7337

Abstract

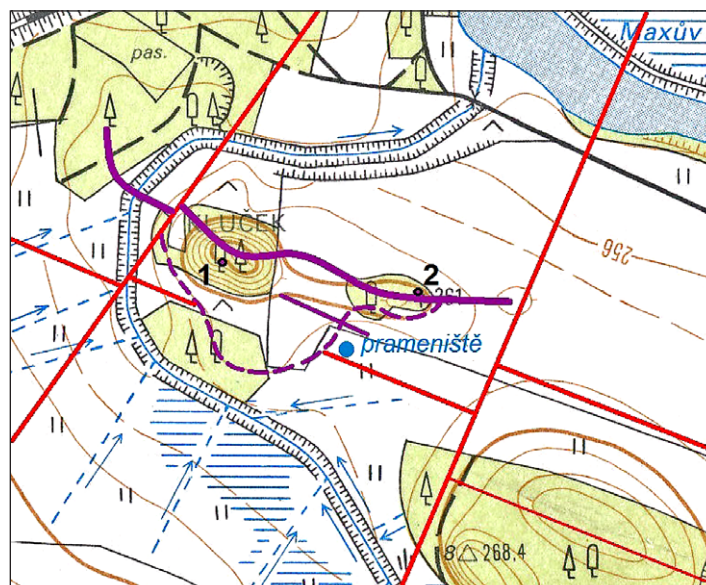
The Kluček Hill is situated on the western end of the Heřmaničky village, 4 km SE of the Česká Lípa, northern Bohemia (Czech Republic). It consists of a couple of hillocks, the western of them being higher (276.5 m) than the eastern one (265 m). The hill is formed by an E-W striking dyke of basaltic rock (nephelinite) cutting a body of intrusive breccia. More interesting, from a mineralogical point of view, is the abandoned small quarry in the eastern elevation, where a zeolite mineralization with analcime, harmotome, offretite and chabazite-Ca was found. Phillipsite-Ca was observed only in the small quarry of the western elevation. Harmotome and offretite are the most interesting zeolites of this locality. Harmotome occurs mainly in spherical radial aggregates or as twinned crystals. Its unit-cell parameters, refined from powder X-ray data, are: a 9.8783(15), b 14.1387(18), c 8.6925(11) Å, β 124.81(4)° and V 996.8(2) Å³. Chemical analyses of harmotome correspond to the empirical formula $(\text{Ba}_{1.47}\text{Ca}_{0.63}\text{K}_{0.76}\text{Na}_{0.06})_{\Sigma 2.89}(\text{Si}_{11.21}\text{Al}_{4.74})\text{O}_{32} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Offretite forms in nephritic or spheroidal cavities mostly ball-shaped aggregates or isolated prismatic crystals. The unit cell parameters of offretite, refined from the powder X-ray data, are: a 13.302(5), c 7.5904(12) Å and V 1163.1(6) Å³. Its chemical analyses correspond to the empirical formula $\text{Ca}_{1.24}\text{K}_{0.94}\text{Mg}_{0.74}(\text{Si}_{12.92}\text{Al}_{5.10})\text{O}_{36} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$. Analcime, chabazite-Ca and phillipsite-Ca occur as additional zeolites at this locality.

Key words: analcime, harmotome, chabazite-Ca, offretite, phillipsite-Ca, Cenozoic basaltic rocks, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Kluček near Heřmaničky, Czech Republic

Obdrženo: 27. 5. 2018; přijato: 10. 7. 2018

Úvod

Návrší Kluček (dříve též Klitschken, Klitschenberg, Klütschen, Klutschken nebo Klutschkenberg) se nachází na levém břehu Ploučnice na západním konci Heřmaniček, cca 4 km jv. od České Lípy. Jde o dvojici zalesněných pahorků, vyčnívajících z jinak ploché, podmáčené krajiny (obr. 1, 2). Západní elevace je vyšší (276.5 m; GPS: 50°39'50.83"N, 14°35'44.15"E) a má tvar téměř pravidelného kužele (obr. 3), jehož jižní svahy



Obr. 1 Průběhy těles vulkanitů na lokalitě Kluček. Žíly bazaltoidu jsou znázorněny fialovou čarou, rozsah intruzivní brekcie bazaltoidu fialovou čárkovanou konturou. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií. Čísly jsou označeny obě elevace (1 - západní, 2 - východní) (Adamovič 2018).



Obr. 2 Návrší Kluček - východní a západní elevace, pohled od severovýchodu. Foto. L. Hružek (březen 2018).

Obr. 3 Celkový pohled na západní elevaci Klučku s výrazným těžebním zářezem, pohled od JZ. Foto. L. Hružek (únor 2017).



Obr. 4 Žíla bazaltoidu o mocnosti 40 cm, ukloněná strmě k Z, odkrytá lomem v západní části návrší Kluček u Heřmaniček. Nápadná je sloupcovitá odlučnost s osami sloupců orientovanými 120/9°. Pohled k SV, foto J. Adamovič (červenec 2016).

Obr. 5 Uzavřenina (xenolit) křídového pískovce v bazaltoidní brekcii v horní části lomové stěny v západní části návrší Kluček u Heřmaniček. Na pískovci je patrná tendence ke sloupečkovitému rozpadu vlivem kaustické přeměny. Velikost xenolitu 1 m, pohled k S. Foto J. Adamovič (březen 2018).



4



5

jsou odkryté bývalou lomovou těžbou kamene. Východní elevace (265 m; GPS: 50°39'49.65"N, 14°35'53.75"E) je protažená východo-západně a do jejího severního úbočí se zařezává stará těžební rýha směru východ - západ (obr. 1, 2). Na jihu a západě obtéká návrší Kluček bezejmenná vodoteč, dříve někdy zvaná *Güssegraben* (Hantschel 1911). Ta ústí do Ploučnice mezi Heřmaničkami a Žizníkovem a odvodňuje podmáčenou oblast o ploše 2.6 × 1.1 km v jižním okolí Heřmaniček. Na ní leží jv. od Klučku Heřmanický rybník, před rokem 1945 označovaný jako *Hermsdorfer Teich* nebo *Güssesteich*. Druhý z názvů odkazuje na mlýn *Güssenmühle* na Ploučnici asi 2 km východně odtud. Poprvé je tento rybník připomínán již roku 1575 (Wurm 1887). Pod Heřmanickým rybníkem byl v ohybu vodoteče pod Klučkem další, dnes zaniklý rybník označovaný jako *Klutschenteich*, severně odtud je pak Maxův rybník (*Maxteich*).

Geologie a petrologie lokality

Za nejstarší historický geologický popis vrchu Kluček je možné považovat práci Wurma a Zimmerhackela (1882), kteří tuto lokalitu popisují jako dva pahorky spojené mírnou sníženinou probíhající směrem VJV - ZSZ. Na menším z pahorků autoři popisují sloupcový čedič lámaný na kámen, zatímco na samotném vyšším vrchu Kluček je podle nich čediče jen málo. Čedič je podle nich šedočerný s malými vyrostlicemi augitu a olivínu. Sklovitou základní hmotu tvoří četné krystaly augitu, rozkládající se krystaly olivínu žlutozelené barvy, často se zelenožlutým jádrem a četné drobné shluky magnetitu. Graber (1904) o něco později vrch popisuje jako příkrý kužel malé výšky, v jehož centru je v lemu vulkanické brekcie intruze amfibolového čediče s modelově periradiálně orientovanými sloupy. Východně předsunutý vršek podle něho tvoří žíla v tufu s vyvýšeninou na svém konci, která uzavírá vypálený, sloupcovitě odlučný útržek okolních slínů a malé a silněji vypálené uzavřeniny těchto sedimentů. V těchto slínech pak uvádí výskyt fosilií zastoupených taxony *Trochus* sp., *Nucula transiens*, *Nucula seminularis*, *Turritella multistriata* a *Dentalium medium*. V okolí vrchu Kluček popisuje Graber (1904) kvádrové pískovce svrchní křídly, bez fosilií, překryté pleistocenními štěrky.

Neméně zajímavý popis geologických poměrů vrchu Kluček nacházíme také v pozdější práci Müllera (1924). Podle něho je na jižní straně vrcholové části vrchu kame-nolom, v němž je obnažen sklovitý čedič. Na východním úpatí popisuje štěrkovou jámu, ve které byl odkryt čedičový tuf plný uzavřenin, a také zrněk křemene o velikosti až jako kulíčka hrachu. Z tufu zde štěrkaři vylupovali čedičové sloupky, které se deskovitě rozpadaly. Východně odtud ležící pahorek je podle jeho popisu tvořen čedičovým tufem a stavbu vršku odkrývá zdejší štěrková jáma. Také zde jsou v tufu četné uzavřeniny slínů, které jsou buď ostře vypálené jako porcelánový jaspis, anebo jsou velmi jemnozrnné, smolně černé a prouhelněné. Dále se tu vyskytují také velké zaoblené bílé kusy opuky, kusy zrnitého sklovitého čediče a jednotlivé, až jako pěst velké, ale zcela zvětralé krystalové drúzy tvořené patrně kalcitem. V přímém okolí vrchu uvádí Müller (1924) kvádrové pískovce svrchního turonu, překryté pleistocenními písky a terasovými štěrky. Historické popisy se tedy do značné míry shodují se současnými závěry o geologické stavbě čedičové žilné intruze vrchu Kluček a jeho východního výběžku.

Návrší Klučku leží uvnitř příkopu oherského riftu, severně od zlomů úštěckého a okřešického, které zde tvoří

jižní okraj příkopu. Křídové sedimenty vystupující v této části příkopu náleží teplickému až březenskému souvrství (svrchní turon až coniak) a jsou tvořené téměř výhradně kalcitickými prachovci a jílovcí. Území je členěné na jednotlivé kry menšími zlomy směru SSV - JJZ a ZSZ - VJV, přičemž v níže položených krách vystupují na povrch i křemenné pískovce tzv. žizníkovského kvádrů uvnitř březenského souvrství. Ty tvoří například návrší kóty 268.4 nad Heřmanickým rybníkem asi 350 m jv. od Klučku. Geologický základ vrchu Kluček tvoří východo-západní žíla bazaltoidu, protínající těleso intruzivní brekcie. Jako olivinický bazalt označil tuto horninu i Klein (1967) a Klein et al. (1963, 1991). Žíla na Klučku je součástí delšího žilného pásma (Müller 1924), které začíná již v jižním okolí České Lípy na tzv. Vamberáku (*Weinberg*) a pokračuje na východ přes hájovnu U Jelínka (*Vogelbusch*) a Lískový vršek (*Haseldamm*). Žíly tohoto pásma jsou tvořené výhradně bazaltoidy: olivinickým nefelinitem a olivinickým bazaltem. Mají směr V - Z až ZSZ - VJV a jsou tak rovnoběžné s okřešickým zlomem, nacházejícím se jen 1 km jižněji. Vyskytují se dvě až tři vedle sebe, na Lískovém vršku je z geologie a geofyzikálního obrazu jasně patrná dvojice žil orientovaných protiklonně vůči sobě (Adamovič et al. 2017). Hlavní žíla na Klučku je proti žilám západnějšího Lískového vršku posunutá poněkud severním směrem, za což může být zodpovědný zlom směru SV - JZ, geofyzikálně indikovaný Adamovičem et al. (2017). Kvartérní sedimenty jsou vedle holocenních humolitů tvořené též pleistocenními fluvialními štěrkopísky pertoltické terasy Ploučnice (riss). Ty tvoří vyšší partie reliéfu a byly v okolí místy těženy, například hned severně od Klučku.

Podrobnou geologickou stavbu Klučku popsali na základě geologické dokumentace a geofyzikálních (geomagnetických) měření Adamovič et al. (2017). Podle geofyzikálních výzkumů prochází hlavní žíla přes vrcholek západní elevace, pak 20 m severně od sedla, a dále směřuje na východní elevaci (obr. 1). Má směr zhruba VJV - ZSZ (změřeny byly směry 112 - 115°) a uklání se pod středním úhlem k SSV. Její mocnost lze podle magnetického projevu (+500 nT) odhadnout na 5 m. Tato žíla ze severu omezuje těleso intruzivní brekcie bazaltoidu o ploše cca 170 × 100 m. Další, menší žíla směru VJV - ZSZ byla geofyzikálně zjištěna 48 m jižně od sedla, západním směrem se její magnetický záznam ztrácí v tělese intruzivní brekcie. Hlavní žíla je odkryta jen sporadicky, zato lze na odkryvech dobře pozorovat vzájemné vztahy doprovodných žilných těles a okolní bazaltoidní brekcie. Na jižním svahu západní elevace, tedy v podloží hlavní žíly, je odkrytá 0.4 - 1 m mocná žíla olivinického nefelinitu přibližného směru východ - západ (obr. 4), jejíž průběh lze dobře sledovat v jednotlivých lomech. Na několika místech se směr žíly náhle mění na sever - jih; tyto změny směru mají někde charakter spojité deformace, jinde jde o zlomové porušení žíly z doby, kdy byla ještě v poloplastickém stavu. Pláště žíly tvoří intruzivní brekcie, obsahující větší i menší úlomky bazaltoidu, křemenný písek i celé xenolity křídových hornin. Nápadný je především asi 1 m velký xenolit hrubozrnného pískovce s náznaky sloupečkovitého rozpadu (obr. 5) v horní části stěny západního lomu (Adamovič 2018). Kontrastní jsou pak různé formy výskytu bělavého kalcitu, vyplňujícího dutinky v brekcii, pukliny na kontaktu žíly a okolní brekcie i pukliny přecházející z brekcie do žíly. Žíla nefelinitu se rozpadá na sloupce, kolmé k jejím kontaktům. Na žíle nejsou patrné žádné známky alterace nebo hydrotermálního rozložení. Východním směrem se žíla přibližuje

k hlavní žíle, až s ní splyne v prostoru východní elevace. Severní svah východní elevace je zčásti odkrytý starou těžbou, na krátkém úseku zde vystupuje i hlavní žíla. Její kontakt s tělesem intruzivní brekcie se uklání k severu pod úhlem 68° a její mocnost je nejméně 3 m. V mělkém jámovém lomu na východním konci elevace (č. 2 na obr. 1) vystupuje asi 3 m mocná žíla, lemovaná brekciovaným bazaltoidem s xenolity křídových sedimentů (obr. 4). Žíla má směr sever - jih, tedy kolmý na hlavní směr. Z dostupných odkryvů není jasné, zda jde o hlavní žílu, prohnutou do příčného směru, nebo o zcela jinou žílu. Jeden z xenolitů o délce asi 70 cm je tvořený lupenitě rozpadavým jemnozrnným kalcitickým pískovcem, další xenolity jsou tvořené jílovci kausticky přeměněnými na porcelanit. Zde, na východním konci návrší, byl dříve odkrytý i velký blok přepálených vápnatých jílovců jako uzavřenina v bazaltoidní brekci.

Mineralogicky zajímavější je zašlý lůmek na nižší, východní elevaci (obr. 6), kde byla nově zjištěna zeolitová mineralizace s harmotomem, offretitem a chabazitem-Ca, v lůmku z vyšší elevace byl nalezen především phillipsit-Ca. Hornina, ve které byl identifikován výskyt harmotomu, je nahnědlé tmavošedé barvy a obsahuje hojné, ale velmi drobné (do 1 mm) a v makropohledu nevýrazné vyrostlice olivínu a pyroxenu, uložené v jemné, makroskopicky nerozlišitelné základní hmotě. Kromě zmíněných mafických vyrostlic se v podružné míře objevují i bělavé mandle, rovněž drobných rozměrů a nenápadného vzhledu. Nahnědlé zbarvení kamene sice signalizuje dílčí alterační postížení, nicméně si hornina uchovává vysokou pevnost a tvrdost, která se promítá do ostrých hran vzorku a náznakově vyvinutého miskovitěho odlomu. V mikroskopickém obraze se hornina skládá ze dvou rozměrových skupin - vyrostlic a základní hmoty. Vyrostlice zaujímají zhruba 20 objemových procent horniny. Jsou tvořeny přibližně ze tří pětín olivínem, ze dvou pětín pyroxenem. Olivín se vyznačuje většinou automorfním, často výrazně protáhlým omezením. Alteracemi je postížen minimálně. Pyroxen dle optických vlastností odpovídá čedičovému augitu a podle jeho nafialové barvy je kumulantem pod-

statného podílu titanu. Rozměrově je značně rozrůzněn, malá jeho část dosahuje velikostí 1 mm, výrazná většina však klesá do dolních desetin mm a je v průměru menší než olivínové vyrostlice. Na jeho větších jedincích se projevuje zonální stavba. V základní bezolivínické hmotě dominuje klinopyroxen patřící shodně s vyrostlicemi čedičovému augitu. Jeho habitus kolísá mezi hypautomorfně prizmatickým a xenomorfně izometricky zrnitým. Rozměrově se pohybuje v dolních setinách mm. Světlé minerály jsou zastoupeny xenomorfně zrnitým nefelinem v množství cca 15 %. K němu v podružném množství lokálně přistupuje lišovitě mikrolitický hypautomorfní bazický plagioklas. V podílu do 5 % se objevuje nahnědlé sklo. Mineralogii základní hmoty kompletují drobná (dolní 0.0X mm) izometrická zrnka magnetitu, zastoupená množstvím blízcím se 15 procentům celkového objemu horniny. Struktura horniny je drobně porfyrická s mikrokrytalickou až hemikrytalickou strukturou základní hmoty, textura je velmi slabě mandlovcovitá, náznakově fluidální. Horninu lze klasifikovat jako slabě sklovitý olivínický melanefelinit blízcím se nefelinickému melabazanitu.

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 $^\circ$, 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 vypřesněny 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, Z. Dolníček) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku 2 μ m, standardy: baryt (BaL α), 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), celestin (SK α , SrL α), Cs sklo (CsK α), wollastonit (CaK α) a topaz (FK α). Obsahy prvků 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).

Složení analcimu a pyritu bylo orientačně sledováno energiově disperzním spektrometrem Oxford Instruments XMAX 80 spojeným se skenovacím elektronovým mikroskopem Tescan Mira3 (Česká geologická služba, Praha), operujícím při urychlovacím napětí 15 kV.



Obr. 6 Naleziště zeolitů ve východní elevaci Klučku, foto P. Pauliš (květen 2017).

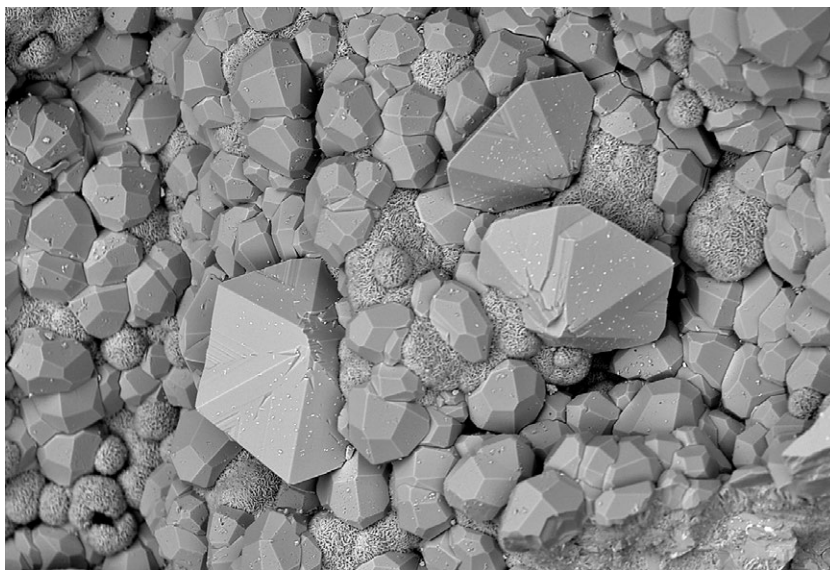
Mineralogie lokality

Po mineralogické stránce nebyla tato lokalita dosud zpracována. Popsanou zeolitovou mineralizaci objevil na lokalitě druhý spoluautor (LH). Mineralogicky zajímavější je zašlý lůmek nacházející se na nižší, východní elevaci. Lůmek v západní části je mineralogicky chudší, zeolitová mineralizace se vyskytuje sporadicky.

Z mineralogického hlediska byly zpočátku z Klučku známy poměrně ojedinělé nálezy krystalovaných kalcitů. První nálezy zeolitové mineralizace nedosahovaly většího rozsahu.

Jednalo se pouze o drobné krystaly chabazitu a minerálu z řady phillipsit-harmotom, které se vyskytovaly poměrně vzácně v trhlinách intruzivní brekcie, případně v ojedinělých malých dutinách v silně proplyněných partiích vulkanitu, které jsou v současné době přístupné jen na několika místech. Ani pozdější průzkum okolí hlavního vrcholu (západní elevace) nepřinesl žádné zajímavější objevy. Výjimkou byl jen nález velmi drobných dutin s vláknitým zeolitem z řady offretit-erionit a velmi drobných krystalů analcimu.

Zajímavější výsledky poskytly průzkum skalnatého hřbetu východní elevace, kde je zachováno několik těžbou dotčených výchozů a mělký jámový lom. Vulkanity jsou tu kompaktní, bez jakýchkoli dutin či mineralizovaných trhlin. Horninovou homogenitu narušují pouze časté xenolity křídových hornin. Drobné dutiny byly zjištěny pouze na západním protáhlém konci jámového lomu v poměrně úzkém pruhu horniny. Zde se kompaktní tmavá hornina mění v rozpadavou zelenošedou horninu až brekcii. V přepovrchových partiích jsou výplně dutin silně zvětralé, většinou je tvoří žlutavě až oranžově zbarvený kalcit či směs jílových minerálů. V rozpadavém materiálu a brekcii jsou dutiny méně členité, většinou pravidelně oválné. V tomto horninovém typu však dochází vlivem nesoudržnosti horniny k úplnému vypadávání kompletních kalcitových výplní dutin. V kompaktním tmavém vulkanitu jsou přítomny dutiny velmi členité, často zploštělé. Jejich rozměry se pohybují od několika mm



Obr. 7 Chabazit-Ca (fakolit) s analcimem. Šířka záběru 900 μ m, BSE foto B. Ekrt.



Obr. 8. Agregát harmotomu nasedající na offretit, velikost agregátu je 2 mm. Foto P. Fuchs.



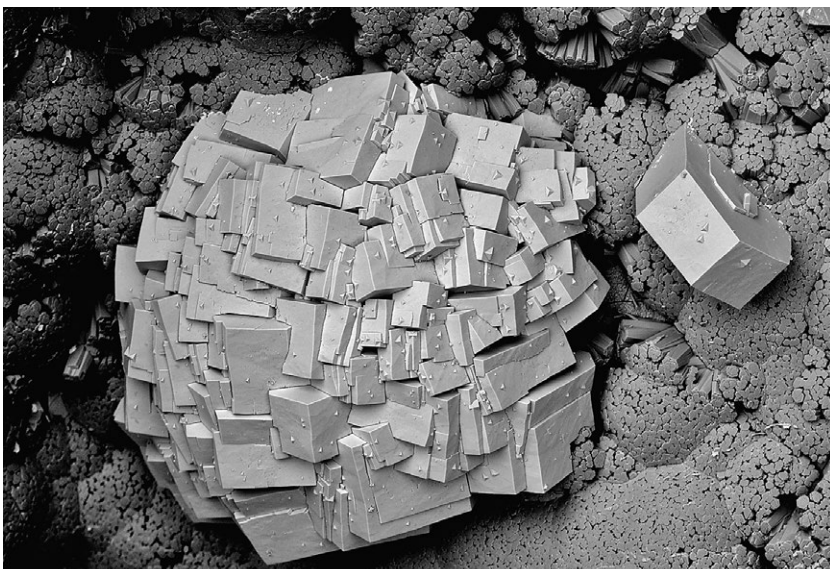
Obr. 9 Srostlice prizmatických krystalů harmotomu a nažloutlý kulovitý agregát harmotomu, šířka záběru je 7 mm. Foto P. Fuchs.



Obr. 10 Žlutooranžový kulovitý agregát harmotomu v kombinaci s chaoticky rozmístěnými srostlicemi drobných prizmatických krystalů harmotomu, šířka záběru je 5 mm. Foto P. Fuchs.



Obr. 11 Dutina o velikosti 12 mm se srostlicemi harmotomu. Foto P. Fuchs.



do 3 cm, vzácně až 7 cm. Všechny tyto dutiny jsou zcela vyplněny bílým až transparentním kalcitem. Zeolitová mineralizace byla objevena až po jeho rozpuštění v kyselině octové. Ve většině dutin byla díky konzervačnímu účinku kalcitu dokonale zachována starší krystalovaná výplň tvořená zeolity. Přes poměrně malou druhovou různorodost jde o vzorky výjimečné estetické kvality. Asociace staršího offretitu a dokonalých krystalů a agregátů mladšího harmotomu, které vzácněji doplňuje chabazit-Ca, patří k velmi netypickým a ojedinělým zeolitovým výskytům v rámci celé České republiky.

Zeolity byly zjištěny v západním okraji pravděpodobně vedlejší subvertikální žíly bazaltoidu. V těsném sousedství zóny s mineralizovanými dutinami se nachází cca 1 m velký xenolit vápnatého pískovce, který mohl sehrát pozitivní roli při vzniku proplyněné horniny a chemicky ovlivnil vznik následné dutinové mineralizace.

Analcim byl zjištěn v drobných dutinkách západního svahu západní elevace v podobě velmi malých krystalů o rozměrech pod 1 mm, které morfologicky odpovídají analcimu (obr. 7). Pro nedostatečné množství nebyl tento minerál detailněji analyzován. Orientační složení analcimu bylo sledováno energiově disperzním spektrometrem (ve složení dominují Na_2O , SiO_2 a Al_2O_3).

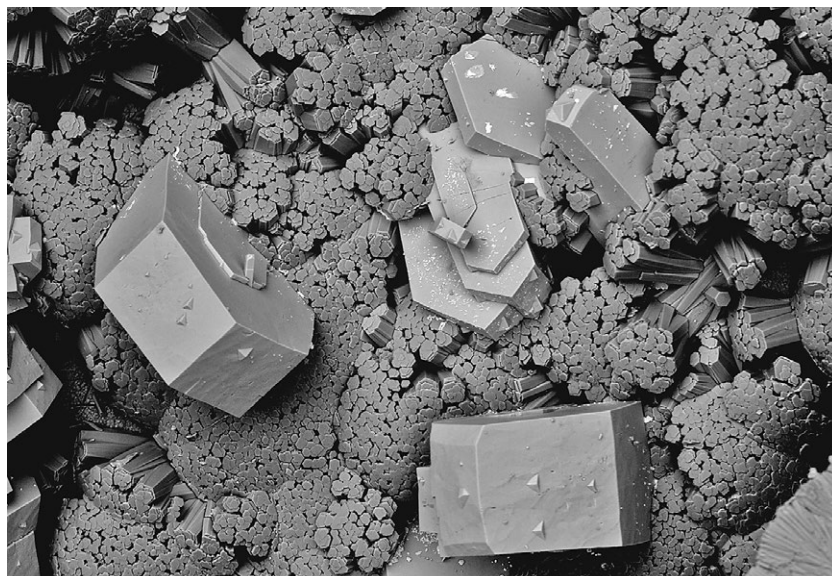
Harmotom je nejzajímavějším zeolitem lokality. Byl zjištěn ve východní elevaci, kde bylo analyzováno několik vzorků všech morfologických forem. Ve všech dominovalo v kationtových složkách baryum a celkový chemismus byl obdobný. Na lokalitě byly nalezeny čtyři základní morfologické formy harmotomu. První častou formou jsou kulovité agregáty s výraznou paprscitou stavbou (obr. 8). Povrch těchto agregátů je hrubý, jsou zde patrná klasická zakončení jednotlivých harmotomových krystalů plochami (110). Jejich velikost se pohybuje okolo jednoho až dvou mm, vzácně dosahují až 6 mm. Agregáty jsou převážně čiré, vzácněji nažloutlé až žlutooranžové (obr. 9). Podobají se vzorkům z klasické italské lokality Contrada Segani. Druhou méně častou a netypickou formou jsou

Obr. 12 Netypický agregát harmotomu. Šířka záběru 1100 μm , BSE foto B. Ekrť.

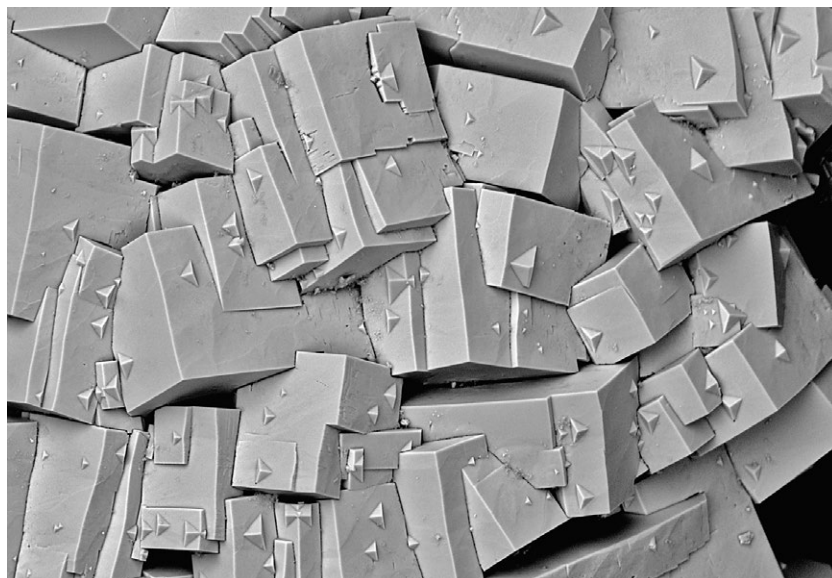
nažloutlé sférické agregáty s hladším jemně rýhovaným povrchem (obr. 10). Tyto maximálně 3 mm velké agregáty připomínají thomsonit, který však na lokalitě zjištěn nebyl. Třetí poměrně častou formou harmotomu jsou samostatné vícečetně zdvojitělé krystaly, které nasedají na podložku samostatně, nebo se navzájem chaoticky prorůstají (obr. 11). Časté jsou oboustranně ukončené krystaly ležící naplocho. Maximálně 3 mm velké krystaly jsou čiré, vzácněji nažloutlé. Jejich výjimečný lesk zvýrazňuje tmavá základní výstelka tvořená offretitem či jílovým minerálem, na niž harmotom nasedá. Čtvrtou, nejvzácnější formou jsou maximálně 1.5 mm velké agregáty, které makroskopicky budí dojem, že jsou tvořeny krystaly čtvercových či obdélníkových průřezů bez typického harmotomového ukončení (obr. 12). Agregáty nápadně připomínají velmi vzácný triklinický phillipsitu blízký zeolit - flörkeit. Analyticky však bylo toto podezření vyloučeno. Ze snímků z elektronového mikroskopu je stavba těchto netradičních agregátů patrná. Agregát je tvořen zdvojitěnými krystaly (obr. 13), které jsou zakončeny dvěma plochami (100) (viz Tschernich 1992), oproti běžnějšímu zakončení plochami (110). Dalším znakem, patrným až ze SEM snímků, je další nenápadné a potlačené zdvojitění (drobné výstupky na plochách (100), obr. 14). Tuto formu harmotomu je možno považovat z mineralogického hlediska za největší zajímavost lokality. Výskyty této formy agregátů minerálů řady phillipsit-harmotom jsou velmi řídké.

Přestože je harmotom obecně v bazických efuzivech poměrně častý, v kenozoických alkalických vulkanitech (neovulkanitech) Českého středohoří či Lužických hor je vzácným zeolitem. Zjištěn tu byl pouze v Brně u Ústí nad Labem (Pauliš et al. 2014a) a v asociaci s barytem v bazaltoidní hornině nedaleko Rousínova u Cvikova (Pauliš et al. 2015c).

Rentgenová prášková data harmotomu z Klučku (tab. 1) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 2 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi. V obraze BSE je studovaný minerál chemicky



Obr. 13 Krystaly harmotomu narůstající na agregáty offretitu. Šířka záběru 850 μm , BSE foto B. Ekr.



Obr. 14 Detail agregátu harmotomu. Šířka záběru 500 μm , BSE foto B. Ekr.



Obr. 15 Krystal chabazitu-Ca (v centru) s krystaly harmotomu, šířka záběru je 5 mm. Foto P. Fuchs.

homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly zjištěny obsahy pouze Si, Al, Ca, Ba, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec harmotomu z Klučku (průměr osmi bodových analýz) je na bázi 32 kyslíků možno vyjádřit jako $(\text{Ba}_{1.47}\text{Ca}_{0.63}\text{K}_{0.76}\text{Na}_{0.06}\Sigma_{2.89})(\text{Si}_{11.21}\text{Al}_{4.74})\text{O}_{32}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.70$ se nachází ve středu rozmezí uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

Chabazit-Ca se na lokalitě vyskytuje především v podobě charakteristických klencových krystalů čiré, bělavé, vzácněji nažloutlé barvy, dosahující velikosti do 3 mm. U leptaných vzorků je zachován jejich dokonalý až diamantový lesk (obr. 15). Ve východní elevaci se vzácně vyskytuje v asociaci s hojnějším offretitem a harmotomem.

V západní elevaci je častý ve vulkanické brekcii, kde jeho až 3 mm velké klence vyplňují trhliny souvislými výstřelkami. Drobné nažloutlé srostlice chabazitu byly nalezeny v řídkých dutinách proplyněné horniny v jihovýchodním lůmku západní elevace. Nalezeny tu byly i klencové krystaly o velikosti do 2 mm, které nasedají na krystaly kalcitu. V drobných, kolem 1 cm velkých dutinách na severozápadním svahu Klučku se vzácně vyskytují až 1 mm velké, dokonale omezené zákonité srostlice chabazitu (fakolity) (obr. 7).

Rentgenová prášková data chabazitu-Ca z Klučku (tab. 4) jsou blízká datům pro tento minerální druh, jejichž zpřesněné parametry (tab. 5) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studo-

Tabulka 1 Rentgenová prášková data harmotomu z Klučku

<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	0	8.078	44	8.110	2	3	1	2.4612	2	2.4624	-5	2	4	1.7688	16	1.7686
0	0	1	7.113	100	7.137	-1	3	3	2.3727	13	2.3719	-5	2	1	1.7643	1	1.7648
-1	1	1	7.045	10	7.051	1	5	1	2.3591	6	2.3595	4	4	0	1.7587	2	1.7588
0	1	1	6.376	87	6.371	3	3	0	2.3454	3	2.3450	-3	5	4	1.7173	12	1.7167
0	2	1	5.016	55	5.022	-4	0	1	2.3304	8	2.3314	2	5	2	1.7058	12	1.7067
-2	0	1	4.929	3	4.939	-2	5	2	2.3209	3	2.3218	2	0	3	1.6771	15	1.6763
-1	0	2	4.286	36	4.292	-4	1	1	2.3008	8	2.3004	-2	1	5	1.6684	2	1.6681
1	1	1	4.094	55	4.097	-1	6	1	2.2637	4	2.2634	-4	6	3	1.6592	2	1.6590
-2	0	2	4.065	48	4.068	-2	4	3	2.2400	15	2.2406	-6	0	3	1.6467	6	1.6464
2	1	0	3.896	22	3.898	0	5	2	2.2160	3	2.2162	-2	2	5	1.6342	3	1.6343
1	2	1	3.664	5	3.662	-3	4	3	2.1501	3	2.1515	-3	3	5	1.6288	3	1.6291
0	0	2	3.566	3	3.568	-2	0	4	2.1454	15	2.1460	-5	1	5	1.6160	2	1.6164
0	4	0	3.532	6	3.535	-2	6	1	2.1268	3	2.1268	-6	0	4	1.6060	1	1.6054
0	1	2	3.461	26	3.460	-4	3	1	2.0907	1	2.0897	0	8	2	1.5843	3	1.5837
-2	3	1	3.404	3	3.410	-3	2	4	2.0661	16	2.0661	2	3	3	1.5801	1	1.5794
1	4	0	3.237	83	3.240	3	2	1	2.0613	16	2.0600	-6	2	4	1.5654	1	1.5655
-3	0	1	3.202	24	3.206	-2	2	4	2.0549	9	2.0535	-3	4	5	1.5585	1	1.5583
0	2	2	3.186	42	3.1856	2	2	2	2.0478	1	2.0487	-5	5	1	1.5323	10	1.5319
-3	1	1	3.123	73	3.127	-2	5	3	2.0241	3	2.0235	-6	3	4	1.5197	2	1.5196
2	3	0	3.074	23	3.074	-4	1	4	2.0122	2	2.0131	-5	6	3	1.5062	2	1.5059
-3	2	1	2.918	27	2.920	1	0	3	1.9957	6	1.9957	-6	1	5	1.4888	2	1.4885
-2	0	3	2.896	6	2.897	1	1	3	1.9760	2	1.9761	-5	4	5	1.4774	4	1.4780
-2	4	1	2.871	5	2.874	-1	5	3	1.9696	4	1.9696	3	7	1	1.4730	8	1.4732
0	3	2	2.846	8	2.845	-3	3	4	1.9642	6	1.9639	4	5	1	1.4636	3	1.4636
-1	0	3	2.744	41	2.745	-5	0	3	1.9577	8	1.9579	-5	6	4	1.4437	3	1.4437
1	4	1	2.727	47	2.726	4	2	0	1.9483	6	1.9490	-4	1	6	1.4407	1	1.4409
-1	1	3	2.694	56	2.695	1	2	3	1.9210	6	1.9206	1	4	4	1.4311	1	1.4311
2	2	1	2.676	43	2.674	-3	6	1	1.8987	4	1.8988	-3	1	6	1.4232	2	1.4234
-2	4	2	2.669	67	2.668	-3	4	4	1.8432	3	1.8434	0	1	5	1.4199	4	1.4201
-3	3	1	2.652	6	2.651	2	6	1	1.8255	4	1.8258	-3	2	6	1.4025	5	1.4022
0	5	1	2.628	20	2.629	-5	0	1	1.8231	12	1.8225	0	2	5	1.3992	1	1.3991
-1	2	3	2.559	11	2.559	-2	7	2	1.8092	3	1.8091	-7	2	4	1.3779	3	1.3778
3	2	0	2.527	24	2.525	-4	5	3	1.8015	2	1.8010	1	5	4	1.3693	4	1.3693
0	4	2	2.513	23	2.511	0	0	4	1.7840	4	1.7842	-2	1	6	1.3659	9	1.3660
-2	3	3	2.4666	8	2.4680	-3	6	3	1.7793	8	1.7787	-5	3	6	1.3615	5	1.3607

Tabulka 2 Parametry základní cely harmotomu (pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/m$)

	tato práce	Rinaldi et al. (1974)	Pauliš et al. (2014)
<i>a</i> [Å]	9.8783(15)	9.879(2)	9.882(2)
<i>b</i> [Å]	14.1387(18)	14.139(2)	14.104(3)
<i>c</i> [Å]	8.6925(11)	8.693(2)	8.657(2)
β [°]	124.81(4)	124.81(1)	124.59
<i>V</i> [Å ³]	996.8(2)	996.94	993.3(3)

vaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení byly zjištěny obsahy Si, Al, Mg, Ca, Ba, Sr, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce.

Při studiu chemického složení chabazitů tu byly zjištěny dvě varianty (tab. 6, 7), lišící se hlavně obsahem SrO. Empirický vzorec prvního typu chabazitu-Ca je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $(Ca_{1.15}K_{1.04}Mg_{0.15}Ba_{0.02}Sr_{0.03})_{\Sigma 2.39}(Si_{8.70}Al_{3.14})O_{24} \cdot 12H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.73$ tohoto chabazitu je ve střední části rozmezí chabazitu-Ca (Coombs et al. 1997). Obsah Ca tohoto chabazitu převa-

žuje nad K složkou o poměrně malou hodnotu (0.11 *apfu*). Vedle vysokých obsahů Ca a K má tento chabazit vyšší obsah Mg (0.15 *apfu*) a nepatrné množství Sr a Ba. Empirický vzorec druhého chabazitu-Ca je na bázi 24 kyslíků možno vyjádřit jako $(Ca_{1.32}K_{0.96}Sr_{0.25}Ba_{0.01}Na_{0.06})_{\Sigma 2.60}(Si_{8.39}Al_{3.42})O_{24} \cdot 12H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.71$ tohoto chabazitu je ve střední části rozmezí uváděného pro chabazit-Ca (Coombs et al. 1997). Rozdíl obsahu Ca a K složky je vyšší než u prvního typu (0.36 *apfu*). Vedle absence Mg a malé koncentrace Na spočívá rozdílnost chemismu především ve vyšším obsahu Sr (0.25 *apfu*).

Tabulka 3 Chemické složení harmotomu z Klučku (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	48.24	48.04	48.78	48.92	48.78	49.40	46.88	46.88	48.25
Al ₂ O ₃	17.30	17.57	17.07	17.61	17.89	17.46	16.60	16.45	17.76
CaO	2.53	3.12	2.66	2.36	2.41	2.67	1.86	1.62	3.51
BaO	15.85	14.58	15.70	16.13	17.02	14.94	17.22	17.37	13.85
Na ₂ O	0.13	0.24	0.08	0.12	0.12	0.22	0	0.16	0.12
K ₂ O	2.58	2.94	2.74	2.81	2.66	2.72	1.77	1.81	3.16
H ₂ O	15.49	15.55	15.58	15.74	15.77	15.78	14.95	14.92	15.65
total	102.12	102.04	102.61	103.69	104.65	103.19	99.28	99.22	102.30
Si ⁴⁺	11.206	11.114	11.264	11.180	11.129	11.266	11.281	11.306	11.090
Al ³⁺	4.737	4.790	4.645	4.743	4.812	4.692	4.708	4.674	4.812
Ca ²⁺	0.630	0.773	0.658	0.578	0.590	0.652	0.480	0.419	0.865
Ba ²⁺	1.443	1.322	1.421	1.445	1.522	1.335	1.624	1.641	1.247
Na ⁺	0.059	0.108	0.036	0.052	0.052	0.096	0	0.075	0.026
K ⁺	0.765	0.867	0.808	0.818	0.773	0.792	0.544	0.556	0.925
H ₂ O	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.70	0.70	0.71	0.70	0.70	0.71	0.71	0.71	0.70

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

Tabulka 4 Rentgenová prášková data chabazitu-Ca z Klučku

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
1	0	1	9.322	100	9.364	0	0	6	2.505	6	2.505	5	3	2	1.6674	2	1.6677
1	1	0	6.897	4	6.912	1	1	6	2.3549	1	2.3550	3	4	5	1.6465	1	1.6467
0	1	2	6.361	2	6.365	4	0	4	2.3373	1	2.3411	1	6	4	1.6432	3	1.6422
0	2	1	5.543	12	5.561	3	3	0	2.3050	1	2.3041	0	4	8	1.5912	<1	1.5912
0	0	3	5.000	12	5.010	3	1	5	2.2269	<1	2.2284	3	5	4	1.5572	3	1.5567
2	0	2	4.663	<1	4.682	3	0	6	2.1216	1	2.1216	3	0	9	1.5399	<1	1.5405
2	1	1	4.317	55	4.333	6	0	0	1.9967	<1	1.9954	5	1	7	1.5198	1	1.5193
1	1	3	4.052	1	4.056	4	3	1	1.9517	<1	1.9516	4	5	2	1.5029	<1	1.5020
1	2	2	3.873	1	3.877	3	4	2	1.9036	1	1.9041	4	3	7	1.4506	1	1.4509
1	0	4	3.586	14	3.585	5	1	4	1.8662	3	1.8663	5	4	4	1.4194	1	1.4194
0	2	4	3.182	4	3.182	4	1	6	1.8071	6	1.8081	1	5	8	1.4150	1	1.4148
0	1	5	2.925	42	2.915	1	3	7	1.8020	7	1.8030	4	1	9	1.4073	1	1.4070
2	1	4	2.889	13	2.891	1	2	8	1.7360	1	1.7350	1	8	2	1.3787	<1	1.3775
2	0	5	2.688	4	2.686	3	3	6	1.6935	1	1.6958	0	1	11	1.3572	<1	1.3575

Tabulka 5 Parametry základní cely chabazitu (pro trigonální prostorovou grupu R-3m)

	<i>a</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
chabazit-Ca (tato práce)	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, Yakubovich et al. (2005)	13.831(3)	15.023(5)	2488.83
chabazit-Ca, Hackenberg (Pauliš et al. 2014b)	13.837(6)	15.0073(4)	2488(1)
chabazit-Ca, Jehla (Pauliš et al. 2015b)	13.820(6)	15.0226(4)	2484.9(1)

Srovnatelné obsahy SrO byly zjištěny v chabazitu-Ca z Miliřska (Pauliš et al. 2018). Nejvyšší obsahy SrO v chabazitech v ČR (0.52 - 0.62 *apfu*) však byly zjištěny v chabazitu-Ca z Tachovského vrchu (Pauliš et al. 2017b).

Offretit je nejstarším zeolitem zdejší asociace, vyskytující se poměrně často v dutinách východní elevace. Tvoří nejčastěji souvislou tenkou a poměrně nenápadnou výplň v podobě ledvinitých a kulovitých agregátů (obr. 16). Výraznější jsou jeho jednotlivé sférické agregáty (obr. 17). Ke složitější vizuální identifikaci přispívá u této formy offretitu i barevný optický klam. Přestože je čirý, je jeho barva zdánlivě tmavě zelená až černá, stejná jako tmavý horninový podklad, na který narůstá. Výhodou

tohoto jevu je velmi kontrastní pozadí pro čiré krystaly asociujícího harmotomu a chabazitu (obr. 18). Tato forma offretitu je na lokalitě nejčastější a vyskytuje se převážně v pevné tmavé hornině. Druhou morfologickou formou offretitu jsou souvislé výplně tohoto minerálu, který tvoří samostatné krystaly v kombinaci s nedokonalými sférickými agregáty (obr. 19). V těchto dutinách offretit dominuje. Stejný optický efekt jako u předchozí formy však u této podoby dodává čirému offretitu lehký nádech do žlutooranžova. Případné další čiré zeolity pak v této asociaci vizuálně zanikají. Tato offretitová forma se objevuje v přechodu z pevné tmavé horniny do světlejší rozpadavé horniny.

Tabulka 6 Chemické složení chabazitu-Ca z Klučku (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	53.61	53.29	54.68	54.36	52.83	52.91
Al ₂ O ₃	16.42	16.66	16.27	16.56	16.24	16.36
MgO	0.61	0.49	0.67	0.57	0.71	0.59
CaO	6.59	7.02	6.40	6.52	6.42	6.57
BaO	0.35	0.43	0.27	0.46	0.27	0.34
SrO	0.35	0.41	0.15	0.39	0.45	0.35
Na ₂ O	0.13	0.02	0.16	0.22	0.23	0.04
K ₂ O	5.03	4.83	4.90	5.14	5.15	5.12
H ₂ O	22.17	22.16	22.55	22.45	21.90	21.93
total	105.26	105.31	106.05	106.67	104.20	104.21
Si ⁴⁺	8.699	8.654	8.722	8.713	8.680	8.680
Al ³⁺	3.140	3.189	3.060	3.128	3.145	3.164
Mg ²⁺	0.147	0.118	0.159	0.136	0.174	0.144
Ca ²⁺	1.146	1.222	1.094	1.120	1.130	1.155
Ba ²⁺	0.022	0.027	0.017	0.029	0.018	0.022
Sr ²⁺	0.033	0.039	0.013	0.037	0.043	0.034
Na ⁺	0.041	0.006	0.050	0.035	0.073	0.012
K ⁺	1.041	1.001	0.997	1.052	1.080	1.070
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.73	0.73	0.74	0.74	0.73	0.73

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

Tabulka 7 Chemické složení chabazitu-Ca z Klučku se zvýšeným obsahem SrO (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	50.41	50.36	50.79	50.42	50.22	50.28
Al ₂ O ₃	17.41	17.55	17.54	17.46	17.40	17.09
CaO	7.41	7.49	7.43	7.54	7.48	7.10
BaO	0.08	0.03	0.13	0.02	0.14	0.10
SrO	2.57	2.97	2.73	2.54	2.59	2.04
Na ₂ O	0.20	0.07	0.21	0.36	0.21	0.15
K ₂ O	4.54	4.38	4.40	4.58	4.56	4.79
H ₂ O	21.61	21.41	21.77	21.67	21.57	21.41
total	104.23	104.26	105.00	104.59	104.17	102.96
Si ⁴⁺	8.393	8.462	8.396	8.372	8.376	8.449
Al ³⁺	3.417	3.475	3.417	3.416	3.422	3.385
Ca ²⁺	1.321	1.349	1.316	1.342	1.337	1.278
Ba ²⁺	0.005	0.002	0.008	0.001	0.009	0.007
Sr ²⁺	0.250	0.293	0.261	0.244	0.251	0.202
Na ⁺	0.064	0.022	0.068	0.116	0.068	0.049
K ⁺	0.964	0.939	0.928	0.970	0.970	1.026
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71

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



Obr. 16 Ledvinité povlaky offretitu s mladším harmotomem, šířka záběru je 5 mm. Foto P. Fuchs.

Obě tyto formy se vyskytují v dutinách od několika mm do 4 cm. Velikost agregátů offretitu se pohybuje okolo 0.5 mm - 1 mm, vzácně dosahuje až 2 mm. Agregáty jsou nejčastěji sférické či tvoří tvary tzv. holicích štětek známých z klasických lokalit v německém Kaiserstuhlu. Samostatné hexagonální prizmatické krystaly dosahují velikosti 0.5 mm, vzácně se blíží k velikosti 1 mm. Velmi jemné vláknité krystaly zeolitu ze skupiny offretitu-erionitu byly zjištěny i v milimetrových dutinkách jemně proplyněného vulkanitu na západní elevaci. Jejich velmi malé rozměry však neumožnily jejich bližší výzkum.

Výskyty tohoto nehojného zeolitu vázané na bazaltoidní horniny jsou známy nejen z Českého středohoří (Prackovice nad Labem, Dobkovičky u Lovosic, Žežice), ale i z Lužických hor (Malá hůrka u Kunratic, Nový Oldřichov), Doupovských hor (Vrbíčka u Valče), Vinařické hory u Kladna, Stupně u Nové Paky apod. (Pauliš et al. 2015a). Nověji byl zjištěn v hojně míře v opuštěném lůmku u Svoru u Nového Boru (Pauliš et al. 2016b), na Lískovém vršku u Okřešic (Pauliš et al. 2017a) a nedaleko Rousínova u Cvikova (Pauliš et al. 2015c).

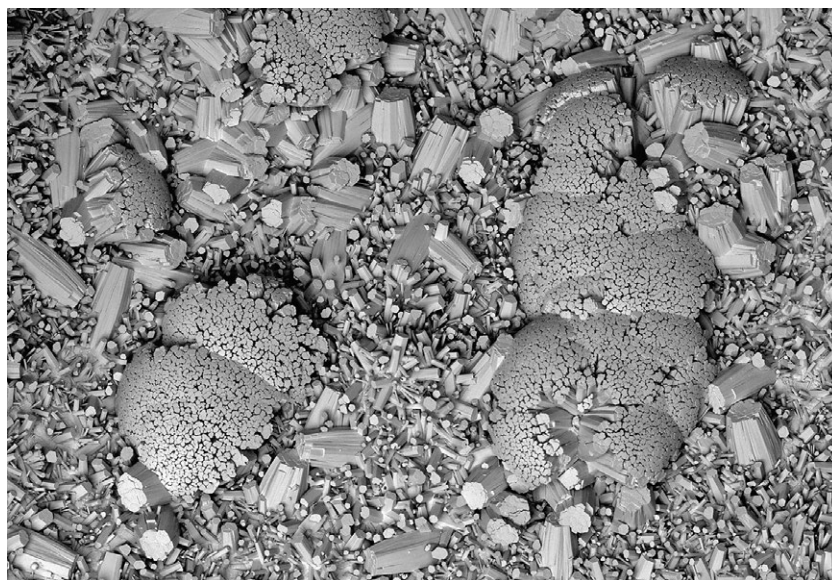
Rentgenová prášková data offretitu z Klučku (tab. 8) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného offretitu jsou v tabulce 9 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi. V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 10) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Mg, Ba a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec offretitu z Klučku (průměr šesti bodových analýz) je na bázi 36 kyslíků možno vyjádřit jako $\text{Ca}_{1.24}\text{K}_{0.94}\text{Mg}_{0.74}(\text{Si}_{12.92}\text{Al}_{5.10})\text{O}_{36} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$. Hodnota $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.72$ se nachází ve středním rozmezí hodnot uváděných pro offretit (0.69 - 0.74) (Coombes et al. 1997). V offretitu z Klučku byla zjištěna malá příměs Ba (0.06 - 0.07 apfu), která bývá v offretitech běžně přítomna (Deer et al. 2004).



Obr. 17 Kulovité agregáty offretitu, šířka záběru je 7 mm. Foto P. Fuchs.



Obr. 18 Charakteristická mineralogická asociace z lokality Kluček, harmotom nasedající na offretit. šířka záběru je 6 mm. Foto B. Bureš.



Obr. 19 Krystaly a polokulovité agregáty offretitu z Klučku. Šířka záběru 4 mm, BSE foto B. Ekrť.

Phillipsit-Ca byl zjištěn pouze v západní elevaci. Tvoří drobné sferické agregáty a křížové srostlice o velikosti do 2 mm. Vyskytuje se v až 2 cm velkých dutinách na několika místech dutinatého bazaltoidu v kontaktu s brekcii. Nalezen byl i v brekcii, kde tvoří drobné načervenalé agregáty. Převážně je však čirý či nažloutlý. Phillipsit-Ca a harmotom jsou vizuálně neodlišitelné. Větší množství provedených analýz naznačuje, že v jejich identifikaci sehrává roli přesné místo jejich nálezu na lokalitě. Phillipsit-Ca je s největší pravděpodobností zastoupen výrazně méně často nežli harmotom. Výskyt obou navzájem podobných zeolitů na kterémkoliv místě lokality není vyloučen. Obecně není častým jevem, že jsou na jedné lokalitě identifikovány oba minerály.

Při studiu chemického složení phillipsitu-Ca (tab. 11) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Ba, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Jedná se o běžný typ phillipsitu s převažující vápenatou složkou nad složkou draselnou. Obsah Ba dosahuje pouze 0.06 *apfu*. Empirický vzorec phillipsitu-Ca z Klučku (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 32 kyslíků možno vyjádřit jako $(Ca_{1.85}K_{1.50}Na_{0.07}Ba_{0.06})_{\Sigma 3.48}(Si_{12.81}Al_{5.26})O_{32} \cdot 12H_2O$. Hodnota $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.67$ phillipsitu-Ca z Klučku se nachází ve střední části rozmezí uváděného pro phillipsit (0.57 - 0.74) (Coombs et al. 1997).

Vedle popisovaných zeolitů byl na Klučku zjištěn **kalцит**, který je tu nejčastějším minerálem. Většinou jako nejmladší minerál zcela vyplňuje dutiny ve vulkanitech či

Tabulka 8 Rentgenová prášková data offretitu z Klučku

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	1	0	11.466	99	11.520	0	4	0	2.880	88	2.880	3	4	0	1.8924	4	1.8939
0	0	1	7.560	6	7.590	1	2	2	2.859	48	2.861	2	5	0	1.8436	5	1.8447
1	1	0	6.636	44	6.651	0	4	1	2.692	16	2.693	1	5	2	1.8158	1	1.8166
0	1	1	6.332	2	6.338	2	3	0	2.642	3	2.643	1	6	0	1.7572	2	1.7568
0	2	0	5.754	52	5.760	1	4	0	2.513	67	2.514	1	6	1	1.7123	7	1.7115
1	1	1	5.020	4	5.002	2	3	1	2.4959	14	2.4959	4	4	0	1.6629	42	1.6627
0	2	1	4.585	17	4.588	1	3	2	2.4521	1	2.4442	2	5	2	1.6597	1	1.6591
1	2	0	4.352	97	4.354	1	4	1	2.3862	1	2.3864	4	4	1	1.6247	<1	1.6242
0	3	0	3.839	100	3.840	0	5	0	2.3045	3	2.3040	1	6	2	1.5948	11	1.5942
1	2	1	3.776	76	3.777	3	3	0	2.2173	42	2.2170	2	6	1	1.5630	3	1.5633
0	1	2	3.598	14	3.605	2	4	0	2.1782	1	2.1770	2	5	3	1.4901	<1	1.4906
0	3	1	3.423	8	3.426	3	3	1	2.1282	12	2.1281	2	6	2	1.4719	4	1.4724
2	2	0	3.322	41	3.325	2	4	1	2.0931	7	2.0927	0	8	0	1.4406	2	1.4400
1	3	0	3.193	13	3.195	1	5	0	2.0677	1	2.0690	1	7	2	1.4156	2	1.4157
2	2	1	3.045	1	3.046	1	5	1	1.9972	7	1.9962	4	4	3	1.3902	3	1.3895
1	3	1	2.943	10	2.945	0	5	2	1.9688	3	1.9695	1	8	0	1.3479	1	1.3483

Tabulka 9 Parametry základní cely offretitu (pro hexagonální prostorovou grupu P-6m2)

	Kluček	Okřešice	Vrbička	Nový Oldřichov	
	tato práce	Pauliš et al. (2017a)	Gualtieri et al. (1998)	Pauliš et al. (2016a)	
<i>a</i> [Å]	13.302(5)	13.297(8)	13.293(2)	13.261(7)	13.295(6)
<i>c</i> [Å]	7.5904(12)	7.6008(4)	7.608(1)	7.559(1)	7.6133(4)
<i>V</i> [Å ³]	1163.1(6)	1163.9(8)	1164.25	1151.5(1)	1165.4(6)

Tabulka 10 Chemické složení offretitu z Klučku (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	55.13	55.02	56.14	55.77	53.90	54.22	54.74
Al ₂ O ₃	18.45	18.85	18.59	18.69	17.77	18.46	18.32
MgO	2.11	1.83	1.93	1.70	2.57	2.76	1.88
CaO	4.92	5.02	5.88	5.04	5.31	4.13	4.12
BaO	0.69	0.75	0.61	0.72	0.73	0.70	0.63
K ₂ O	3.15	3.15	3.12	3.29	3.20	3.05	3.11
H ₂ O	19.18	19.46	19.56	19.35	19.13	19.05	18.90
total	103.63	105.08	105.03	104.56	102.61	102.37	101.70
Si ⁴⁺	12.924	12.946	12.908	12.961	12.673	12.801	13.023
Al ³⁺	5.096	5.135	5.037	5.119	4.925	5.138	5.138
Mg ²⁺	0.737	0.630	0.662	0.589	0.901	0.972	0.666
Ca ²⁺	1.235	1.248	1.449	1.255	1.338	1.044	1.051
Ba ²⁺	0.063	0.068	0.055	0.066	0.068	0.065	0.059
K ⁺	0.941	0.928	0.915	0.975	0.961	0.919	0.943
H ₂ O	15	15	15	15	15	15	15
T _{Si}	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.72

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 36 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 15 H₂O.

trhliny ve vulkanické brekcii. Vzácně tvoří v rozevřených trhlinách až 2 cm velké klencové krystaly. Kalcit je většinou bílý, v navětralých partiích je zbarven do žluta až oranžova. Zeolity uzavřené v kalcitu zůstávají po jeho odleptání kyselinou octovou v dokonalé čistotě. Vzácně se v dutinách se zeolity výhodní elevace objevují jehlicovité krystaly **pyritu** o délce do 2 mm, které jsou potaženy zelenavým povlakem jílového minerálu. Pyrit byl identifikován pomocí energiově disperzního spektrometru.

Závěr

Na nově zjištěném výskytu zeolitové mineralizace na návrší Kluček u Heřmaniček nedaleko České Lípy bylo nově zjištěno pět druhů zeolitů. Vedle analcimu, phillipsitu-Ca a chabazitu-Ca se zvýšeným obsahem SrO se jedná především o offretit a harmotom, které se v neovulkanických horninách Českého středohoří a Lužických hor vyskytují ve velmi omezeném množství.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za poskytnutí fotografií P. Fuchsovi, B. Burešovi a B. Ekrtovi a za spolupráci při analytickém výzkumu Z. Dolníčkovi z Národního muzea. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2018/02, 00023272) a institucionální podpory RVO 67985831 Geologického ústavu AV ČR, v. v. i.

Literatura

- ADAMOVIČ J (2018) Geologické poměry České Lípy. In Kratochvíl J (ed.), Česká Lípa. Městský úřad Česká Lípa
- ADAMOVIČ J, ULRYCH J, ROHOVEC J, RAJLICOVÁ J, PEROUTKA J (2017) Ověření geologických poměrů podél čedičových žil zadržujících povrchové a podzemní vody na území CHKO Kokořínsko-Máchův kraj. MS, Závěrečná zpráva, Geologický ústav AV ČR, v. v. i. pro Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR: 1-100, 5 příloh. Praha
- 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, QUARTIERIT 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
- DEER AW, HOWIE AR, WISE SW, ZUSSMAN J (2004) Rock-forming minerals. Framework Silicates: Silica Minerals, Feldspathoids and the Zeolites. 1-982, The Geological Society. London
- GRABER HV (1904) Geologisch-petrographische Mitteilungen aus dem Gebiete des Kartenblattes Böhm.-Leipa und Dauba, Zone 3, Col. XI der österr. Spezialkarte. (Mit drei Zinkotypen im Text.) *Jb K-kön geol Reichanstalt* 54, 3-4: 431-460
- GUALTIERI A, ARTIOLI G, PASSAGLIA E, BIGI S, VIANI A, HANSON JC (1998) Crystal structure - crystal chemistry relationships in the zeolites erionite and offretite. *Amer Mineral* 83:590-606
- HANTSCHL F (1911) Heimatskunde des politischen Bezirkes Böhmisches Leipa. Selbstverlag 1-1180, Česká Lípa
- KLEIN V (1967) Zpráva o inventarizaci ložisek stavebních nerostných surovin na listu mapy M 33-54-A (Doksy). MS, archiv ČGS Praha, 1-20

Tabulka 11 Chemické složení phillipsitu-Ca z Klučku (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	50.23	45.47	50.71	50.57	51.76	52.62
Al ₂ O ₃	20.93	20.90	21.68	21.11	20.89	20.08
CaO	8.11	7.74	8.22	8.16	8.39	8.02
BaO	0.66	0.85	0.42	0.90	0.32	0.81
Na ₂ O	0.17	0.18	0.05	0.28	0.05	0.30
K ₂ O	5.50	6.19	5.43	5.57	5.76	4.54
H ₂ O	16.87	15.81	16.92	17.02	17.24	17.18
total	102.47	97.14	103.43	103.61	104.41	103.55
Si ⁴⁺	12.811	10.349	10.786	10.689	10.805	11.018
Al ³⁺	5.260	5.607	5.183	5.258	5.140	4.957
Ca ²⁺	1.853	1.887	1.873	1.848	1.876	1.799
Ba ²⁺	0.055	0.075	0.035	0.075	0.026	0.067
Na ⁺	0.069	0.079	0.020	0.114	0.020	0.121
K ⁺	1.496	1.797	1.472	1.501	1.533	1.213
H ₂ O	12	12	12	12	12	12
T _{Si}	0.67	0.65	0.67	0.67	0.68	0.69

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

- KLEIN V a kolektiv (1963) Základní geologické mapování listu Doksy, list M-33-54-A-a (Jestřebí), 1 : 25 000. Ústřední ústav geologický, Praha
- KLEIN V a kolektiv (1991) Geologická mapa ČR, list 02 - 42 Česká Lípa, 1 : 50 000. Český geologický ústav, 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
- MÜLLER B (1924) Die geologische Sektion Reichstadt-Brenn der Spezialkarte Böhm.-Leipa Dauba in Nordböhmen. *Mitt d Ver d Naturfreunde in Reichenberg* 46: 4-40 Reichenberg
- PAULIŠ P, DVOŘÁK Z, RADOŇ M, POUR O, MALÍKOVÁ R (2014a) Harmotom a doprovodné minerály z Brné u Ústí nad Labem. *Minerál* 22, 6: 516-520
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, DVOŘÁK Z, TOMAN J, SVEJKOVSKÝ J, RADOŇ M (2015a) Nejzajímavější mineralogická naleziště Čech - zeolity a doprovodná mineralizace. 1- 280, Kuttna, Kutná Hora
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2014b) 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, 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 (2015b) Tschernichit, garronit-Ca a doprovodná zeolitová mineralizace z Jehly u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23, 2: 147-17

- 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, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2015c) Zeolitová mineralizace s barytem z Rousínova u Cvikova v Lužických horách (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 23, 2: 221-228
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, SEJKORA J, RADOŇ M, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2017a) Zeolitová mineralizace z Lískového vrchu u Okřešic u České Lípy (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 25, 2: 170-182
- PAULIŠ P, JANEČEK O, HRŮZEK L, SEJKORA J, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, DOLNÍČEK Z, 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, RADOŇ M, DVOŘÁK Z, SEJKORA J, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O (2018) Zeolitová mineralizace z Milířska u Těchlovic nad Labem (Česká republika). Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 26, 1: 102-113
- PAULIŠ P, SEJKORA J, NOVÁK F, MALÍKOVÁ R (2014) Harmotom a stilbit-Ca z ložiska polymetalických rud Křižanovice v Železných horách (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz 22(1): 68-73
- 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 21(2): 171-178
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" ($\varphi\rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- RINALDI R, PLUTH JJ, SMITH JV (1982) Zeolites of the phillipsite family. Refinement of the crystal structure of phillipsite and harmotome. Acta crystallogr B 24: 2426-2433
- TSCHERNICH RW (1992) Zeolites of the World. 1-564. Vyd. Geoscience Press, Inc. Phoenix
- WURM F (1887) Das Kummergebirge, die umliegenden Teiche und deren Flora. Festschrift zur Decennalfier des Nordböhmisches Excursions-Clubs. Nordböhms. Exc.-Club, Česká Lípa, 1-92
- WURM F. (1916) Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine der B. Leipae Umgebung. Mitteilungen des Nordböhmschen Vereines für Heimatforschung und Wanderpflege, 39: 179-184
- WURM F, ZIMMEIMMERHACKEL P (1882) Basalt- und Phonolithkuppen in der Umgebung von B.-Leipa. Neunzehnter Jahresbericht der Communal-Oberrealschule zu B.-Leipa für das Schuljahr 1881/82, 1-32
- YAKUBOVICH OV, MASSA W, GAVRILENKO PG, PEKOV IV (2005) Crystal structure of chabazite. Kristallografiya 50, 4: 595-604