

<https://doi.org/10.46861/bmp.30.154>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

## Nordstrandit z Richtera lomu v saském Hammerunterwiesenthalu (Německo)

Nordstrandite from the Richter quarry in Hammerunterwiesenthal, Saxony (Germany)

LUBOŠ VRTIŠKA\*, JIŘÍ SEJKORA A RADANA MALÍKOVÁ

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

VRTIŠKA L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2022) Nordstrandit z Richtera lomu v saském Hammerunterwiesenthalu (Německo). Bull Mineral Petrolog 30(1): 154-160 ISSN 2570-7337

### Abstract

The new occurrence of well-crystalline Al-hydroxide, nordstrandite, was found in the Richter quarry in Hammerunterwiesenthal (Germany). Nordstrandite forms a cluster of pink-orange elongated translucent lanceolate crystals of  $6 \times 3$  mm in size. Nordstrandite is triclinic, space group  $P-1$  with following unit-cell parameters:  $a$  5.111(9),  $b$  5.079(9),  $c$  5.132(8) Å,  $\alpha$  70.3(1)°,  $\beta$  74.1(9)°,  $\gamma$  58.5(9)° and  $V$  106.2(4) Å. Raman spectrum agrees very well with published data for this mineral phase and is considerably different from Raman spectra of another  $\text{Al}(\text{OH})_3$  polymorphs. Nordstrandite was found in the close association with natrolite.

**Key words:** nordstrandite, natrolite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, Raman spectra, Richter quarry, Hammerunterwiesenthal, Erzgebirge Mts., Germany

Obdrženo 1. 6. 2022; přijato 8. 7. 2022

### Úvod

Relativně vzácný triklinický minerál nordstrandit je podobně jako gibbsit, bayerit a doyleit polymorfní modifikací  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Nejčastěji se vyskytuje jako mikroskopická součást bauxitických půd vznikajících zvětráváním vápencových hornin (např. Borneo, Guam, Jamajka nebo Madarsko), objeven byl i jako žilný minerál v dolomitických roponosných břidlicích v Green River Formation v Coloradu, USA (Milton et al. 1975). Nordstrandit jako produkt alterace dawsonitu a alumohydrokalcitu popisují v Novém Jižním Walesu v Austrálii Goldberry a Loughnan (1970, 1977). Později byl popsán jako pozdní minerál v pegmatitových uzavřeninách v nefelinickém syenitu v Grónsku (Petersen et al. 1976). Sabina (1977) uvádí jeho výskyt v dutinách sodalitem bohatých hornin u Bancroftu (Kanada) a znám je i z pegmatitů, miarolových dutin a xenolitů v nefelinickém syenitu na lokalitě Mont St. Hilaire (Quebec, Kanada; Chao, Baker 1982). Na trhlínách nefelinitu byl nordstrandit zjištěn na lokalitě Bärenstein v Sasku (Witzke 1994).

V České republice byl dosud v makroskopickém měřítku zjištěn na trhlínách bazaltoidních hornin (nefelinický analcimit) v Děpoltovicích u Karlových Varů (obr. 1), kde se vyskytoval v poměrně hojném množství v asociaci s böhmitem a gonnarditem (Sejkora et al. 2008, 2010). V kamenolomu Mokrý u Žlutic byl znám jako významná příměs v gibbsitu, ve kterém byla jeho přítomnost zjištěna rentgenometricky (Černý et al. 2002). Podobně tomu je v saském Bärensteinu (Witzke 1994), kde spolu tyto minerály srůstají. Čistý nordstrandit v podobě žlutavých až žlutohnědých polokulovitých radiálně lupenitých agregátů až 8 mm velkých byl v Mokrém nalezen na počátku roku 2014 (Svejkovský et al. 2015). Naposled byl objeven v jz.

části 5. patra kamenolomu na Tachovském vrchu u Doks, kde nejčastěji tvoří agregáty různě orientovaných, jednotlivě vyvinutých, bezbarvých a žlutavých krystalů spolu s natrolitem, kalcitem, aragonitem a fluoritem (Pauliš et al. 2017).

Během několika návštěv kamenolomu v Hammerunterwiesenthalu firmy Richter GmbH & Co. KG Splitt-u. Schotterwerk prvním z autorů v roce 2013 bylo v lomu dokumentováno větší množství dutin vyplněných čirými krystaly natrolitu a tlustě tabulkovitými krystaly bílého, čirého až žlutého kalcitu. Během bližšího výzkumu získaného materiálu byly zjištěny krystaly na první pohled velmi nenápadného gibbsitu (Vrtiška et al. 2015). Při dalších úpravách a důkladném očištění materiálu z těchto sběrů, byly na jednom vzorku dokumentovány krystaly z lokality dosud neznámého nordstranditu. Studovaný vzorek je uložen v mineralogické sbírce Národního muzea v Praze.

### Charakteristika lokality

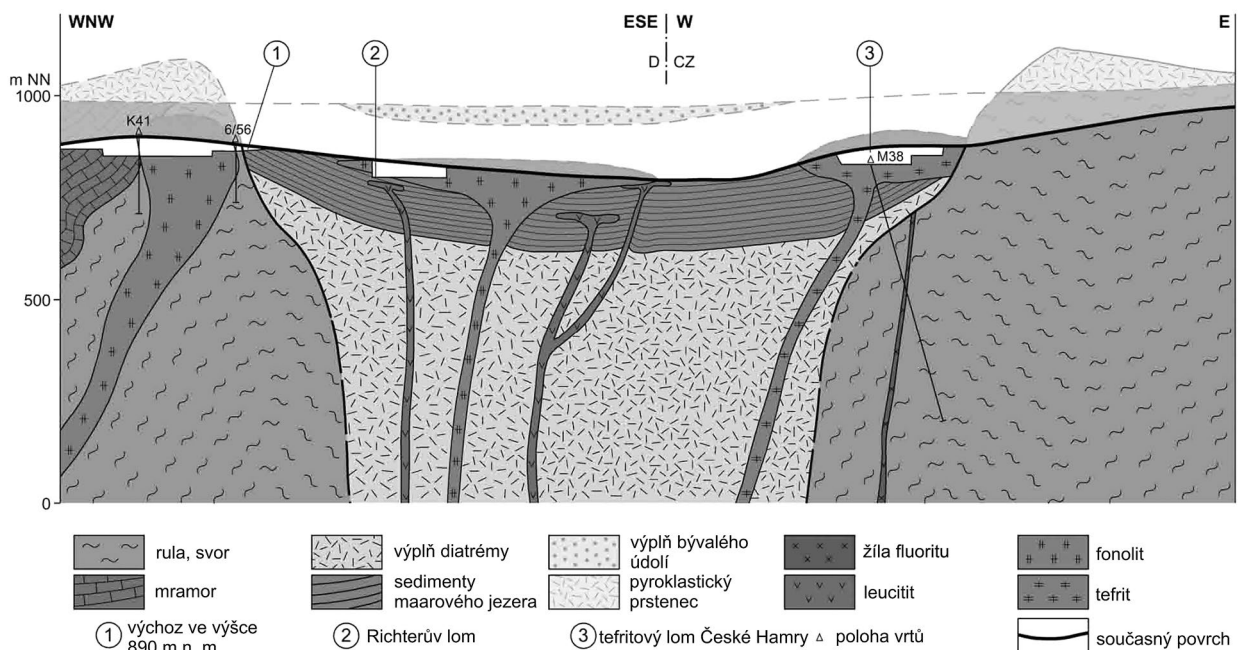
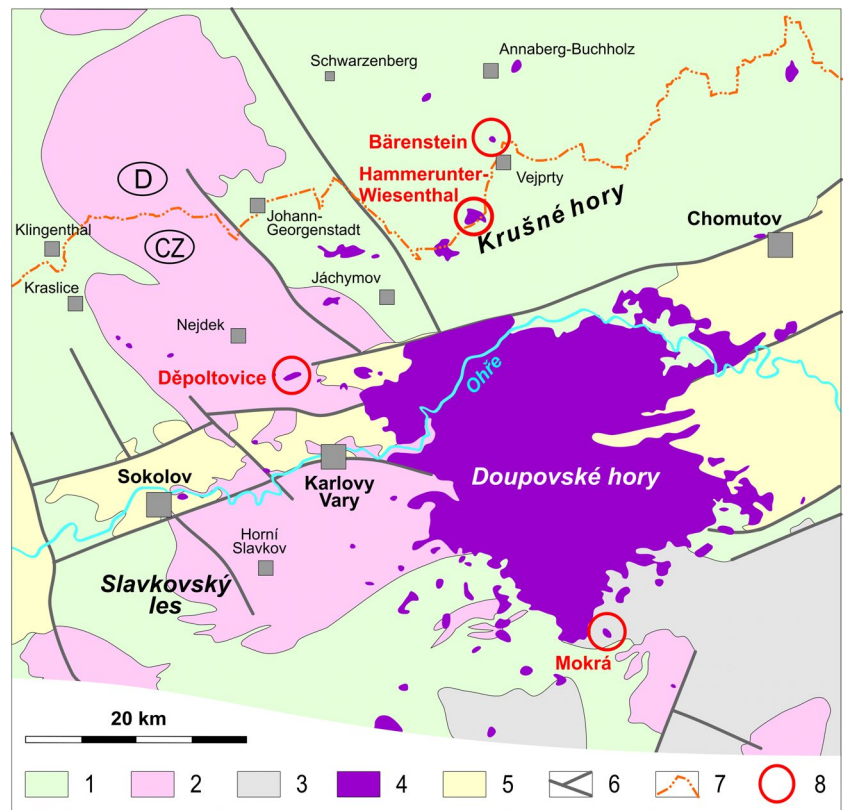
Rozsáhlý několikaetážový Richterův lom v Hammerunterwiesenthalu se rozkládá při západním okraji stejnojmenné obce (GPS souřadnice lomu 50°26'45.48"N 13°0'28.16"E). V širším okolí se nachází několik dalších lomů otevřených v mramorech a amfibolitech a drobné reliktové hlubinné těžby uranových rud. Území spadá v rámci geologického členění do jednotky saxothuringika, která je zde litologicky reprezentována převážně muskovitickými svory, svorovými pararulami a kvarciticými svory s lokálními vložkami granátických pararul, mramorů, erlanů a amfibolitů. V těchto horninách je v místech dnešní česko-německé hranice situován maar-diatrémový vulkán (obr. 2), který je reliktem terciérního vulkanismu v oblasti Krušných hor, vázaného na ohá-

recký rift (Suhr, Goth 2013). Suhr a Goth (2013) uvádějí tři fáze vzniku vulkánu. První vulkanickou událostí byla před 30.5 Ma, ve spodním oligocénu, freatomagmatická exploze leucitového magmatu a formování typického maar-diatrémového vulkánu s kráterem širokým 1.4 km. Tento kráter byl zaplněn jezerními sedimenty. Druhou fází byl vznik fonolitového lakolitu v těchto sedimentech před 28.4 Ma. Tyto horniny jsou, stejně jako jezerní sedimenty, odkryty v Richterově lomu. Třetí dokumento-

vanou událostí je vznik intruzí tefritového složení v jižní a jihovýchodní části maarového kráteru před 22.8 Ma. Tato hornina byla těžena kamenolomem v Českých Hamrech, kde byla původně označována mylně jako fonolit. Dle mezinárodní klasifikace však odpovídá tefritu (Rychlý et al. 1992).

První zmínka o těžbě fonolitu v Hammerunterwiesenthalu pochází z roku 1896. Těžbu zde založil Ernst Moritz Richter, který dodával zde těžенý kámen na stav-

Obr. 1 Geologická mapa širšího okolí Doupovských hor s vyznačenými výskyty nordstranditu (Sejkora et al. 2010; upraveno podle Škvora a Sattrana 1989). 1 - metamorfika; 2 - granity, 3 - sedimenty permokarbonu; 4 - neovulkanity; 5 - sedimenty terciéru; 6 - významné zlomy; 7 - státní hranice; 8 - výskyty nordstranditu.



Obr. 2 Řez maar-diatrémovým vulkánem Hammerunterwiesenthal se třemi fázemi vulkanismu. Upraveno podle Suhra a Gotha (2013).



Obr. 3 Spodní etáž Richterova lomu v Hammerunterwiesenthalu před jeho zatopením. Stav duben 2013. Foto: L. Vrtiška.



Obr. 4 Zatopený Richterův lom po roce 2013, foto P. Gunkel.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data nordstranditu z Hammerunterwiesenthalu

$d_{obs}$	$l_{obs}$	$d_{calc}$	$h$	$k$	$l$	$d_{obs}$	$l_{obs}$	$d_{calc}$	$h$	$k$	$l$
4.778	100	4.787	0	0	1	2.0158	1	2.0164	2	1	2
4.312	1	4.326	-1	0	0	1.9023	1	1.9006	-1	-2	1
4.210	2	4.208	0	1	0	1.7878	<1	1.7882	-1	1	2
4.158	1	4.163	-1	-1	0	1.7769	2	1.7787	0	-2	1
3.879	<1	3.891	1	1	1	1.6229	<1	1.6205	-3	-1	0
3.434	<1	3.427	1	0	1	1.5924	<1	1.5904	2	3	2
3.033	1	3.034	-1	0	1	1.5504	<1	1.5497	2	1	3
2.850	1	2.848	0	-1	1	1.5114	<1	1.5120	3	1	2
2.712	<1	2.709	-1	-1	1	1.4773	<1	1.4786	3	3	1
2.4889	1	2.4897	1	1	2	1.4654	<1	1.4653	-1	-2	2
2.3905	3	2.3912	1	2	0	1.4385	<1	1.4390	-3	-1	1

Tabulka 2 Parametry základní cely nordstranditu pro triklinickou prostorovou grupu  $P-1$

		$a$ [Å]	$b$ [Å]	$c$ [Å]	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]	$\gamma$ [°]	$V$ [Å <sup>3</sup> ]
Hammerunterwiesenthal	tato práce	5.111(9)	5.079(9)	5.132(8)	70.3(10)	74.1(9)	58.5(9)	106.2(4)
syntetický	Bosmans (1970)	5.114	5.082	5.127	70.27	74.00	58.47	106.09
Mokrá u Žlutic	Svejkovský et al. (2015)	5.10(2)	5.07(2)	5.12(2)	70.5(3)	73.8(3)	58.2(3)	105(3)
Tachovský vrch	Pauliš et al. (2017)	5.119(6)	5.082(6)	5.125(6)	70.3(7)	73.9(8)	58.4(7)	106.0(2)

bu železnice spojující Cranzahl s Oberwiesenthal. Počet zaměstnanců v lomu postupně vzrostl asi na 50. Objem těžby postupně rostl, a to až do období druhé světové války, kdy pro nedostatek mužů, kteří byli povoláni do války, začal dočasně upadat. V roce 1945 se těžba potýkala s nedostatkem financí. Dne 23. 12. 1949 pak těžbu zastavil požár vzniklý při zkratu v kompresorové stanici. Lom začal opět poskytovat šterk až 1. 10. 1950. Těžba narůstala a v roce 1972 dosáhla produkce 450 000 tun kameniva. Firma, provádějící zde těžbu, patří rodině Richterů a téměř od počátku těžby se jmenuje Richter & CO. Výjimkou bylo období mezi roky 1972 a 1990, kdy byl podnik znárodněn a přejmenován na „VEB Splitt- und Schotterwerk Hammerunterwiesenthal“. Dne 1. 8. 1990 přebírá firmu Friedemann Richter, který ji opět přejmenovává na Richter & Co. V roce 2018 přebrala aktivity firmy společnost GEOMIN Industriemineralien GmbH & Co. KG. Informace o historii těžby byly získány z informačních tabulí nad lomem, které jsou součástí Naučné stezky Hammerunterwiesenthal a jsou bez uvedených primárních zdrojů informací. Minerologicky je lokalita proslulá především výskytem krystalovaných ukázek zeolitů vyplňujících dutiny ve foliolitu. Vyskytovaly se zde estetické ukázky čirých sloupcovitých krystalů thomsonitu, které často tvořily až několik centimetrů velké snopkovité nebo polokulovité agregáty. Velmi hojným minerálem zde byl také natrolit, který tvořil nejčastěji čiré sloupcovité krystaly tetragonálního průřezu, případně snopkovité shluky krystalů bílé nebo narůžovělé barvy dosahujících délky obvykle 1 - 2 cm. V minerologické sbírce Národního muzea v Praze je uložena zajímavá ukázka růžového natrolitu tvořícího souvislou vrstvu krátce jehličkovitých krystalů překrytých tenkou vrstvou čirého thomsonitu. Z dalších minerálů se na lokalitě vyskytovaly čiré, bílé a žlutavé pseudohexagonální krystaly kalcitu, krystaly analcimu, mezolit, chabazit, fluorit, aj. (Schwind, Hofmann 1990; Schwind 1994; Haake

et al. 1994). Zajímavý je také výskyt křídově bílých sloupcovitých krystalů gonnarditu, tvořících tlusté kůry v dutinách fonolitu o rozměrech až 25 cm (Keck 2004), nebo červené krystaly sanidinu na analcimu (Hajek 2006). Z lokality je také uváděn stroncianit (Schwind, Hofmann 1990), který byl v podobě žlutých průhledných krystalů do velikosti 2 mm ověřen na vzorcích ze sběrů prvního z autorů. Lokalita Hammerunterwiesenthal je z mineralogického hlediska blízka sousední lokalitě České Hamry na české straně hranice, která je navíc známá výskytem modrého anhydritu. Informace a jednoduché srovnání mineralizace obou lokalit shrnuje práce Vrtišky (2015).

Richterův lom v Hammerunterwiesenthalu byl pracovníky mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea navštíven v dubnu a květnu roku 2013. V té době probíhalo finální dotěžování zbytků zásob a práce v lomu postupně ustávaly (obr. 3). Voda z lomu však byla stále odčerpávána a na spodních etážích bylo možné objevit velké množství dutin se zeolity (převážně natrolitem) a kalcitem. Při další návštěvě v říjnu téhož roku již byla těžba ukončena a spodní patra lomu byla postupně zatápěna. V současné době je Richterův lom zcela zatopen vodou (obr. 4). Těžba kamene v okolí Hammerunterwiesenthalu je v současné době přesunuta do nedalekých lomů, kde jsou dobývány převážně ruly a mramor.

### Metodika výzkumu

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

Chemické složení nordstranditu bylo ověřeno pomocí energiově



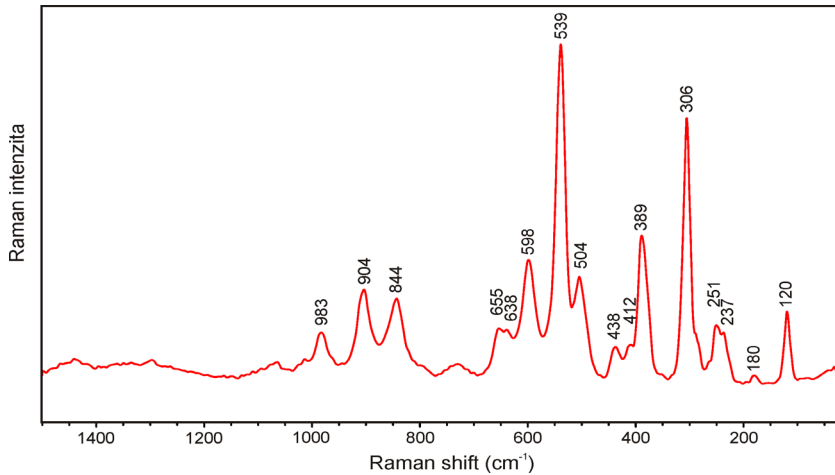
**Obr. 5** Srostlice protažených krystalů nordstranditu s bílým natrolitem, šířka záběru 6 mm, foto L. Vrtiška.



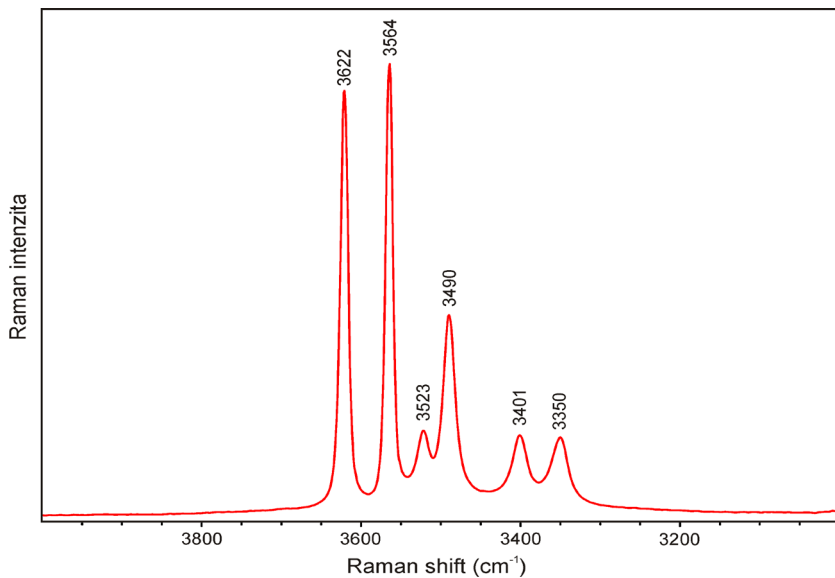
**Obr. 6** Růžovooranžové krystaly nordstranditu s bílým natrolitem, šířka záběru 8 mm, foto L. Vrtiška.



**Obr. 7** Kopinaté krystaly nordstranditu s bílým natrolitem, šířka záběru 3 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 8 Ramanovo spektrum nordstranditu z Hammerunterwiesenthalu v rozmezí 1500 - 20  $\text{cm}^{-1}$ .



Obr. 9 Ramanovo spektrum nordstranditu z Hammerunterwiesenthalu v rozmezí 3000 - 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

Tabulka 3 Interpretace Ramanova spektra nordstranditu

tato práce	Rodgers (1993)	pravděpodobné přiřazení pásů
3622	3623	
3564	3567	
3523	3523	valenční vibrace $\nu(\text{OH})$
3490	3490	
3401		
3350	3349	
983	985	
904	898	deformační vibrace $\delta\text{Al-OH}$
844		
655	657	
638	634	
598	595	
539	541	deformační vibrace $\delta\text{Al-O-Al}$
504	506	a/nebo librační módy (OH)
438	437	
412	412	
389	390	
306	305	
251	251	
237	237	valenční vibrace $\nu\text{Al-O-Al}$
180	177	
120	118	mřížkové vibrace

disperzního analyzátoru Bruker na elektronovém mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha).

Ramanova spektra nordstranditu byla pořízena za pomoci disperzního spektrometru DXR (Thermo Scientific) spojeného s konfokálním mikroskopem Olympus (Národní muzeum Praha). Podmínky měření: zvětšení objektivu 10 $\times$ , použitý laser 532 nm, rozsahy měření 20 - 1500  $\text{cm}^{-1}$  a 3000 - 4000  $\text{cm}^{-1}$ , doba expozice 1 s, celkový počet expozic 360, výkon laseru 10 mW, použitá apertura 50  $\mu\text{m}$  pinhole, velikost měřené stopy 2.1  $\mu\text{m}$ . Spektrometr byl kalibrován pomocí softwarově řízené procedury s využitím emisních linií neonu (kalibrace vlnočtu), Ramanových pásů polystyrenu (kalibrace frekvence laseru) a standardizovaného zdroje bílého světla (kalibrace intenzity). Získaná spektra byla zpracována pomocí programu Omnic 9 (Thermo Scientific).

### Charakteristika zjištěné mineralizace

**Nordstrandit** byl zjištěn pouze na jednom vzorku, kde tvoří shluk béžových až růžvooranžových, protáhlých, průsvitných kopinatých krystalů o velikosti 6  $\times$  3 mm (obr. 5-7). Narůstá na sloupcovité krystaly a snopkovité agregáty natrolitu, které dosahují velikosti do 7 mm.

Rentgenová prášková data nordstranditu (tab. 1) se shodují s publikovanými údaji pro tento minerální druh a zároveň se jednoznačně odlišují od dat uváděných pro ostatní polymorfní modifikace  $\text{Al}(\text{OH})_3$  - gibbsit, bayerit a doyleit. Z rentgenových práškových dat uvedených v tabulce 1 je dle hodnot intenzit difrakcí zřejmá přednostní orientace preparátu způsobená dokonalou štěpností nordstranditu. Zpřesněné parametry základní cely studovaného nordstranditu jsou v tabulce 2 porovnány s ostatními publikovanými údaji pro tento minerální druh. Za pomoci kvalitativní chemické analýzy byly zjištěny pouze obsahy Al bez dalších příměsí.

Ramanovo spektrum nordstranditu z Hammerunterwiesenthalu v rozmezí 20 - 1500  $\text{cm}^{-1}$  (obr. 8) a 3000 - 4000  $\text{cm}^{-1}$  (obr. 9) velmi dobře odpovídá spektrům tohoto minerálu z lokalit Cerro Sapo, Bolívie (R050592) a Mont St. Hilaire (R130093) uvedených v databázi RRUFF (Lafuente et al. 2015) i datům publikovaným pro tuto minerální fázi (Rodgers 1993) a

zároveň se velmi zřetelně odlišují od Ramanových spekter ostatních polymorních modifikací  $\text{Al}(\text{OH})_3$  - gibbsitu, bayeritu a doyleitu. Podrobná interpretace Ramanova spektra nordstranditu nebyla zřejmě dosud publikována; zejména přiřazení jednotlivých pásů k vibracím  $\text{Al-OH}$  v oktaedru je poměrně komplikované. Pokus o interpretaci jednotlivých pozorovaných pásů (tab. 3) je založen především na údajích v dostupné literatuře (Ryskin 1974; Saalfeld, Jarchow 1968; Ruan et al. 2001; Nakamoto 2009; Sipos 2009; Li et al. 2014; Vrtiška et al. 2015). Nejvíce intenzivní Ramanovy pásy s maximy u 3622 a 3564  $\text{cm}^{-1}$  a středně intenzivní pásy u 3523, 3490, 3401 a 3350  $\text{cm}^{-1}$  náleží valenčním vibracím  $\nu\text{OH}$  vodíkovými vazbami vázaných hydroxylů. Pásy 983, 904 a 844  $\text{cm}^{-1}$  přísluší deformačním vibracím  $\delta\text{Al-OH}$ ; řada pásů a ramen v rozmezí 680 - 360  $\text{cm}^{-1}$  deformačním vibracím  $\delta\text{Al-O-Al}$ , případně jsou v koincidenci s libračními módy hydroxylových iontů ( $\text{OH}^-$ ). Pásy při 306, 251, 237 a 180  $\text{cm}^{-1}$  pak náleží valenčním vibracím  $\nu\text{Al-O-Al}$ ; pás u 120  $\text{cm}^{-1}$  souvisí s mřížkovými vibracemi.

## Závěr

V současné době zatopený Richterův lom v Hammerunterwiesenthalu patřil dlouhá léta k významným a produktivním mineralogickým nalezištím, známým převážně výskytem výrazných krystalovaných ukázek zeolitů. Nový nález nordstranditu je po nedávném objevení gibbsitu (Vrtiška et al. 2015) druhou modifikací  $\text{Al}(\text{OH})_3$  zjištěnou na této lokalitě. Výskyt více polymorních modifikací  $\text{Al}(\text{OH})_3$  v rámci jedné mineralizace byl zjištěn například na lokalitě Mokrý u Žlutic (Černý et al. 2002; Svejkovský et al. 2015) či Bärenstein v Německu (Witzke 1994). Na obou lokalitách se vedle nordstranditu a gibbsitu vyskytuje také böhmit ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ). Nordstrandit v asociaci s böhmitem byl zjištěn také například na lokalitě Děpoltovice (Sejkora et al. 2010).

## Poděkování

*Milou povinností autorů je poděkovat zaměstnancům firmy Richter & CO za vstřícné jednání při návštěvách lomu Hammerunterwiesenthal a Petru Černému za spolupráci při terénních pracích na lokalitě. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národního muzea (DKRVO 2019-2023/1.II.d. 00023272).*

## Literatura

- BOSMANS HJ (1970) Unit cell and crystal structure of nordstrandite,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Acta Cryst B26: 649-652
- ČERNÝ P, ČERNÝ P, HABERMANN V, KOLOUŠEK V, ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F (2002) Mokrý u Žlutic, lokalita gibbsitu, böhmitu a zeolitů. Minerál 10(6): 404-408
- GOLDBERRY R, LOUGHAN FC (1970) Dawsonite and nordstrandite in the Permian Berry Formation of the Sydney Basin, New South Wales. Am Mineral 55: 477-490
- GOLDBERRY R, LOUGHAN FC (1977) Dawsonite, aluminohydrocalcite, nordstrandite and gorceixite in Permian marine strata of the Sydney Basin, Australia. Sedimentology 24: 565-579
- HAAKE R, FLACH S, BODE R (1994) Mineralien und Fundstellen Deutschland. Teil 2: 70. Bode Verlag, Haltern
- HÁJEK W (2006) Neufunde 2005 aus der Grube Clara und aus Hammerunterwiesenthal. Lapis 31(3): 36
- CHAO GY, BAKER J (1982) Nordstrandite from Mont St-Hilaire, Quebec. Can Mineral 20: 77-85
- KECK E (2004) Gonnardit aus dem Sächsischen Erzgebirge und aus Ostbayern. Lapis 29 (11): 41-43
- LAFUENTE B, DOWNS RT, YANG H, STONE N (2015) The power of databases: the RRUFF project. In: Armbruster T, Danisi RM (eds.): Highlights in Mineralogical Crystallography, 1-30. W. De Gruyter Berlin
- 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
- LI X, ZHAO D, YANG S, WANG D, ZHOU Q, LIU G (2014) Influence of thermal history on conversion of aluminate species in sodium aluminate solution. Transact of Nonferrous Metal Soc China 24: 3348-3355
- MILTON C, DWORNIK EJ, FINKELMAN RB (1975) Nordstrandite,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , from the Green River Formation in Rio Blanco County, Colorado. Am Mineral 60: 285-291
- NAKAMOTO K (2009) Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds, Part A. Theory and application in inorganic chemistry. Wiley Hoboken New Jersey, 432 s
- PAULIŠ P, JANEČEK O, HRŮZEK L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEJDIUK F, POUR O (2017) Nordstrandit a zeolitová mineralizace fonolitu Tachovského vrchu u Doks (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 25(1): 69-84
- PETERSEN OV, JOHNSEN O, LEONARSEN ES (1976) Nordstrandite from Narssârssuk, Greenland. Mineral Rec 7: 78-82
- RODGERS KA (1993) Routine identification of aluminium hydroxide polymorphs with laser Raman microprobe. Clay Miner 28: 85-99
- RYCHLÝ R, ŠREIN V, ULRYCH J (1992) Amygdale cavity fillings of tephrite from České Hamry, Krušné hory Mts., Bohemia. Acta Univ Carol geol 1-2: 225-238
- RYSKIN YA (1974) The vibration of protons in minerals: hydroxyl, water and ammonium. In Farmer VC (ed.) The infrared spectra of minerals: 149-151, Mineralogical Society London
- RUAN HD, FROST RL, KLOPPROGGE JT (2001) Comparison of the Raman spectra of bayerite, boehmite, diaspore and gibbsite. J Raman Spectrosc 32: 745-750
- SAALFELD H, JARCHOW O (1968) Die Kristallstruktur von Nordstrandit,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . N Jb Mineral, Abh 109: 185-191
- SABINA AP (1977) New occurrences of minerals in parts of Ontario. Geol Surv Can, Pap 77(1A): 335-339
- SEJKORA J, BUREŠ B, TVRDÝ J (2008) Nordstrandit von Děpoltovice bei Karlovy Vary (Karlsbad), Tschechien. Lapis 33(12): 36-38
- SEJKORA J, JEBAVÁ I, PLÁŠIL J, BUREŠ B, TVRDÝ J (2010) Nordstrandit z lomu v Děpoltovicích u Karlových Varů (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 18(1): 33-41
- SCHWIND S (1994) Mineraliensammeln im Steinbruch erlaubt! Lapis 19 (5): 6
- SCHWIND S, HOFMANN F (1990) Das Zeolithvorkommen von Hammerunterwiesenthal im oberen Erzgebirge. Lapis 15(7-8): 47-52
- SIPÓS P (2009) The structure of  $\text{Al}(\text{III})$  in strongly alkaline aluminate solutions - A review. J Molec Liquids 246: 1-14
- SUHR P, GOTH K (2013) The Maar of Hammerunterwiesenthal - a „Complex Monogenetic Volcano“, Saxony. Basalt 2013: 145-146

- SVEJKOVSKÝ J, PAULIŠ P, MALÍKOVÁ R (2015) Nordstrandit z kamenolomu Mokrá u Žlutic (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(1): 30-33
- ŠKVR V, SATTRAN V (1989) Geologická mapa České republiky 1 : 50 000. List 11-21 Karlovy Vary. ÚÚG Praha.
- VRTIŠKA L (2015) České Hamry a Hammerunterwiesenthal: dvě významná naleziště zeolitů v Krušných horách. *Minerál* 28(6): 545-554
- VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, SOUMAR J, MACEK I, ČEJKA J (2015) Nový nález gibbsitu z tefritového lomu Hammerunterwiesenthal v Krušných horách (Německo). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(2): 247-254
- WITZKE T (1994) Neufunde aus Sachsen (II): Nordstrandit vom Bärenstein bei Annaberg in Sachsen. *Lapis* 19(10): 36-39