

# Těžba pokrývačských břidlic v oblasti Zálužné - Mokřinky (Slezsko, Česká republika) a s ní spojené supergenní minerály

## Slate industry at Zálužné - Mokřinky area (Silesia, Czech Republic) and its associated supergene minerals

JAKUB JIRÁSEK<sup>1)\*</sup>, DALIBOR MATÝSEK<sup>2)</sup>, MARTIN PŘIBIL<sup>3)</sup>, KAROL ŠMEHIL<sup>4)</sup> A ANETA MINAŘIKOVÁ<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>Centrum ENET & Katedra geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba; \*e-mail: jakub.jirasek@vsb.cz

<sup>2)</sup>Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin & Katedra geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba

<sup>3)</sup>Katedra hornického inženýrství a bezpečnosti, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba & Oddělení hornictví a hutnictví, Národní technické muzeum, Kostelní 42, 17078 Praha 7

<sup>4)</sup>UNICOM POWER s.r.o., Pod Dráhami 16, 960 01 Zvolen, Slovenská republika

<sup>5)</sup>Katedra geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba

JIRÁSEK J, MATÝSEK D, PŘIBIL M, ŠMEHIL K, MINAŘIKOVÁ A (2019) Těžba pokrývačských břidlic v oblasti Zálužné - Mokřinky (Slezsko, Česká republika) a s ní spojené supergenní minerály. Bull Mineral Petrolog 27(1): 89-108 ISSN 2570-7337

### Abstract

The development of the slate industry in North Moravia and Silesia is closely linked to the development of cities, industry and education, which required new types of cheap and non-flammable roofing material, durable tile material, slate writing tables and other products. Another factor was the intensive development of trade through rail transportation after 1840. This led to the fact that in the 1860s there were as many as one hundred active slate quarries between Opava and Olomouc towns, which employed up to 2000 workers and produced about 118 million pieces of slate roofing plates (scales) and about 140000 m<sup>2</sup> of paving each year. This boom ended at the beginning of 20<sup>th</sup> century, with the general expansion of the circular furnace (ceramic industry), cement-cladding tiles, and cheap sheet metal roofing. In the area Zálužné-Mokřinky first quarries are reported from the first half of the 19<sup>th</sup> century. The large opening of the Zálužné-Mokřinky slate deposit begun in 1866 with the newly established Slate Stock Company in Olomouc (Schieferbergbau AG Olmütz). Slate mining at the place reached yearly production 36000 m<sup>2</sup> of roofing at the turn of the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries. After the lower horizons were exhausted, the underground quarry was closed (1928) due to high operating costs. Local slates belong to the Early Carboniferous (Viséan) siliciclastic flysch sequence of the Variscan foreland basin. Goniatic fauna proved its belonging to the Moravice Formation. In 2018, we sampled supergene minerals in the underground slate quarry (mine) of the Slate Stock Company. They are forming at the sides of open chamber, at the footwall, and on the backfill material. With a combination of the powder X-ray diffraction, EDS, and WDS spectroscopy, we identified a number of supergene minerals, connected to the acid drainage of the pyrite from the slates. Most abundant is acicular gypsum with aggregates of alunite. Common are thin coatings of jarosite. Botryoidal coatings of Si or Si-Al hydroxides belong to series between *alumogen* and *allophane*. Thin tabular crystals of lanthanite-(La) and lanthanite-(Ce) are locally bounded to their surface. Schwertmannite, goethite, and ferrihydrite-2L were identified from the straws of ferric minerals. There is an evidence of their microbially-supported precipitation. Oxidic manganese minerals accompany *alumogel* and ferrihydrite. Most common is buserite-Ca with an average formula  $\text{Ca}_{1.75}\text{Mg}_{0.32}\text{Na}_{0.02}\text{Ni}_{0.07}\text{Co}_{0.02}\text{Zn}_{0.02}(\text{Mn}_{11.25}\text{Si}_{0.09}\text{Al}_{0.02}\text{Fe}_{0.01})_{\Sigma 11.37}\text{F}_{0.06}\text{O}_{25.00} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (recalculated for all Mn quadrivalent, 25 oxygens, and moisture-free base). Centres of the buserite aggregates are formed by birnessite with average formula  $\text{Ca}_{0.41}\text{Mg}_{0.07}\text{Ni}_{0.01}\text{Zn}_{0.01}(\text{Si}_{1.82}\text{Mn}^{3.75+}_{1.84})_{\Sigma 1.84}\text{F}_{0.01}\text{O}_{4.00} \cdot 1.37\text{H}_2\text{O}$  (valency of Mn 3.75+, 4 oxygens, water calculated from the Mn/H<sub>2</sub>O ratio). Recent calcite and aragonite mineralization was also noted.

**Key words:** supergene minerals, biomineralization, alunite, alumogel, allophane, lanthanite-(La), lanthanite-(Ce), schwertmannite, ferrihydrite-2L, buserite-Ca, birnessite, history of slate mining, roofing slate industry, Early Carboniferous, Silesia, Czech Republic

Obdrženo 2. 4. 2019; přijato 14. 6. 2019

## Úvod

Ložiska štípatelných břidlic na severní Moravě jsou dlouhodobě mimo zájem mineralogů. Hlavní důvod je, že břidlicové lomy a doly jsou považovány za mineralogicky sterilní, byť na sekundární mineralizaci upozorňoval již například Staněk (1990). Další příčinou je, že většina ložisek byla těžena v 19. a první polovině 20. století. Po druhé světové válce dochází k vyhlídání okolní krajiny odsunem německy mluvícího obyvatelstva, záborem části oblasti vojenským újezdem Libavá (1946) a koncentrací těžby do několika málo lokalit.

Většina historických lomů po těžbě břidlic na severní Moravě je v současnosti částečně přístupná, ovšem s různými (především legislativními) obtížemi, neboť do důlních děl (včetně starých lomů) je vstup zakázán a naprostá většina důlních děl je zajištěna (či zlikvidována) Ministerstvem životního prostředí ČR. Jen jediné, historicky, těžebně i turisticky nevýznamné důlní dílo je zpřístupněno veřejnosti (Kleinova štola, nově zvaná „Rabova štola“ v Nových Těchanovicích), ale aktuálně se připravují další projekty.

Tradované představy o mineralogické sterilitě zdejších dolů bychom rádi alespoň zčásti vyvrátili tímto příspěvkem, který kromě dějin těžby v oblasti Zálužné - Mokřinky (obr. 1) upozorňuje na to, že zvětráváním pyritem bohatého odpadu po těžbě deponovaného v zakládkách může za příznivých podmínek vznikat pestrá a zajímavá asociace supergenních minerálů včetně řady nepříliš běžných fází.

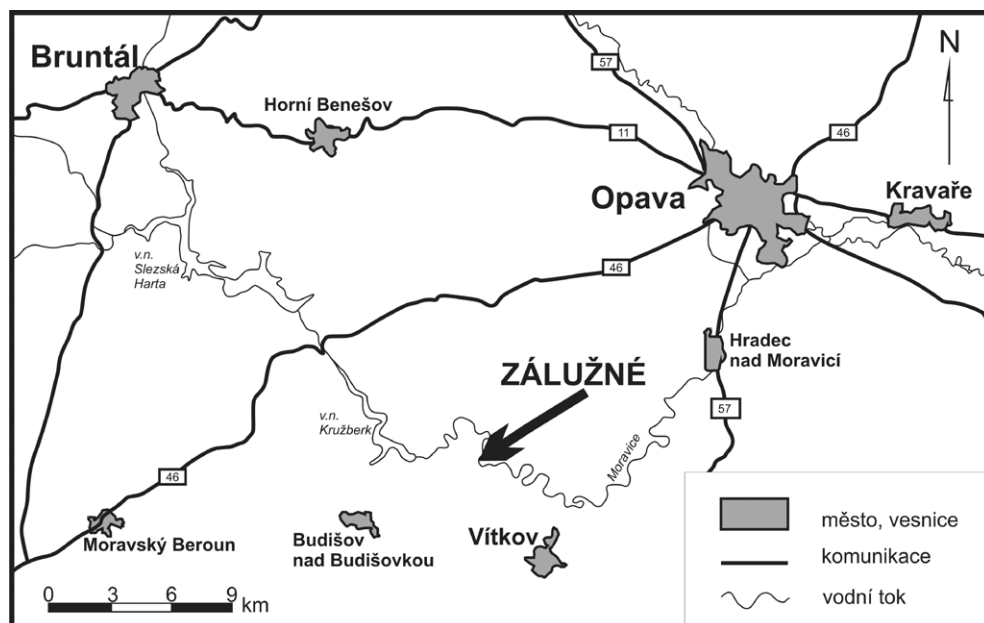
## Stručná historie břidlicového průmyslu severní Moravy a opavského Slezska

Rozvoj průmyslu pokrývačských a štípatelných břidlic je úzce spjat s rozvojem měst, průmyslu a školství, který vyžadoval nové typy levných a nehořlavých krytin, levné trvanlivé materiály na dlažby, břidlicové tabulky na psaní a další výrobky. Tuto potřebu podpořila reforma týkající se všeobecné vzdělávací povinnosti pro chlapce a dívky (1774) a různé zákonné požadavky na nehořlavou krytinu, které měly zamezit ničivým požárům ve městech a obcích s hustou zástavbou. Stavební řády pro Čechy z roku 1833 a Moravu a Slezsko z roku 1835 zakazovaly ve městech spalitelné krytiny ze šindele. České gubernium

proto opakovaně vyzývalo k obnově lomů na štípatelnou břidlici (Ebel 2007). V polovině 19. století podpořila těžbu břidlic i vysoká cena paliv, která zdražovala vypalované typy keramické krytiny, které byl ale již předtím nedostatek. Dalším faktorem byl intenzivní rozvoj obchodu prostřednictvím železniční dopravy po roce 1840, která umožnila export krytiny, dlažby a dalších břidlicových výrobků na delší vzdálenosti. Výhody naší moravské a slezské břidlice popularizovala řada autorů, jako inženýr a geodet Carl Baron von Callot (1851), ředitel Technického učiliště v Brně (dnes VUT) Florian Schindler (1862), brněnský starosta, poslanec říšské rady a moravského zemského sněmu Christian d'Elvert (1866) či profesor Ferdinand von Hochstetter (1866).

Pokrývačská břidlice není vyhrazený nerost a nespádala do horního regálu, její dobývání bylo považováno za lomovou těžbu, a to i když probíhala v podzemí (Peters, Koschin 1930). Takové provozy byly označovány jako břidlicové lomy, tak i, poněkud eufemisticky, jako břidlicové doly. Přesnější je označení podzemní lomy, protože těžba břidlice nebyla ve státní administrativě považována za hornictví. Ovšem obrovskou výhodou pro tyto lomy bylo právě oproštění od báňské legislativy a takřka „americké“ pojetí vyhledávací a těžební činnosti s vazbou na pozemky a nikoliv na propůjčky od státní báňské správy. Růstu tohoto průmyslu značně pomohla výstavba železničních tratí, především Severní dráhy Ferdinandovy (Vídeň - Olomouc (1841) - Bohumín (1847) a jejích odbočných větví Ostrava - Opava (1855) a Moravskoslezské centrální (ústřední) dráhy Olomouc - Bruntál - Krnov - Opava (1872) a dalších regionálních tratí: Suchdol nad Odrou - Budišov nad Budišovkou (1891), Opava - Horní Benešov (1892), Opava - Hradec nad Moravicí (1905). To vedlo k tomu, že v 60. letech 19. století bylo mezi Opavou a Olomoucí až ke stovce činných břidlicových lomů, které zaměstnávaly až 2 tisíce dělníků a produkovaly ročně cca 118 milionů kusů břidlicových střešních krycích ploten (šupin) a cca 140 000 m<sup>2</sup> dlažby, v hodnotě 464 000 zlatých (d'Elvert 1866).

Na ekonomiku provozu břidlicových lomů mezi Olomoucí a Opavou měla pochopitelně značný vliv cena konkurenčních výrobků, především z Durynského lesa, ale břidlice se do českých zemí dovážela až z Británie. Slezská břidlice se zase exportovala do pruského Slez-



Obr. 1 Umístění studované lokality v rámci severní Moravy.

ska a expedovala na další místa monarchie, do Vídně, Prahy atp. Na těžbu břidlice měly negativní vliv ekonomické krize, nedostatek levné pracovní síly, válečné události a odvody branců. Postupem času se na moravských a slezských břidlicích etablovalo několik větších společností, které dominovaly trhu a byly schopny obstát kvalitou i cenou v konkurenci, a to i v zahraničí. Významnou konkurenci začal po rozšíření vynálezu kruhové pece představovat rapidně se rozvíjející keramický průmysl, produkující značné množství střešních tašek, které ve 20. století spolu s cemento-osinkovými taškami (eternitem) a levným plechem břidlicí zcela vytlačily. Dnes je na střeších dochovaná břidlicová krytina v ČR zřidkavá a to i v tradičních oblastech těžby břidlice (d'Elvert 1866; Hochstetter 1866; Ebel 2007).

V nedávné minulosti těžba břidlic prakticky skončila po ukončení hlubinné těžby na výhradním ložisku nevýhradního nerostu Nové Těchanovice-Lhotka u Vítkova (dále jen „Lhotka“), v roce 2009 zde ještě probíhalo schválené dotěžení zbytků mezikomorových pilířů. Do roku 2010 se také dobývaly průvodní zakládky na zahradní kámen, ale už nebyla vyráběna krytina. Na konci roku 2011 se již rozprodávalo důlní vybavení a těžba v podzemí skončila, ale až do současnosti se zpracovává halda dolu.

Během útlumu a ukončení provozu dolu Lhotka došlo k mírnému obnovení zájmu o těžbu kamene pro zahradní architekturu, dlažby a obklady. Tato nová poptávka již nestačila pro obnovení těžby na ložisku Lhotka. Hlavním důvodem útlumu dolu Lhotka byly majetkoprávní spory, kdy správce konkursní podstaty rozdělil závod na důl (objekty a důlní díla) a vlastní ložisko. Toto sporné rozhodnutí znemožnilo další exploataci ložiska a vedlo ke konci těžby. Podinvestování dolu vedlo také ke zřícení části jámové výstroje a případné obnovení těžby na ložisku Lhotka bude finančně náročné.

Od roku 2001 je dodnes v provozu lom na ložisku nevýhradního nerostu Domašov nad Bystřicí nedaleko Jívové. V roce 2009 bylo zahájeno obnovení provozu na historickém výhradním ložisku nevýhradního nerostu Svatoňovice-Staré Oldřůvky (nyní Důl Radim), jehož budoucnost měla původně být výroba konglomerovaného kamene, důl je dodnes v provozu.

V letech 2013 - 2014 byl v rámci geologického průzkumu neevidovaného ložiska otevřen povrchový lom na břidlice pod železniční zastávkou v Čermné ve Slezsku, který vyráběl přírodní dlažby až do roku 2016. Od roku 2014 probíhalo zmáhání dobývky na lokalitě bývalých Haschkeových lomů na ložisku nevýhradního nerostu Čermná ve Slezsku - východ 1 („Žlutý květ“). Pro podinvestování projektu bylo od dalšího zpřístupňování důlních děl na tomto významném a kvalitním ložisku ustoupeno. Projekt byl zajímavý invencí s nasazením moderní technologie systému Rathschek a způsobu dobývání pomocí víceúčelového elektrohydraulického univerzálního stroje NSU firmy Duvas-UNI s housenicovým podvozkem a teleskopickým výložníkem umožňující výměnu pracovních orgánů - kotoučové pily Boart-Longyear, velkého hydraulického sbíjecího kladiva a lopaty. Podobný stroj NSU se posléze uplatnil na dole Radim.

V roce 2014 bylo ohledáno staré neevidované ložisko se starým lomem nad železniční stanicí v Budišově nad Budišovkou, původně zde břidlici zřejmě dobývala firma Carl Weissshuhn. Na tomto ložisku s pokrývačskou břidlicí byl v rámci geologického průzkumu v roce 2016 znovu otevřen lom pod názvem Šárka, včetně vybudování moderní zpracovatelské kapacity v Budišově. Regulární těž-

ba by měla být zahájena v roce 2019.

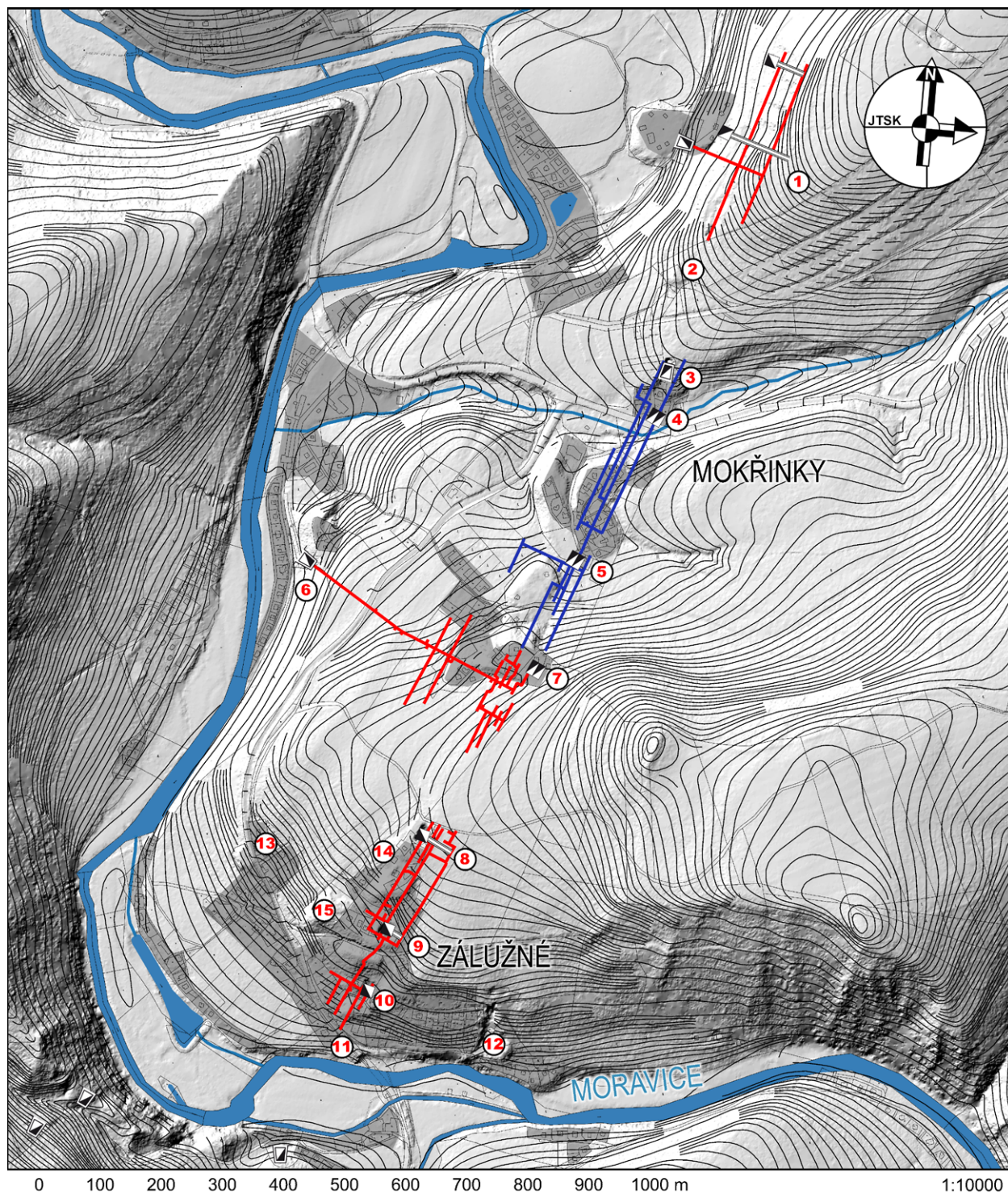
Za zmínku stojí také již déle probíhající projekt na otvírku povrchového lomu ve Starých Heřmánovech (Pusté Držkovice) na výhradním ložisku nevýhradního nerostu Svobodné Heřmanice - jih, nedaleko místa počátku těžby břidlice v této oblasti. V rámci různých sanačních a revitalizačních akcí na zahlazení následků těžební činnosti či pro komunální a jiné účely se břidlice těží také z hald výhradních ložisek nevýhradního nerostu Svobodné Heřmanice, Velká Střelná a příležitostně i na dalších místech (např. Svatoňovice).

Po přírodním materiálu, jako jsou štípatelné břidlice, je stále poptávka a z domácích zdrojů je možné plně saturovat trh se zahradním kamenem, hrubšími typy obkladů, výhledově částečně i poptávku po autentické domácí krytině pro památkové stavby, která se nyní dováží z Číny, Španělska a Brazílie. Horší je situace domácích zdrojů na velké formáty kvalitní břidlice, například na stolní desky, kulečnické stoly a další rozměrnější kamenické výrobky.

### Historicko-technická situace těžby v oblasti Zálužné - Mokřinky

Na základě probíhajícího historicko-technického výzkumu Národního technického muzea v Praze bylo zjištěno, že v oblasti Zálužné - Mokřinky (obr. 2) na katastrálních územích Melč, Moravice a Nové Těchanovice bylo již v 1. polovině 19. století několik lomů pro místní potřebu. Větší lomy byly zakládány hlavně ve 30. letech 19. století, a to právě z důvodů přísnějších protipožárních stavebních řádů a požadavků na nespalnou krytinu. Zřejmě prvním větším provozem v této oblasti byl lom, později zdejší první podzemní provoz („Stollenbruch“) Lichtenštejnských lomů na břidlicové tabulky a krytinu; nacházel se severně Mokřinek (něm. Sümpfenwald) v k. ú. Moravice (oblast 1 na obr. 2). Ložisko bylo otevřeno úvodní štolou dlouhou cca 120 metrů a již v 50. letech 19. století se dobývalo z hloubky 66 metrů pod úroveň terénu. Další velké lomy vznikly na panství hraběte Karla Arze z Wassegu v k. ú. Melč (něm. Meltsch) a v Zálužném (něm. Moradorf, příp. Mohradorf) na k. ú. Nové Těchanovice (něm. Neu Zechsdorf). K roku 1856 zde byly zmiňovány čtyři lomy, kde pracovalo 60 - 90 pracovníků (d'Elvert 1866). Kromě jediného zmíněného Lichtenštejnského hlubinného lomu se jednalo o povrchové odkryvy, kde těžba břidlice nečinila větší těžkosti. V roce 1861 zde bylo již popisováno sedm lomů za sebou, v jednom, tzv. čermenském pruhu, které ročně produkovaly cca 57 000 m<sup>2</sup> břidlice (Hochstetter 1866).

Velká moderní otvírka ložiska Zálužné - Mokřinky přišla v roce 1866 s čerstvě založenou Akciovou společností pro dobývání břidlice v Olomouci (Schieferbergbau A.G. Olmütz), pod vedením provozního ředitele společnosti Maxe Machanka, která začala velké přípravné práce na otvírce nového hlubinného podzemního lomu (dolu) na zelené louce. Max Machanek (1831 - 1893, obr. 3) byl významný podnikatel, olomoucký občan, poslanec Moravského zemského sněmu a spolujednatel firmy J. C. Machanek & Comp., která vlastnila železárnu, strojní výrobu hřebíků a továrnu na železné zboží v Mariánském údolí v Hlubočkách, později akciová společnost „Moravia“ (známá značka Mora). Vedle toho se firma J. C. Machanek & Comp. věnovala také těžbě a zpracování břidlice a toto podnikání vydělila do samostatné akciové společnosti. Max Machanek byl také koncesionář a generální ředitel Moravsko-slezské ústřední dráhy, jejímž cílem byla výstavba železnice z Olomouce do Opavy přes Bruntál a



### Břidlicové lomy (doly) Zálužné – Mokřinky, 1:10000

Celková orientační situace hlavních podzemních lomů (dolů) na štípatelnou břidlici v oblasti Zálužné – Mokřinky (k.ú. Melč, Moravice, Nové Těchanovice).

Mapoval: Viktor Čížek, Marie Farská, Dulguun Ganbold, Daniel Juríček a TMA, Martin Přibíl, Karol Šmehil, 2000–2015.

Podklady: Český úřad zeměměřičský a katastrální © 2019, Jan Řihák, 1937  
Kreslil, GIS, legenda: Martin Přibíl © 2019

- 1) Lichtenštejnské lomy na břidlicové tabulky a krytinu („Stollenbruch“). 2) Malý lom (šurf) mlynář Satke / Hanusch.
- 3) Hrabě Arz von Wasseg / fa Carl Weissshuhn / fa Jacob Lindner, Opava (Lindner Schieferbergbau) / Jan Řihák.
- 4) Větrná jáma dolu Anna. 5) Hlavní (svislá) jáma Anna: fa Carl Weissshuhn / fa Jacob Lindner Opava / Hugo Heidenreich / Jan Řihák.
- 6) Těžní štola a 7) svislá jáma Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci (Schieferbergbau A.G. Olmütz).
- 8–9) Lom Onderka (Anderka) / fa Jacob Lindner, Opava (Lindner Schieferbergbau) - úklonné jámy.
- 10) Lom Gebauer (úklonná jáma). 11) Odvodňovací štola. 12) Lom Smetan(a). 13) Malý lom Smetan(a) / Gebauer / Wagner.
- 14) Piatke / Gebauer / Wagner. 14) Piatke / Gebauer (velká halda).

- Štola
- Šachta
- Úpadnice
- Chodby, štolové patro
- Chodby, 2.p Anna (zatopeno)
- Úpadnice

Obr. 2 Celková situace oblasti Zálužné - Mokřinky s vyznačením těžebních lokalit.

Krnov a napojení na pruské dráhy. Další větev dráhy měla spojit Opavu s Trenčínem. To by umožnilo lepší export vlastních výrobků, mimo jiné břidlice, do německého Slezska, Pruska a Uher. Projekt se ve své úplnosti nezdařil díky krachu bankovního domu, který jej úvěroval (Moravia 1930). Machankové také přáli paleontologii a vědeckému poznání moravsko-slezského kulmu a jejich jméno nese nejedna odsud popsaná fosilie (např. blánatcovará kapradina *Rhodea machanekii* v. Ett. nebo sfenopteridní kapradina *Anisopteris machanekii* Stur).

Akciová společnost pro dobývání břidlice v Olomouci prováděla v Mokřinkách průzkum ve starých lomech a vedle nového hlubinného lomu provozovala nějaký čas i starý Lichtenštejnský lom v k. ú. Moravice. Tato rychle se rozvíjející akciová společnost měla koncem 60. let 19. století v provozu osm lomů s cca 500 dělníky u Velké Střelné, Hrubé Vody, Jakartovic a Zálužného. Lomy byly strojně vybavené parními těžními stroji, čerpadly atp. Společnost měla také distribuční sklady s prodejem v Opavě a Pardubicích. Vedle krytiny vyráběla zušlechťenou dlažbu, stolní desky, leštěná těžítka a další výrobky. Kolem roku 1870 činila celková roční výroba společnosti 893 000 m<sup>2</sup> břidlicové krytiny v hodnotě 20 tisíc zlatých a na trhu s břidlicí měla svého času v monarchii výrazné až dominantní postavení, zejména na severní Moravě a v rakouském i pruském Slezsku (Statistischer Bericht... 1870 - 1905; Statistik der Industrie Mährens 1883a, b).

Kapitálově silná Akciová společnost pro dobývání břidlice v Olomouci začala v Zálužném pod Melčským mlýnem velkoryse razit do ložiska štolu až od řeky Moravice (oblast 6 na obr. 2, obr. 4). Štola byla zaražena v nadmořské výšce cca 390 m n. m., vedla příčně na vrstvy a ve vzdálenosti 380 metrů od ústí měla zastihnout ložisko kvalitní štípatelné břidlice a umožnit jeho vydobytí. Již v roce 1866 dosáhl předek štoly 163 metrů délky (Stur 1866). Těžní štola příčně přešla pět ložiskových pruhů, západnější podložní pruhy pásma 5 a 4 (Patteisky 1929; Řihák 1966) byly vydobyté především na krytinu v cca 3 - 4 m mocných plochých dobývkách o úklonu 85°. Ložiskové pruhy 1 a 2 byly mocnější (6 - 10 metrů) a získávala se z nich těž deskovina o rozměrech až 1 × 2 m. Olomoucká štola zastihla ložisko v předpokládané vzdálenosti, její ústí se nacházelo ve velké, dnes stržené štíparně, na pozemku 2333/2 k. ú. Melč, nad odpadním náhonem nedalekého mlýna. Materiál byl na haldu dopravován výtahem. V nedávné době byla tato štola úředně pojmenována jako

štola Carl (ID: 30165, viz registr Důlní díla a poddolování České geologické služby 2019) podle podnikatele Carla Weisshuhna (Zahnaš 2016). Název Carl byl přisouzen i jámě tohoto lomu (oblast 3 na obr. 2), ale Carlu Weisshuhnovi tento lom nepatřil a zcela jistě tento konkurenční podnik, tedy štola ani jáma, nemohla nést jeho jméno (Velkostatek Melč 1609 - 1881).

**Obr. 4** Úvodní část štoly Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci, ze které pocházejí studované supergenní minerály. Foto M. Příbil & K. Šmehil, 2015.

Použitá dobývací metoda bylo výstupkování (obr. 5), které se v břidlicovém průmyslu nazývá také jako *Rheinischer Abbauverfahren*, rýnská dobývací metoda. Její správné hornické označení bylo *Firstenquerbau mit Versatz*, čili příčné výstupkování se zakládkou. K základnímu přebírání vytěženého materiálu docházelo již na dobývce, kde se na počvě na úrovni patra postupu budovaly suché vyzdívky směrné blokové chodby a komínů. Za tyto suché zdi se dále zakládal nepotřebný materiál a odpad z hrubého štípání. Těžba dále do vrchu probíhala výstupkováním z této zakládky. Při mocnější poloze se výstupkovalo příčně, kdy se směrně začínalo tenkým listem, který se příčně rozšiřoval na plnou mocnost polohy. Způsob stav-



**Obr. 3** Max Machanek (1831-1893), významný olomoucký podnikatel, veřejný činovník, generální ředitel Moravsko-slezské ústřední dráhy, poslanec Moravského zemského sněmu a zakladatel moderních břidlicových podzemních lomů v oblasti Zálužné - Mokřinky, Velká Střelná a dalších místech (Moravia 1930).





**Obr. 5** Výstupek dobývky na 4. ložiskovém pruhu. Na západní straně (zde nalevo) je patrná sekundární mineralizace. Hloubka pod povrchem cca 30-35 m. Většina popisovaných minerálů však pochází ze štolového patra pod touto komorou a vzniká oxidací pyritu v rozvolněném materiálu zakládky (zde dno komory). Foto K. Šmehil, 2015.



by suchých zdí a kleneb v půlkruhovém a eliptickém vějíři (obr. 6) je pro tuto štolu zcela typický, srovnatelný s některými díly v podzemních lomech v k. ú. Svatoňovice.

Vzhledem k tomu, že nově založený lom Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci byl obklopen pozemky a dalšími lomy ovládanými konkurencí, byl rozvoj lomu možný pouze do hloubky. Směrné rozfárání S - J dosáhlo pouze cca 190 metrů (obr. 2). Tato skutečnost je patrná průmětem důlních děl do katastrální mapy s jejich konci na hranicích pozemků lomu. Přibližně v roce 1875 přistoupila společnost k hloubení kolmé jámy na hlubší patro(-a) z nadloží do podloží 1. pruhu. Olomoucká jáma byla zaražena v nadmořské výšce 450 m n. m. a její poloha umožnila lepší haldové a odpadové hospodářství, těžní stroj byl parní. Společnost sem přenesla zkušenosti z Velké Střelné; výhodou těžby z větší hloubky byla lepší kvalita břidlice, nevýhodou byly vyšší provozní náklady. O existenci spodních, respektive minimálně jednoho zatopeného patra svědčí zatopené komíny v počvě na komorových pružích, které sloužily pro větrání dobývek. Jáma byla údajně hluboká 90 metrů a patro olomoucké štoly mohla narazit v hloubce cca 55 metrů v cca 395 m n. m. (změřeno a odhadnuto při stupání 10 promile). Výškové dispozice i situace na místě samém nenaznačují, že by dílo hydrologicky komunikovalo se sousedními lomy (odtok z hydrologického systému by musel být na nejnižším místě, tj. až na severu na k. ú. Moravice, nepředpokládáme zde jednoznačný otevřený kolektor v podobě důlního díla ani odtok jižním směrem do Zálužného).

Roční produkce Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci v Zálužném činila na přelomu 19. a

**Obr. 6** Štola představuje velice zajímavou technickou památku na progresivní etapu kamenoprůmyslu v moravskoslezském kulmu. Max. výška cca 4 metry. Foto M. Přibil & K. Šmehil, 2015.

**Obr. 7** Svislá jáma Anna lomu firmy Jacob Lindner (Lindner Schieferbergbau) v roce 1913, dříve lom Carla Weissshuhna. Před rokem 1884 byl vlastníkem lomů v Mokřínkách hrabě Carl Arz von Wasseg. Foto sbírka L. Moučky.

20. století 36 000 m<sup>2</sup> krytiny (tab. 1). Po vydobytí spodních obzorů byl pro vysoké provozní náklady a možnost rozvoje pouze směrem do hloubky tento podzemní lom uzavřen. Celý lom, haldy, pozemky a sklad trhavin společnost prodala v roce 1928, kdy ukončila svoji činnost také ve Velké Střelné a Hrubé Vodě. Akciová společnost pro dobývání břidlice v Olomouci trpěla poválečnou recesí, hospodářskou krizí v Německu a novým uspořádáním Evropy, které se dotklo tradičních odbytí. Po šedesáti letech činnosti byla tato kdysi nejvýznamnější břidlicová společnost v monarchii v roce 1930 likvidována (Zemský věstník pro Moravu a Slezsko 1919 - 1950).

Na severu s lomem Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci sousedil v Mokřinkách na k. ú. Melč lom majitele panství Melč (oblast 3 na obr. 2), kterým byl hrabě Karl Arz von Wasseg. Hrabě tyto lomy také pronajímal, těžilo se na obou svazích údolí Mokřinky. Později zde vznikl hlubinně založený podzemní lom, který byl nakonec směrně mnohem rozsáhlejší než lom Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci. Štolová otvorka zde probíhala směrně a starší lomy byly postupně zasypany těžebním odpadem. V roce 1884 získal lomy a lesy obchodník se dřevem a břidlicí Carl Weissshuhn, který břidlici těžil již dřívě u Deštného a Budišova, kde jeho lomy se 170 dělníky ročně produkovaly 80 000 m<sup>2</sup> krytiny větších formátů a 240 000 krycích ploten - šupin (Statistischer Bericht... 1870 - 1905).

Hlavní těžním dílem Weissshuhnova lomu byla svislá jáma Anna (bod 5 na obr. 2, *mohlo by se možná jednat o jámu Carl zmiňovanou na panelech naučných stezek, později snad přejmenovanou na jámu Anna*) založená v nadmořské výšce 427 m n. m. již poměrně daleko od výchozů v údolí. Dobývky 2. patra jámy Anna pokračovaly pod starými pracemi severně, dokonce až za silnici Jánské koupele - Melč. Větrná jáma (bod 4 na obr. 2) se nacházela přímo v údolí Mokřinek, vedle silnice, v nadmořské výšce cca 407 m n. m. Směrné rozfárání na jámě Anna dosáhlo cca 550 metrů od demarkace s podnikem Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci, až do svahu severně od silnice směrem na Lichtenštejnské lomy na k. ú. Moravice. V lomu pracovalo 40 - 50 dělníků. V roce 1908 ukončil Carl Weissshuhn podnikání v oboru břidlice a věnoval se nadále jen dřevoprůmyslu a papírenství. Lomy v Mokřinkách (obr. 7) koupila známá firma Jacob Lindner Opava (Lindner Schieferbergbau). Poválečná krize dolehla i na tuto firmu a lomy získal v roce 1925 Hans Maier, v roce 1927 Hugo Heidenreich (Patteisky 1929), aby jej v roce 1930 koupil Jan Řihák, podnikatel a buditel v oboru břidlice z Olomouce, s hlavním těžebním závodem ve Velké Střelné (Řihák 1966). Ten se v Mokřinkách snažil podnikat až do zaboru Sudet v roce 1938, kdy Řihákův lom zabrala společnost Freihermersdorfer Dachschiefer-Werke Tatzel a Comp. ze Svobodných Heřmanic. Řihák se po válce snažil získat svůj majetek zpět, ale ten byl s výše jmenovanou firmou znárodněn (Vyhláška 1948).

Na jihu sousedily s lomem Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci role ovládané konkurencí, dále k jihu se nacházel Onderkúv (Anderkúv) lom (oblast 8 - 9 na obr. 2), který v roce 1881 získala společnost židovských podnikatelů Bratři Lindnerové, později firma Jacob Lindner Opava (Lindner Schieferbergbau), kteří měli zkušenost s těžbou břidlice v Litultovicích a Radkově. Směrné rozfárání zde dosáhlo cca 230 metrů, neboť na jižním svahu nad řekou byl ještě další lom místních podnikatelů Gebauerových. Ti měli ještě lomy a velké haldy na podložním pruhu západně od Lindnerova lomu, které se k němu podélně těsně přimykaly a bránily mu v rozvoji alespoň na povrchu. Produkce firmy Lindner činila na přelomu 19. a 20. století 14 000 m<sup>2</sup> krytiny (tab. 1). Firma také vyráběla břidlicové zákrytové desky na římsy, jaké známe například z hřbitovní zdi v Nových Těchanovicích, a stolní desky pokladen. Hlubší patra byla otevřená úpadnicemi raženými v ložisku. Také tyto lomy firma Lindner prodala v roce 1925.

Již zmíněné, od tradiční středoevropské báňské legislativy zcela odlišné pojetí dolování vlastních nerostů na vlastních pozemcích způsobovalo problémy například při odvodňování podzemních lomů, kdy konkurence mohla legálně bránit odvodnění sousedních lomů přes svoje podzemní díla. A opačně, podzemní lámání břidlice v blízkosti již zatopených sousedních lomů bylo i dosti nebezpečné, zejména pokud by se omylem či úmyslem překročila v podzemí pozemková hranice; tyto problémy s odvodňováním zmiňuje Schindler (1862). Vedle pochopitelných konkurenčních vztahů zde svoji roli mohla hrát i náboženská či rodová nevrzlivost. Majetkové vztahy jsou patrné i v podzemí lomů, kde je odvodnění jižního lomu firmy Lindner (židé) v obci Zálužné provedeno do lomu rodinného podniku Gebauer (katolíci) velice úzkou prorážkou neznámého stáří, pravděpodobně pozdějšího. Směrné rozfárání Gebauerova lomu dosáhlo cca 120 metrů a údajně byl odvodněn štolou do Moravice, která byla zasypana při stavbě mostu (Svěrák 2018).

V Zálužném a Mokřinkách vznikla během přibližně sta let těžby řada malých i větších lomů na štípatelnou břidlici, ke konci se zpracovávaly i starší haldy. Postupně zde podnikala celá řada podnikatelů, od šlechticů, akciových společností, rodinných podniků či pachtýřů. Lomy byly pronajímány (např. v Melči) a měnily majitele. Připomeňme alespoň rod Pollaků, kteří podnikali na pravém břehu Moravice na břidlicových pružích táhnoucí se ke Lhotce (Pollakova štola a tzv. Stará Lhotka), dále rody Klein, Krupitza, Mader, Onderka (Anderka), Piatke, Smet(t)ana (Smetan), Wagner a další. Kupříkladu malý břidlicový lom, dnes nově nazvaný jako „Raabova štola“, ve skutečnosti patřil rodině Kleinů (Velkostatek Melč 1609 - 1881). Skutečná štola Aloise Raaba se nacházela až na k. ú. Staré Těchanovice (štola „Staré Těchanovice - F“, ID 16985 podle registru Důlní díla a poddolování České geologické služby 2019).

**Tabulka 1** Produkce břidlice v oblasti Zálužné - Mokřinky na přelomu 19. a 20. stol. Použití měla jako krytina a dlažba (Statistischer Bericht... 1870-1905).

podnik	roční produkce (m <sup>2</sup> krytiny)	formáty	oblast na obr. 2
Akciová společnost pro dobývání břidlice v Olomouci	36 000	až 2 × 1 metr	6 a 7
Jacob Lindner, Opava	14 000	do 47 × 47 cm	8 a 9
Reinhold Gebauer, Nové Těchanovice	11 000	do 47 × 47 cm	10
Josef Smetan, Nové Těchanovice	2 400	do 1 m <sup>2</sup>	12

## Otázka toponymie pozůstatků těžební činnosti a jejich současný stav

V současné době není snadné zjistit původní jména břidlicových provozů a ty přiřadit správným lokalitám. Řada nově vzniklých naučných stezek (NS Břidlicová stezka, NS Dědictví břidlice) a publikací (např. Zahnaš 2016; Kupka, Pohunek 2017) vytvořila v pojmenování zdejších břidlicových lomů i jejich historii naprostý chaos. Až probíhající výzkum Národního technického muzea v Praze, malým dílem zde publikovaný, poskytuje relevantní informace o původních těžářích břidlice v Mokřínkách, Zálužném a dalších lokalitách moravsko-slezského kulmu.

Většinu ústí důlních děl v oblasti nechalo zajistit Ministerstvo životního prostředí České republiky mřížemi a oplocením a jsou významnými zimovišti netopýrů. Této činnosti předcházelo zjišťování důlních děl v oblasti a ta byla pojmenována různě, často podle katastru doplněného indexem (např. štola „Nové Těchanovice - F“).

Svislá jáma Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci a svislá jáma firmy Weissshuhn / Lindner Opava byly do nedávné doby přístupné a přes skutečnost, že jejich jámové stvoly byly stabilní, byly zasypany v rámci sanačních akcí MŽP. Impulsem k zasypaní olomoucké jámy byla smrtelná nehoda speleologa - záchranáře Roberta Ž. ze dne 18. října 2003 (Novák 2003). Po olomoucké jámě následovala jáma Anna. Sanace se měly konat i na úpadnicích jižního Lindnerova a Gebauerova lomu. Ministerstvo financí ČR vyhlásilo soutěž na projekt likvidace, ale odpor veřejnosti tomu zabránil a výběrové řízení bylo zrušeno (Pravňanský, Zbořilová 2015).

Nedlouho poté zde paradoxně začaly vznikat různé naučné stezky oslavující tyto zničené hornické památky a

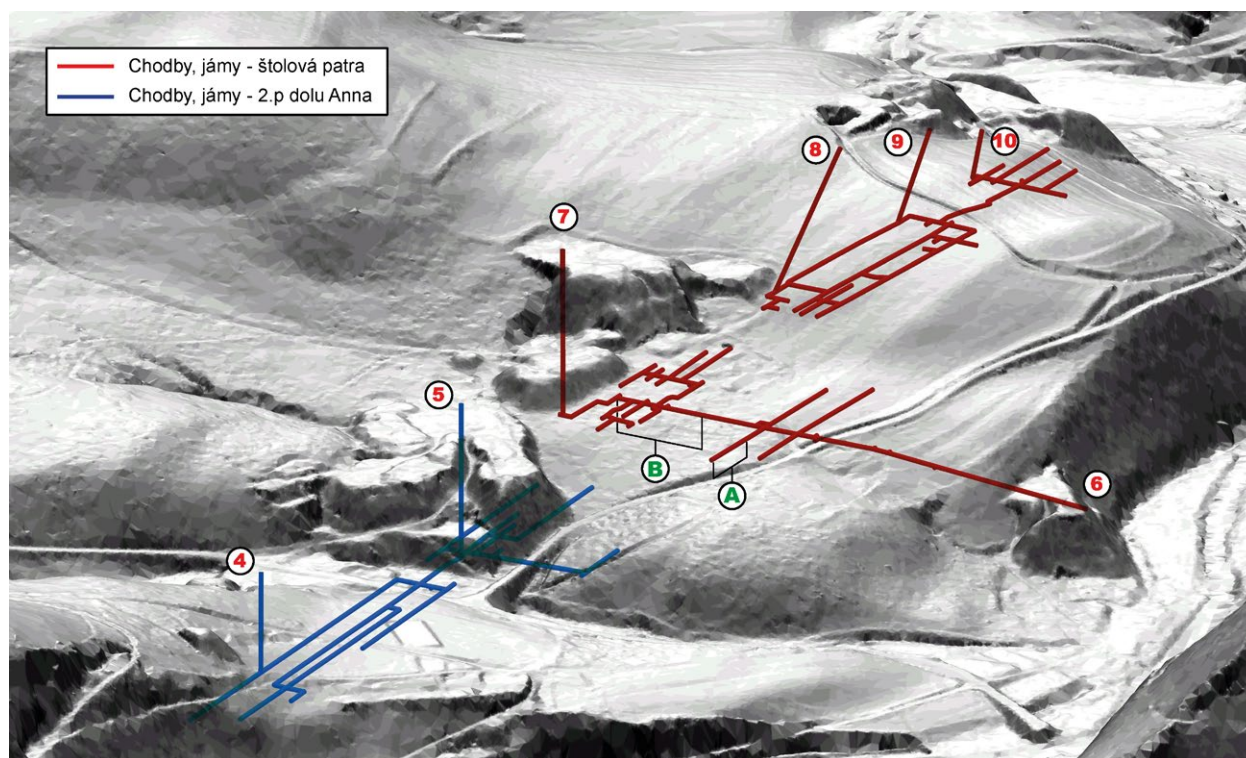
společnosti provádějící sanace se mnohdy začaly aktivizovat ve zpřístupňování důlních děl pro veřejnost. Nedá se tedy vyloučit, že jednou budou tyto zasypané jámy v rámci sanací opět vyčištěny.

Haldy lomů jsou zastavěny řadou chat a domků, které stírají těžební charakter lokality Zálužné - Mokřínky, ale zároveň ukazují, že haldy těžebního odpadu lze později využívat k rekreačním účelům. Na druhou stranu odpočinková zóna brání obnovení těžby či využití těžebního odpadu na rozsáhlých haldách.

Břidlicové podzemí je zpřístupněno pro veřejnost v již řečené Kleinově (tzv. Raabově) štole otevřené v roce 2017. V roce 2019 má být pro širokou veřejnost otevřen Flascharův důl v Odrách a možná někdy v budoucnosti turistické vodní plavby v dole na levém břehu Budišovky u Čermenského mlýna pod názvem „Jezerní důl“ (oficiální název důlního díla je „Černá A“, ID:13078 - Česká geologická služba 2019). Všechny uvedené projekty jsou investovány z Ekologické dotace MPO z úhrad za vydobyté nerosty, které jsou určené na zajišťování a likvidace opuštěných důlních děl.

## Geologická situace

Lokalita se nachází ve Slezsku, 20 km jihozápadně od Opavy, mezi Budišovem nad Budišovkou a Melčí, na řece Moravici, na území tří obcí: Melč, (okr. Opava), Moravice (okr. Opava) a osady Zálužné u obce Nové Těchanovice (okr. Vítkov). Oblast náleží do Vítkovské vrchoviny, která je součástí Nízkého Jeseníku. Nadmořská výška oblasti se pohybuje od 375 m n. m. (řeka Moravice pod Zálužným) až 555 m n. m. (kóta Nikelsberg jz. od Jánských koupelí).



**Obr. 8** Izometrické schéma „olomoucké štoly“ s průběhem hlavních důlních děl a ložiskových blokových chodeb (dobývky nejsou vyznačeny), 2× převýšeno. Popis: Místa výskytu supergenních minerálů s aluminitem (A) a výskytu Mn-minerálů (B). 4) Větrná jáma dolu Anna. 5) Hlavní (svislá) jáma Anna: fa Carl Weissshuhn / fa Jacob Lindner Opava / Hugo Heidenreich / Jan Řihák. 6) Těžní štola a 7) svislá jáma Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci (Schieferbergbau A.G. Olmütz). 8-9) Lom Onderka (Anderka) / fa Jacob Lindner, Opava (Lindner Schieferbergbau) - úklonné jámy. 10) Lom Gebauer (úklonná jáma). Ilustrace, GIS: Martin Přibil, výškopisná data ČÚZK.



Studovaná lokalita je součástí širší oblasti Moravy a Slezska, nazývané kulum (Havlena 1977). Jde o rozsáhlý komplex převážně flyšových siliciklastických sedimentů až epizonálně metamorfovaných hornin spodnokarbonského stáří, který vznikl v předpolí zdvihajícího se variského orogénu (Kumpera 1983; Dvořák 1994).

Severomoravská část těchto hornin vychází na povrch v Nížkém Jeseníku, Oderských vrších a kře Maleníku. Litostratigraficky se dělí do čtyř souvrství (od nejstaršího): andělskohorského, hornobenešovského, moravického a hradecko-kyjovického (Zapletal et al. 1989). Oblast Zálužné - Mokřinky náleží do moravických vrstev. S ohledem na nálezy stratigraficky významných druhů goniatitů *Nomismoceras vittiger* (PHILLIPS, 1836), *Girtyoceras brüningianum* (H. SCHMIDT 1925), *Sulco-girtyoceras burhennei* (BRÜNING 1923), *S. moorei* (NICOLAUS 1963), *Goniatites crenistria* PHILLIPS 1836, *G. spirifer* ROEMER 1850, *Arnsbergites falcatus* (ROEMER 1850) aj. lokalita náleží do svrchního visé (mississipp). Konkrétně se jedná o sedimenty na rozhraní německých standardních biozón Gac a Goß, podle nového členění (Korn 1994) o biozóny *Goniatites fimbriatus* až *Arnsbergites falcatus* o tedy brumovické, případně až vikštejské vrstvy (Kumpera 1976; Lehotský 2008).

Po mineralogické stránce jsou kulmské sedimenty poměrně fádní. Hrubozrnnější klastika obsahují valouny kvarcitů, křemene, pískovců, granitoidních hornin, efuziv a metamorfitů (Dvořák 1994), jemnozrnnější prachovce (břidlice) pak v převaze fylosilikátové minerály. Prachovce jsou typicky šedě zbarveny rozptýlenou organickou hmotou a místy mají zvýšený obsah pyritu. V těžkých minerálech v moravickém souvrství podle Hartleyho a Otavy (2001) převládá granát (80%) nad zirkonem (10 %) a apatitem (6 %).

V širším okolí studované lokality jsou poměrně běžné systémy žil a trhlin vyplňované nízkoteplotní hydrotermální mineralizací. Typická je pro ně převaha křemene nebo kalcitu nad chloritem a albitem; sulfidy jako pyrit, chalkopyrit a galenit jsou zastoupeny jen podřadně. Stáří syntektonické mineralizace je pozdně variské (karbon - perm), stáří posttektonické mineralizace je mesozoické až kenozoické (např. Kučera et al. 2010; Pořádek, Slobodník 2015).

Břidlicové lomy a doly v okolí Zálužného a Mokřinek bylo už v 19. a počátkem 20. století v zájmu paleontologů, jak naznačují publikace Ettingshausena (1865), Stura (1875) a Patteiského (1929). Práce zabývající se zdejší mineralogií neexistují.

## Lokalizace vzorků a metodika výzkumu

Mineralizace ve štole Akciové společnosti pro dobývání břidlice v Olomouci byla poprvé zaznamenána při prospekci břidlicových ložisek Karolem Šmehelem spolu s místním badatelem Vladimírem Svěrákem v roce 2015. Na základě jejich informací byly v základkovém materiálu, rostlé hornině na dobývkách 4. podložního pruhu a ve vodní tůni (hloubení) v roce 2018 získány vzorky s popisovanými minerály (obr. 8). Vznik dobývek, kde byly odebrány vzorky, je odhadován do let 1868 - 1875. Stáří prostředí, kde vznikly tyto sekundární minerály, je tedy cca 140 - 150 let. Nachází se přibližně 30 až 40 m pod povrchem. V době vzorkování byly stěny téměř suché, ale je zřejmé, že při vyšších srážkách dochází k protékání základky zasakující meteorickou vodou a minerály místy tvoří drúzovité povlaky (obr. 9) a krápníkovité náteky a agregáty na stropu a bocích chodeb a na počvě štoly. Sledována byla i recentní brčka a krusty, vznikající v místech průsaku vod v hlavním otvírkovém díle.

Rentgenové difrakční analýzy byly prováděny na přístroji Bruker-AXS D8 Advance s  $2\theta/\theta$  reflexní geometrií měření, vybaveném polovodičovým - silicón strip detektorem LynxEye. Měření probíhalo za podmínek: záření CuK $\alpha$ /Ni, napětí 40 kV, proud 40 mA, krokový režim s krokem  $0.014^\circ 2\theta$ , čas na kroku 0.25 s, sumace 3 až 5 měření, úhlový rozsah měření 5 až  $80^\circ 2\theta$ . Pro měření a kvalitativní vyhodnocení byl použit firemní software Bruker - AXS Diffrac, resp. Diffrac.EVA a databáze difrakčních dat PDF 2/JCPDS, verze 2011. Vstupní strukturální data byla převzata z Bruker Structural database.

Sledování morfologie dutinové mineralizace proběhlo na leštěných nábrusech (*buseritu*) a přírodních plochách minerálů za použití autoemisního elektronového mikroskopu FEI Quanta-650 FEG od firmy FEI. Mikrofotografie byly pořízeny pomocí detektoru zpětně odražených elektronů (BSE) v režimu chemického gradientu.

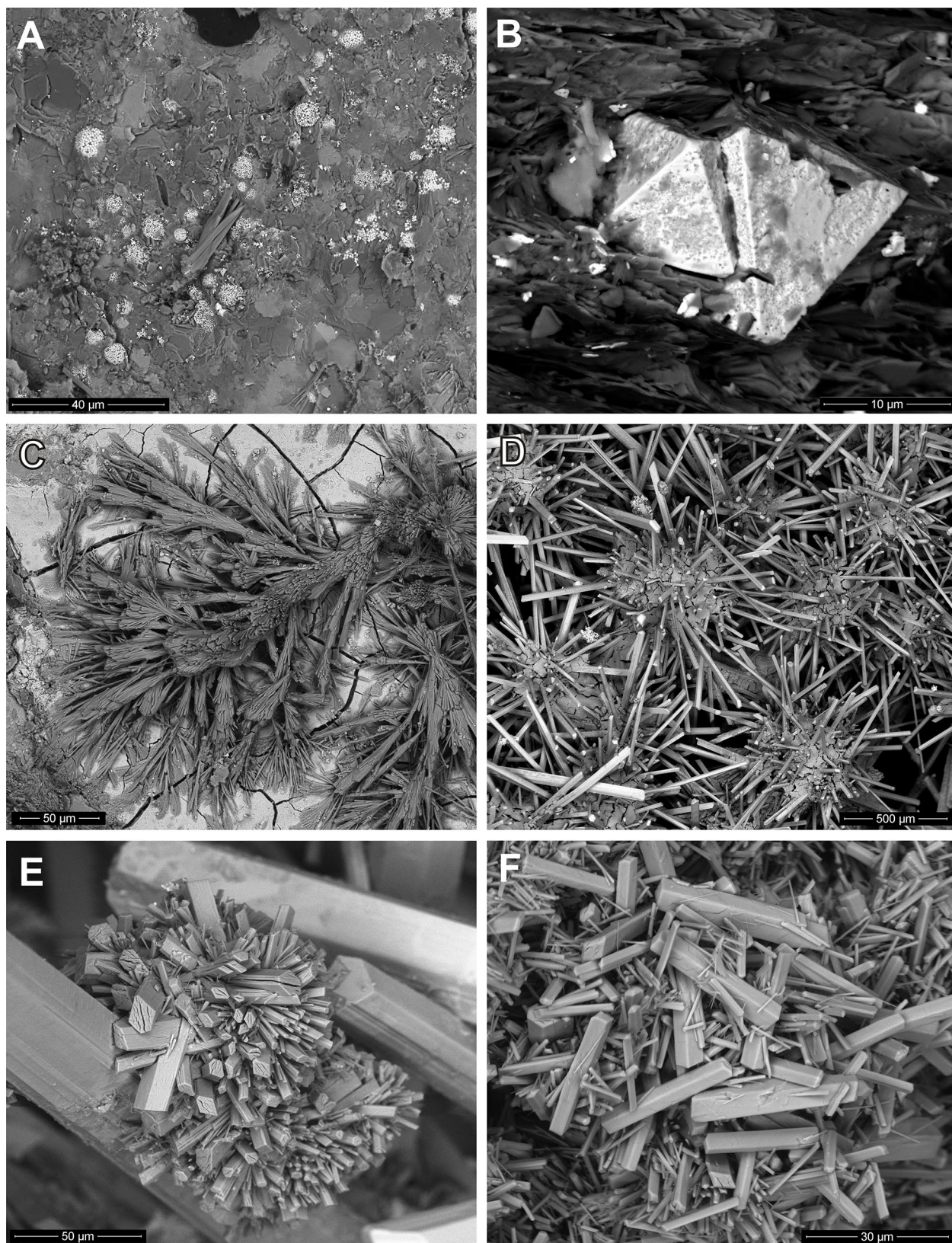
Chemické složení *buseritu* a birnessitu bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX 100 (Přírodovědecká fakulta MU, Brno, analytik R. Škoda) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku elektronů do 5  $\mu$ m. Jako standardy byly použity dobře definované homogenní minerály a syntetické fáze: Si, Ca, Fe - an-



**Obr. 9** Blok s povlaky jehlicovitého sádrovce a agregáty bílého aluminitu ve stěně základky. Foto M. Přibíl, 2018.

dradit, Al, K - sanidin, Na - albit, Mg - pyrop, Ti - titanit, Mn - spessartin, P - fluorapatit, V - vanadinit, Co - kobalt, Ni -  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$ , Cu - lammerit, Zn - gahnit, F - topaz. Empiric-

ký chemický vzorec *buseritu* byl přepočten na 25 atomů kyslíku a bezvodou bázi, vzorec birnessitu na čtyři atomy kyslíku.



**Obr. 10** Příklady v textu popisovaných minerálních fází zobrazených pomocí zpětně odražených elektronů v SEM. A - shluky framboidálního pyritu v břidlici; B - euhedrání pyrit v břidlici; C - agregát jehlicovitých krystalů sádrovce na schwertmannitu; D - drůza jehlicovitých krystalů sádrovce; E - agregát aluminitu na jehlicovitém krystalu sádrovce; F - sloupcovité krystaly aluminitu. Foto D. Matýsek, 2018.

### Charakteristika zjištěných supergenních minerálů

Kulmské břidlice obsahují značně variabilní, ale pomocí elektronové mikroskopie a zobrazování v odražených elektronech snadno detekovatelné obsahy pyritu (viz např. Vavro et al. 2018). Ten bývá nejčastěji přítomen ve formě framboidů, euhedrání forma je poněkud vzácnější. Přítomnost framboidální formy pyritu byla ověřena i v břidlici ze studované lokality (obr. 10A,B). S ohledem na rozměry, kdy jednotlivé krystaly v pyritových framboidech jen výjimečně dosahují jednoho mikrometru, je nutno předpokládat jejich velkou reaktivitu. Projevy zvětrávání pyritu jsou dobře patrné na stěnách dobývek a chodeb (obr. 5 a 9). Na odvalech je možné pozorovat rezavé nebo žluté povlaky na sevřených puklinách úlomků břidlic. Celkový obsah pyritu je ale v břidlicích nízký. Odhady z RTG difrakčních analýz u kulmských břidlic ze severní Moravy se obvykle pohybují pod 0.5 % hmot.

Při dlouhodobé interakci vzdušného i rozpuštěného kyslíku s materiálem základek a zřejmě také i s přípovrchovou částí horninového masívu dochází k oxidaci pyritu a k interakcím vznikajících sulfátových iontů s okolními horninami. Na základkových materiálech pod komorou byly zjištěny především velmi hojné povlaky **sádrovec** (obr. 9 a 10C,D). Ten vytváří na břidlici povlaky, sestávající z jehlicovitých krystalů s délkou do 1 až 1.5 cm. Na sádrovcovém povlaku byly zjištěny oblé, ledvinité částice bílé až slabě nažloutlé barvy a velikosti do 1 cm. Ty jsou podle výsledků RTG difrakce (tab. 2) tvořeny buď také sádrovcem (pseudomorfózy po aluminitu) nebo **aluminitem**, a to v závislosti na vlhkosti a zřejmě i stáří. Bylo zjištěno, že vlhké, plastické a zřejmě mladší částice jsou aluminitové a suché a pevnější jsou tvořeny sekundárním sádrovcem. V elektronovém mikroskopu je patrné, že aluminit tvoří sloupcovité krystaly o délce až 1 mm a tloušťce do 70  $\mu\text{m}$  (obr. 10E,F). Tento minerál byl také hojně zjištěn na počvě štolového patra pod komorami. Vytváří bílé

až nažloutlé krusty v místech okapu vod, prosakujících z komory. Aluminit z počvy je v přírodním stavu vlhký, plastický a nesoudržný. Podle výsledků RTG difrakční analýzy (tab. 2) jsou tyto krusty ve vlhkém stavu tvořeny pouze aluminitem, po usušení je možné v nich identifikovat i malou příměs **epsomitu** (tab. 2).

Na puklinách břidlic v komoře i v základkách jsou hojné drobné, práškovité povlaky žlutého jarositu (obr. 11A,B), občas doprovázené červenohnědými, velmi tenkými povlaky hydratovaných oxidů železa. Podle semikvantitativních EDS analýz se jedná o prakticky čistý **jarosit**, pouze s minoritním zastoupením alunitové složky. U červenohnědých povlaků byl EDS mikroanalýzou zjištěn kromě železa i minoritní obsah síry (kolem 5 %  $\text{SO}_3$ ) a tudíž je možné předpokládat, že se jedná o **schwertmannit** (obr. 11C). Spolu s výše uvedenými minerály byl ve vlasových puklinách zjištěn i dosti hojný **baryt** (obr. 11D) v podobě mikroskopických, tabulkovitých, nedokonale omezených krystalů. Minerály z vlasových puklin nebyly zatím blíže studovány.

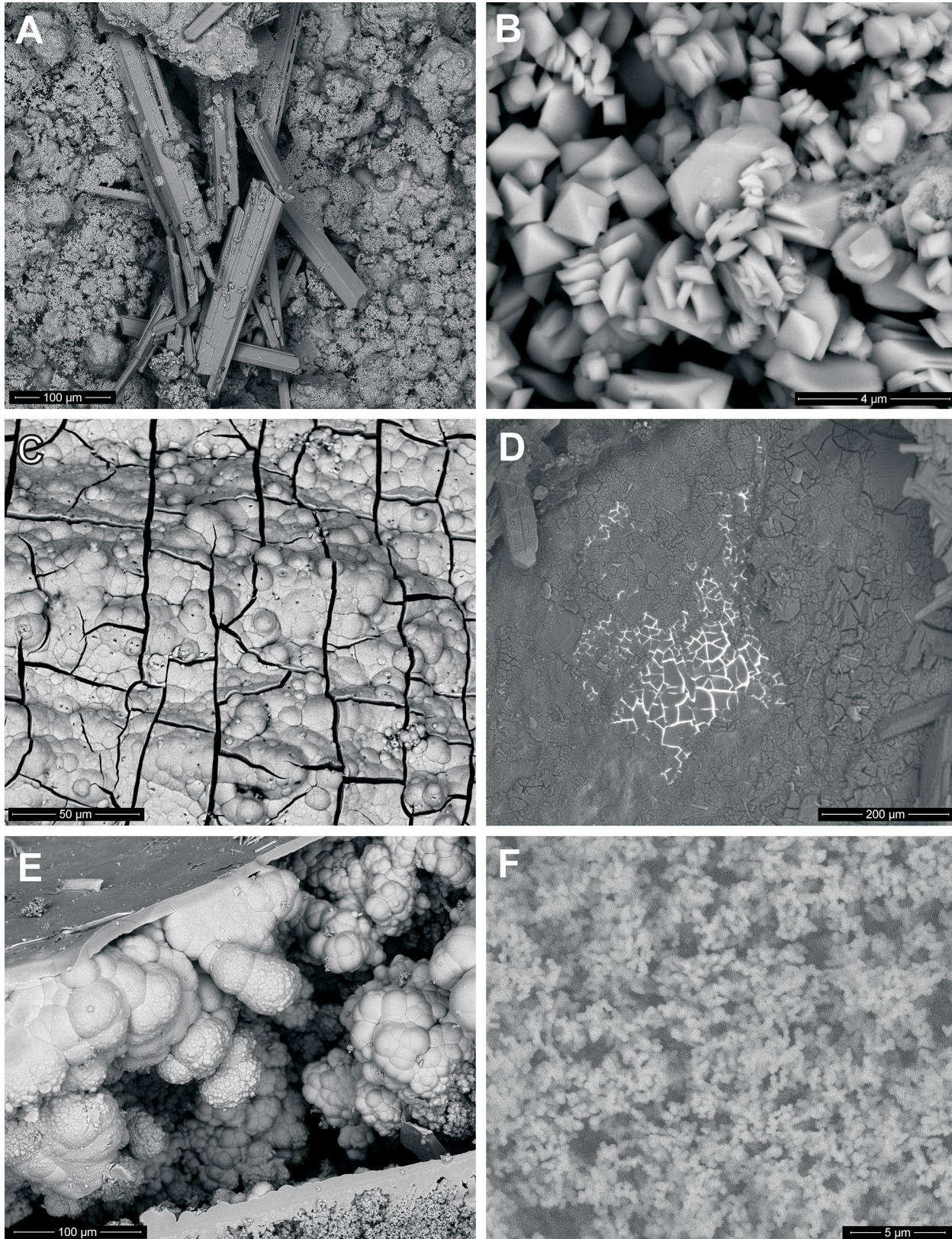
V puklinách břidlic, v místech postižených oxidací pyritu, byly dále zjištěny velmi tenké povlaky Al, respektive Al-Si hydroxidů typu **alumogel** nebo až **alofán**. Povlaky tohoto minerálu vytvářejí ledvinité souvislé povlaky s tloušťkou do 10  $\mu\text{m}$  (obr. 11E). Gelovitý Al-Si minerál typu **alumogel** byl dosti vzácně zjištěn i v podobě drobných brček (do 4 cm délky) až krust, a to v těžební komoře a na štolovém patru v blízkosti komory. Brčka s **alumogelem** jsou čistě bílá, nebo bývají zbarvená oxidy Mn (**buserit**, **birnessit**) šedě až černě. V přírodním stavu jsou poměrně pevná, ale po vyschnutí se stávají extrémně křehkými a rozpadavými. V SEM je patrné, že material **alumogelových** brček je tvořen prorůstajícími se kulovitými částicemi s variabilním směstnáním (obr. 11F). Energiově disperzní analýzy u **alumogelu** z brček i z povlaků na puklinách ukazují na značně variabilní poměr Al/Si, vždy ale s převahou Al a obvykle s minoritní příměsí Ca a S. Difrakční analýzy

**Tabulka 2** Mřížkové parametry studovaných minerálů a jejich srovnání s publikovanými údaji

minerál	zdroj dat	a	b	c	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	objem zákl.cely ( $\text{\AA}^3$ )
			( $\text{\AA}$ )			( $^\circ$ )		
aluminit	tato práce 1	7.4438(2)	15.8506(3)	11.7014(2)	-	110.609(2)	-	1292.29
	tato práce 2	7.4474(2)	15.8546(3)	11.7040(2)	-	110.612(2)	-	1293.51
	tato práce 3	7.4509(2)	15.8630(3)	11.7082(2)	-	110.609(2)	-	1295.29
	Sabelli, Ferroni (1978)	7.440(1)	15.583(2)	11.700(2)	-	110.18(2)	-	1273.7
aragonit	tato práce	4.96214(7)	7.9704(2)	5.7456(1)	-	-	-	227.24
	Ye at al. (2012)	4.9596(5)	7.9644(7)	5.7416(5)	-	-	-	226.80(4)
birnessit	tato práce	4.92391(2)	2.87893(3)	7.09629(2)	88.370(8)	96.331(1)	91.104(8)	99.93
	Cygan et al. (2012)	5.32	3.07	7.17	90.0	104.2	90.0	113.53
buserit-Ca	tato práce 1	5.107(1)	2.8093(5)	9.959(2)	-	93.82(2)	-	142.57
	tato práce 2	5.143(2)	2.825(1)	9.878(1)	-	93.57(4)	-	143.24
	Kuma et al. (1994)	5.149	2.828	10.008	-	93.96	-	145.38
epsomit	tato práce	11.8744(8)	12.0058(7)	6.8643(6)	-	-	-	978.59
	Baur (1964)	11.86(1)	11.99(1)	6.857(7)	-	-	-	976(2)
kalcit	tato práce	4.98009(6)	-	17.0741(3)	-	-	-	366.73
	Effenberger et al. (1981)	4.9896(2)	-	17.061(1)	-	-	-	367.85(5)
sádrovec	tato práce	6.5314(1)	15.2098(3)	5.6825(1)	-	118.490(1)	-	496.15
	Pedersen, Semmingsen (1982)	6.522(6)	15.20(1)	5.679(5)	-	118.43(4)	-	495.2

*alumogelových* materiálů ukazují, že se jedná o prakticky amorfní materiál, projevující se několika velmi širokými difrakčními pásy s nízkou intenzitou. Difrakční záznamy jsou dobře srovnatelné s daty pro alofán.

Na brčkách a krustách *alumogelu* byly v elektronovém mikroskopu zjištěny dosti hustě rozptýlené agregáty drobných tabulkovitých krystalů karbonátu vzácných zemin. Jednotlivé tabulky mají délku do 50  $\mu\text{m}$ , tloušťka jen vzác-



**Obr. 11** Příklady v textu popisovaných minerálních fází zobrazených pomocí zpětně odražených elektronů v SEM. A - jarositové povlaky s krystaly sádrovce; B - detail jarositového agregátu; C - ledvinitý povlak schwertmannitu s puklinami způsobenými vysycháním; D - baryt (bílý) na břidlici se sádrovcem; E - ledvinitý povlak alumogelu až alofánu na puklině břidlice; F - kulovité částice tvořící alumogelové brčko. Foto D. Matýšek, 2018.

ně překračuje 2  $\mu\text{m}$ . Energiově disperzní mikroanalýzy, provedené na krystalových plochách, ukazují ve většině případů výraznou dominanci La (prokazatelné jsou La, Ce a Nd), jen vzácně byly zjištěny i krystaly s mírnou převahou Ce nad La (tab. 3). Karbonátový charakter tohoto minerálu prokazuje evidentní přítomnost linie C K $\alpha$  (obr. 12). Difrakční analýza materiálu, seškrábaného z povrchu alumogelového brčka, poskytla záznam odpovídající alofanu s dvěma dosti slabými difrakcemi (8.421 Å - 002 a 4.219 Å - 004, pro grupu Pccn), které velmi dobře odpovídají bazálním liniím lanthanitu. Také tvar krystalů (obr. 13A,B) velmi dobře odpovídá tenké tabulkovitému typu lanthanitu-(Nd), jak ho uvádějí například Graham et al. (2007) a minerál je možné na základě zjištěných dat identifikovat jako **lanthanit-(La)**, patrně i ve směsi s **lanthanitem-(Ce)**.

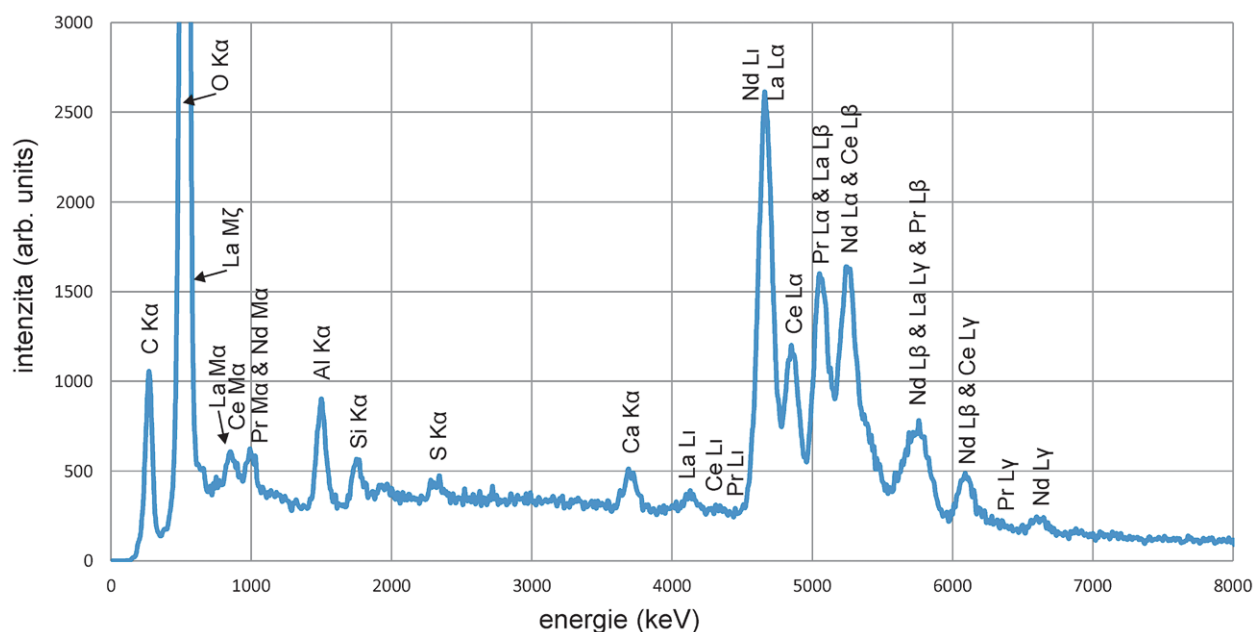
Hydratované oxidy, respektive hydroxidy železa a manganu, byly detailněji sledovány jen v omezeném rozsahu, a to u jejich brček. Tyto minerály vytvářejí poloa-morfní fáze, které jsou v případech, kdy vytvářejí tenké povlaky, jen obtížně separovatelné v relativně čistém stavu. Z hydratovaných oxidů Fe byl pomocí RTG difrakční analýzy zjištěn **schwertmannit**, **goethit** a **ferrihydrít** (tzv.

ferrihydrít-2L). Všechny tři fáze vykazují silně rozšířené difrakční linie, dokládající jejich nanodisperzní stav. Goethit a schwermannit byly zjištěny v podobě krust a brček v komoře a také na základkovém materiálu pod komorou. U goethitu činí odhad velikosti krystalových domén cca 10.5 nm, u schwermannitu pak kolem 3.5 nm. Ferrihydrít-2L tvoří střední část brček (do 10 cm délky) a krust na stropu chodby, na hlavním překopu, v jeho zadní části. Je oranžově červený, za mokra až mazlavý, za sucha silně rozpadavý. Označení 2L je používáno pro materiály s obzvláště nízkým stupněm krystalinity, které se v difrakčním záznamu projevují pouze dvěma velmi širokými difrakčními pásmy. U schwermannitu a ferrihydrítu bylo v SEM pozorováno, že se s velkou pravděpodobností jedná o mikrobiální precipitáty. V krustách schwermannitu byly pozorovány oválné útvary se sníženou odrazností elektronů (obr. 13C,D), které silně připomínají buněčné struktury (např. *Acidithiobacillus*), ferrihydrítová brčka a krusty jsou tvořeny téměř výhradně okrouhlými částicemi, připomínající buňky (obr. 13E,F).

Hydratované oxidy Mn byly ve větším množství zjištěny jednak jako součást některých *alumogelových* brček v komoře a dále jako vnější černá kompaktní

Tabulka 3 Složení lanthanitu na základě EDS analýz (v hm. %)

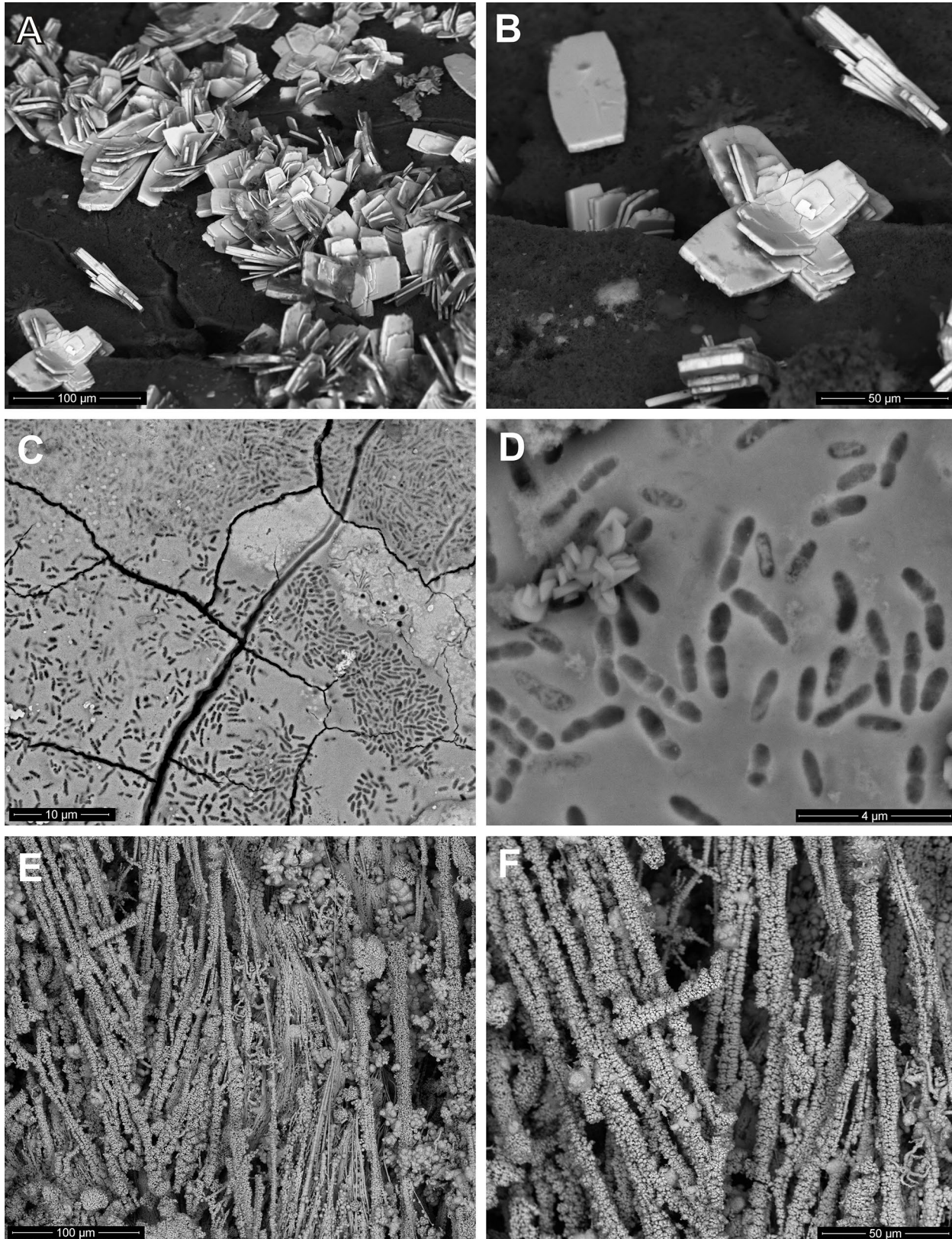
	lanthanit-(La)				lanthanit-(Ce)			
C	6.49	6.03	6.11	3.67	1.83	1.97	6.30	0.89
O	40.01	47.40	41.33	53.83	29.30	21.19	47.36	36.93
Al	1.44	2.81	1.45	2.24	2.87	5.51	1.76	8.61
Si	0.52	1.26	0.74	2.70	3.57	1.46	0.63	4.12
S	0.30	0.24	0.16	0.69	0.85	0.10	0.32	0.80
Ca	0.48	0.40	0.35	1.14	1.21	0.76	0.39	1.05
La	24.30	16.14	22.66	23.34	27.30	30.48	13.33	15.09
Ce	11.20	13.82	11.9	1.27	11.75	15.93	18.04	16.84
Pr	2.64	1.75	2.11	1.15	4.83	4.61	1.82	2.66
Nd	12.91	9.90	11.64	10.36	16.23	17.27	9.29	11.13
Sm	2.64	0.24	0.76	0.58	0.26	1.67	0.74	0.57
suma	102.93	99.99	99.21	100.97	100.00	100.95	99.98	98.69



Obr. 12 EDS spektrum lanthanitu-(La).

zóna (do cca 1 cm tloušťky) na ferrihydritových brčkách v zadní části hlavního překopu (obr. 14A). V obou případech bylo zjištěno, že materiál je tvořen tzv. *buseritem*. Občas bývá nazýván i jako 10 Å manganát (Ostwald,

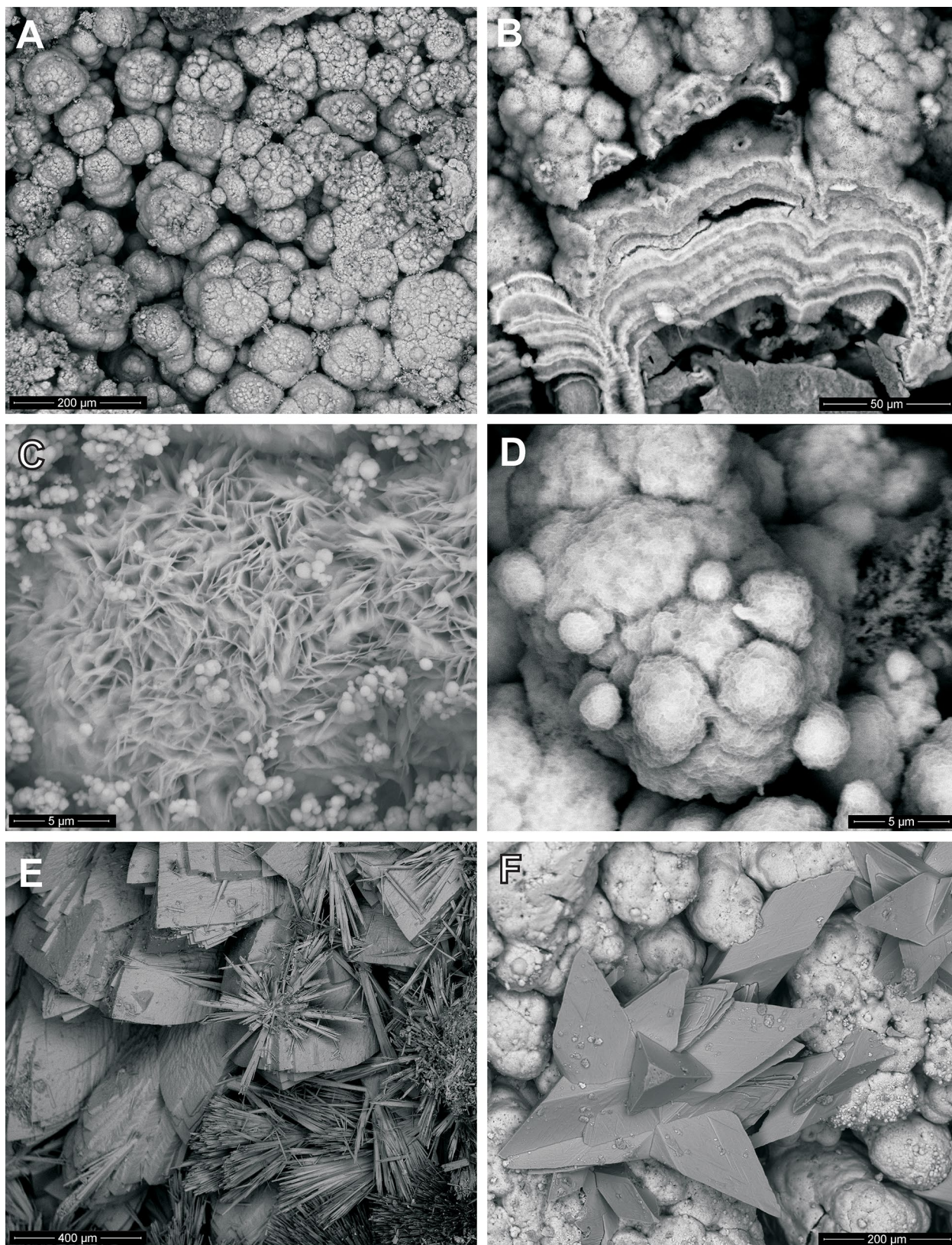
Dubrawski 1987). Takto je označován hydratovaný oxihydroxid Mn s doplňkovými kationty ze skupiny birnessitu, který nebyl dosud platně popsán jako samostatný minerál. Problematiku tzv. buseritového problému



**Obr. 13** Příklady v textu popisovaných minerálních fází zobrazených pomocí zpětně odražených elektronů v SEM. A - agregát tabulkovitých krystalů lanthanitu-(La); B - krystaly tence tabulkovitého lanthanitu-(La); C+D - buněčné struktury ve schwertmannitu; E - ferrihydrit ve strukturách blízkých biomineralizaci; F - detail vláknitého organogenního? útvaru ferrihydritu. Foto D. Matýšek, 2018.

mu shrnují Burns et al. (1983) a dále diskutuje Giovanoli (1985). Z hlediska mineralogické nomenklatury problém spočívá v tom, že minerál nebyl Komisí pro nové minerály u IMA schválen dostatečnou majoritou. Důvodem

byla zřejmě skutečnost, že popis minerálu byl založen na syntetickém materiálu a byl publikován již před hlasováním. Přestože minerál nebyl platně schválen, odpovídající fáze byla z přírodních poměrů několikrát po-



**Obr. 14** Příklady v textu popisovaných minerálních fází zobrazených pomocí zpětně odražených elektronů v SEM. A - ledvinový buserit; B - koncentrická stavba agregátu buseritu; C - tenké tabulkovité krystaly buseritu; D - buseritový agregát se zvýšeným obsahem Co a Ce; E - starší kalcit porůstáný mladším jehlicovitým aragonitem; F - kalcitový agregát na buseritu. Foto D. Matýšek, 2018





Buseritický materiál vykazuje v SEM koncentrickou strukturu (obr. 14B) a je patrné, že sestává z extrémně tenkých tabulkovitých krystalů slídového charakteru, které jsou často zvlněné (obr. 14C).

U vzorku byly provedeny vlnové disperzní analýzy (tab. 4). Platný krystalochemický vzorec *buseritu* není k dispozici. Pokud bychom vycházeli z krystalochemického vzorce publikovaného ve studii Usui a Mity (1995), pak průměrný vzorec námi studovaného materiálu vychází jako  $\text{Ca}_{1.75}\text{Mg}_{0.32}\text{Na}_{0.02}\text{Ni}_{0.07}\text{Co}_{0.02}\text{Zn}_{0.02}(\text{Mn}_{11.25}\text{Si}_{0.09}\text{Al}_{0.02}\text{Fe}_{0.01})_{\Sigma 11.37}\text{F}_{0.06}\text{O}_{25.00} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Hlavním doplňkovým kationtem je Ca, jedná se tudíž o *buserit-Ca* (nomenklatura dosud není ošetřena). Lokálně byl ve studovaném *buseritu* zjištěn mírně zvýšený obsah tzv. barevných kovů: Ni - až 0.137 *apfu*, Co - až 0.045 *apfu*, Zn - až 0.040 *apfu*, Cu - až 0.016 *apfu*. Pozoruhodný je detekovaný obsah fluoru (do 0.120 *apfu*). Někteří autoři uvádí v *buseritech* také mangan přítomný v trojmočné formě jako  $\text{Mn}^{3+}$  (viz Cui et al. 2008). Pro tuto situaci jsme nebyli schopni krystalochemický vzorec fáze stanovit, protože reálné valenční stavy manganu jsme nezjišťovali.

Místy byl pomocí rentgenové práškové difrakce v *buseritových* agregátech zjištěn jako příměs **birnessit** (tab. 2). Podle mikrochemických analýz a zobrazení ve zpětně odražených elektronech tvoří birnessit jádra některých koncentricky uspořádaných *buseritových* agregátů. Průměrné složení na základě tří bodových WDS (tab. 5) analýz je  $\text{Ca}_{0.41}\text{Mg}_{0.07}\text{Ni}_{0.01}\text{Zn}_{0.01}(\text{Si}_{1.82}\text{Mn}^{3.75+})_{\Sigma 4.00}\text{F}_{1.37}\text{O}_{4.00} \cdot 1.37\text{H}_2\text{O}$ . Lokálně byl zjištěn mírně zvýšený obsah Al - až 0.006 *apfu*, Fe - až 0.003 *apfu*, Co - až 0.008 *apfu* a Cu - až 0.004 *apfu*. Valenční stav manganu nebyl zjišťován nezávislými metodami, ale počítali jsme se střední valencí +3.75, která je uváděná v literatuře (např. Drits et al. 2007; Cygan et al. 2012; Ling et al. 2018).

Krusty a brčka bílé barvy, vyskytující se na hlavním překopu, jsou podle výsledků RTG difrakce tvořeny **kalcitem**, **aragonitem** (tab. 2) nebo jejich směsí. Kalcit byl zjištěn i v brčkách s obsahem *buseritu* v komoře (obr. 14E). V SEM je patrné, že kalcit vytváří protažené romboedry, aragonit je tence jehlicovitý (obr. 14F) a v brčkách je patrně mladší než kalcit.

## Diskuze

Zajímavou otázkou je zdroj REE potřebného pro vznik lanthanitu-(La) a lanthanitu-(Ce). V hydrotermální žilné mineralizaci siliciklastických flyšových hornin spodního karbonu, tzv. kulmu, byly dosud zjištěny z primárních nositelů REE monazit-(Ce) - Zimák (1999), xenotim-(Y) - Dolníček (2010), rabdofán-(Ce) - Zimák, Vávra (1999), Halavínová et al. (2005) a Krmíček et al. (2005). Jako nejistý je uváděn calkinit-(Ce) - Zimák, Novotný (2002). Synchronit-(Ce) byl ověřen Krmíčkem et al. (2005), ceriový i yttriový člen této řady pak Kotlánovou et al. (2016). Bez analytických dat zmiňují minerál ze skupiny synchronitu také Halavínová et al. (2005). Drobné žilky hydrotermální mineralizace s převahou křemene nebo karbonátů byly v těžební komoře zjištěny, takže původ REE z vyloužené žilné mineralizace je možný. Druhou alternativou je původ REE z akcesorických minerálů samotných flyšových sedimentů, jako jsou monazit-(Ce), monazit-(Nd), rabdofán-(Ce), synchronit-(Ce) a thorogummit (Čopjaková, Škoda 2006; Čopjaková et al. 2011; Jirásek et al. 2014; Vavro et al. 2018), granáty (Čopjaková et al. 2005), allanit, apatit nebo biotit (Čopjaková, Škoda 2006).

Obvyklá dominance La nad Ce u zjištěného lanthanitu ukazuje na převažující oxidační prostředí, kdy se Ce

stává nemobilním a precipituje jako  $\text{Ce}^{4+}$ , tj. jako minerál cerianit-(Ce). Ten byl u několika vzorků z lokality pozorován jako součást agregátů hydratovaných oxidů Mn, jeho přítomnost ale není zcela jednoznačně prokazatelná.

Zjištění obecných karbonátů (kalcit, aragonit) v zóně oxidace pyritu je zajímavé především z geochemického hlediska. Je pravděpodobné, že břidlice vykazují z poněkud globálnějšího hlediska nižší acidifikační potenciál než je jejich neutralizační kapacita. Produkovaná acidita je pak plně neutralizována a navíc lokální acidifikace zvyšuje parciální tlak  $\text{CO}_2$  v okolí, což v důsledku způsobuje intenzivnější extrakci karbonátů v okolí. Zvýšený parciální tlak  $\text{CO}_2$  v pH přibližně neutrálním prostředí vede totiž k vyšším koncentracím  $\text{HCO}_3^-$  a v důsledku pak k rostoucím koncentracím  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Charakter supergenní mineralizace tomu nasvědčuje. Jedinými zjištěnými minerá-

**Tabulka 5** Chemické složení birnessitu (hm. %). Přepočítání koeficientů empirického vzorce byl proveden na 4 atomy kyslíku a průměrnou valencí  $\text{Mn}^{3.75+}$ . Množství  $\text{H}_2\text{O}$  bylo dopočteno na základě poměru  $\text{Mn}/\text{H}_2\text{O}$ .

	analytická data			
	průměr	1	2	3
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	68.36	63.71	61.77	
$\text{SiO}_2$	0.44	0.42	0.71	
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.01	0.12	0.05	
FeO	0.08	0.06	0.07	
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.01	0.01	0.04	
$\text{Na}_2\text{O}$	0.05	0.03	0.04	
$\text{K}_2\text{O}$	-	0.01	-	
CaO	8.50	9.48	9.86	
MgO	1.37	1.27	1.29	
NiO	0.35	0.28	0.34	
CoO	0.14	0.25	0.11	
CuO	-	-	0.05	
ZnO	0.05	0.24	0.19	
F	0.17	0.17	0.09	
$\Sigma$	79.54	76.04	74.63	
dopočtené hodnoty				
$\text{MnO}_{1.875}$	73.56	68.59	66.50	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.09	0.06	0.08	
$\Sigma^*$	73.65	68.65	66.58	
přepočítání na koeficienty empirického vzorce				
$\text{Mn}^{3.75}$	1.82	1.816	1.836	1.816
$\text{Si}^{4+}$	0.02	0.028	0.016	0.028
$\text{Al}^{3+}$	-	0.002	0.006	0.002
$\text{Fe}^{3+}$	-	0.003	0.002	0.003
$\text{P}^{5+}$	-	0.001	-	0.001
subtot.	1.84	1.850	1.860	1.850
$\text{Na}^+$	-	0.003	0.002	0.003
$\text{K}^+$	-	-	-	-
$\text{Ca}^{2+}$	0.41	0.418	0.393	0.418
$\text{Mg}^{2+}$	0.07	0.076	0.073	0.076
$\text{Ni}^{2+}$	0.01	0.011	0.009	0.011
$\text{Co}^{2+}$	-	0.004	0.008	0.004
$\text{Cu}^{2+}$	-	0.001	-	0.004
$\text{Zn}^{2+}$	0.01	0.001	-	0.001
subtot.	0.50	0.514	0.485	0.517
F <sup>-</sup>	0.01	0.012	0.021	0.012
$\text{O}^{2-}$	4.00	4.000	4.000	4.000
$\text{H}_2\text{O}$	1.37	1.362	1.377	1.362

ly s dalším potenciálem k acidifikaci na lokalitě jsou jarosit a aluminít, které se ale vyskytují jen lokálně. Aragonit ze zón zvětrávání pyritu je znám například z odvalů v hornoslezské pánvi (Matýšek, Raclavská 1999).

## Závěr

Supergenní mineralizace v důlních dílech na pokrývačské břidlice byla dosud popisována jen stručnými zmínkami. Jde například o zmínku o sádrovcích z Nových Těchanovic (Vinš 1958) nebo sádrovců a dalších blíže neurčených síranech ze Starých Oldřůvek (Staněk 1990). Mírně bohatší je sekundární mineralizace průzkumných a těžebních důlních děl na Pb-Ag rudy, ze které byl v Oderských vrších a Nízkém Jeseníku popsán například linarit a brochantit (Kletné u Oder - Hrazdil et al. 2016) nebo anglesit a cerusit (Olověný vrch u Barnova - Kučera et al. 2003, 2007). Z tohoto ohledu je studovaná lokalita dosti unikátní svou pestrostí. Detailnější výzkum produktů zvětrávání břidlic může ale přinést další nálezy.

Popisované minerály vznikají při rozkladu pyritu v kulmských jílovitých břidlicích. Svou genezí se sice poněkud podobají některým známým lokalitám s projevy zvětrávání pyritu, například Chvalětice (Pašava et al. 1986) nebo Valachov (např. Sejkora et al. 2014). Existují ale i podstatné rozdíly. Kulmské břidlice obsahují jen limitované množství pyritu, který je v nich jemně dispergován v podobě framboidálních agregátů. Je také pravděpodobné, že acidifikační potenciál sulfidů, přítomných v kulmských břidlicích, bude významně nižší, než je jejich neutralizační kapacita. Toto vede k výrazně převaze stabilních produktů zvětrávání, jako jsou sádrovec a goethit, nad minerály se zbytkovým acidifikačním potenciálem, například jarositem nebo aluminitem.

Nejzajímavějším zjištěným minerálem na lokalitě je patrně *buserit*, obsahující jako doplňkový kationt v mezivrstvích ionty Ca. Minerál nebyl dosud platně popsán a není vyřešena ani nomenklatura minerálů skupiny birnessitu, do které patří. Na základě platných pravidel je možné navrhnout označení „buserit-Ca“, nebo „birnessit-(Ca,2H<sub>2</sub>O)“, problematika ale vyžaduje další studium. Minerál ze studované lokality není patrně vhodný pro strukturní stadium z důvodu anizotropie velikostí částic.

## Poděkování

Vznik tohoto článku byl finančně podpořen grantovými projekty MŠMT ČR SGS SP2019/77 a LO1404. Pro výzkum byla využita přístrojová technika Institutu čistých technologií těžby a užití energetických surovin - Projekt udržitelnosti, identifikační kód LO1406. Děkujeme R. Škodovi za WDS analýzy *buseritu*. Dále děkujeme recenzentům P. Paulišovi a D. Velebilovi za kritické poznámky, které vedly ke zvýšení kvality rukopisu.

## Literatura

- BAUR WH (1964) On the crystal chemistry of salt hydrates. IV. The refinement of the crystal structure of MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (epsomite). *Acta Crystallogr* 17: 1361-1369
- BARGAR JR, FULLER CC, MARCUS MA, BREARLEY AJ, DE LA ROSA MP, WEBB AM, CALDWELL WA (2009) Structural characterization of terrestrial microbial Mn oxides from Pinal Creek, AZ. *Geochim Cosmochim Acta* 73: 889-910
- BILINSKY H, GIOVANOLI R, USUI A, HANŽEL D (2002) Characterization of Mn oxides in cemented streambed crusts from Pinal Creek, Arizona, U.S.A., and in hot-spring deposits from Yuno-Taki Falls, Hokkaido, Japan. *Am Mineral* 87: 580-591
- BURNS GR, BURNS VM, STOCKMAN HW (1983) A review of the todorokite buserite problem: implications to the mineralogy of marine manganese nodules. *Am Mineral* 68: 972-980
- CUI H, LIU X, TAN W, FENG X, LUI F, RUAN HD (2008) Influence of Mn(III) availability on the phase transformation from layered buserite to tunnel-structured todorokite. *Clay Clay Miner* 56: 397-403
- CALLOT C von (1850) Ueber Dachschiefer-Erzeugung mit besonderer Rücksicht auf die Schieferbrüche in k. k. Schlesien und Mähren. *Jb K-Kön geol Reichsanst (Wien)* 1: 436-453
- CYGAN RT, POST JE, HEANE PJ, KUBICKI JD (2012) Molecular models of birnessite and related hydrated layered minerals. *Am Mineral* 97: 1505-1514
- ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA (2019) Důlní díla a poddolování. Přístup 28. března 2019 na adrese [https://mapy.geology.cz/dulni\\_dila\\_poddolovani/](https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/)
- ČOPJAKOVÁ R, NOVÁK M, FRANČŮ E (2011) Formation of authigenic monazite-(Ce) to monazite-(Nd) from Upper Carboniferous graywackes of the Drahaný Upland: Roles of the chemical composition of host rock and burial temperature. *Lithos* 127: 373-385
- ČOPJAKOVÁ R, SULOVSKÝ P, PATERSON BA (2005) Major and trace elements in pyrope-almandine garnets as sediment provenance indicators of the Lower Carboniferous Culm sediments, Drahaný Upland, Bohemian Massif. *Lithos* 82: 51-70
- ČOPJAKOVÁ R, ŠKODA R (2006) Detritické a autigenní REE minerály v sedimentech kulmu Drahaný vrchoviny, jejich význam pro studium provenience klastického materiálu a procesů diagenese. *Acta Mus Morav, Sci Geol* 91: 105-127
- DOLNÍČEK Z (2010) Xenotim-(Y) z rudní žíly na lokalitě Zlatý důl u Hluboček (kulm Nízkého Jeseníku). *Geol Výzk Mor Slez* 2009 17: 133-135
- DRITS VA, LANSON B, GAILLOT A-C (2007) Birnessite polytype systematics and identification by powder X-ray diffraction. *Am Mineral* 92: 771-788
- DVOŘÁK J (1994) Variský flyšový vývoj v Nízkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku. Český geologický ústav Praha
- EBEL M (2007) Dějiny českého stavebního práva. 1-255, ABF - Arch, Praha
- D'ELVERT CH (1866) Zur Kultur-Geschichte Mährens und Oest. Schlesiens. 1. Theil. 1-646, Rudolf M. Rohrer, Brünn.
- EFFENBERGER H, MEREITER K, ZEMANN J (1981) Crystal structure refinements of magnesite, calcite, rhodochrosite, siderite, smithsonite, and dolomite, with discussion of some aspects of the stereochemistry of calcite type carbonates. *Z Kristallogr* 156: 233-243
- ERTL A, PERTLIK F, PREM M, POST JE, KIM SJ, BRANDSTATTER F, SCHUSTER R (2005) Ranciéite crystals from Friesach, Carinthia, Austria. *Eur J Mineral* 17: 163-172
- ETTINGSHAUSEN C von (1865) Die fossile Flora des mährisch-schlesischen Dachschiefers. *Sitz-Ber K Akad Wiss, math-naturwiss Kl (Wien)* 51: 201-214
- GIOVANOLI R (1985) A review of the todorokite-buserite problem: implications to the mineralogy of marine manganese nodules: discussion. *Am Mineral* 70: 202-204

- GRAHAM IT, POGSON RE, COLCHESTER DM, HERGT J, MARTIN R, WILLIAMS PA (2007) Pink lanthanite-(Nd) from Whitianga quarry, Coromandel Peninsula, New Zealand. *Can Mineral* 45: 1389-1396
- HALAVÍNOVÁ M, SLOBODNÍK M, KRMIČEK L, KUČERA J (2005) Hydrotermální asociace na žilách v klastických horninách spodního karbonu Dražanské a Zábřežské vrchoviny: genetické aspekty. *Geol výzk Mor Slez v roce 2004* 12: 55-58
- HARTLEY AJ, OTAVA J (2001) Sediment provenance and dispersal in a deep marine foreland basin: the Lower Carboniferous Culm Basin, Czech Republic. *J Geol Soc (London)* 158: 137-150
- HAVLENA V (1977) Termín „kulm“ a jeho užití v geologické literatuře. *Čas Mineral Geol* 22: 423-425
- HOCHSTETTER F von (1866) Die Dachschiefer Industrie in Mähren und Schlesien. *Österr Revue* 3: 133-145
- HRAZDIL, V., HOUZAR, S., SEJKORA, J., KONÍČKOVÁ, Š., JAROŠOVÁ, L. (2016): Linarite from the Ag-Pb ore deposit at Kletné near Suchodol nad Odrou (Jeseníky Culm, Vítkov Highlands). *Čas Slez Muz, Vědy přír* 65: 88-96
- JIRÁSEK J, WLOSOK J, SIVEK M, MATÝSEK D, SCHMITZ M, SYKOROVÁ I, VAŠIČEK Z (2014) U-Pb zircon age of the Krásné Loučky tuffite: the dating of Visean flysch in the Moravo-Silesian Paleozoic Basin (Rhenohercynian Zone, Czech Republic). *Geol Quart* 58: 659-672,
- KORN D (1994) Revision of the Rhenish Late Visean goniatite stratigraphy. *Ann Soc géol Belg* 117: 129-136
- KOTLÁNOVÁ M, DOLNÍČEK Z, KAPUSTA J (2016) Minerály vzácných zemin na hydrotermálních polymetalických žilách z historického ložiska Zlatý důl u Hluboček - Mariánského údolí (kulm Nížkého Jeseníku). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24: 70-79
- KRMIČEK L, SULOVSKÝ P, HALAVÍNOVÁ M (2005) Výskyt minerálů vzácných zemin na hydrotermálních žilách Dražanské vrchoviny. *Geol Výzk Mor Slez* 2004 12: 64-68
- KUČERA J, KUČEROVÁ-CHARVÁTOVÁ K, ŠKODA R (2007) Nové výskyty minerálů na hydrotermálních žilách Nížkého Jeseníku (II). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 14-15: 66-68
- KUČERA J, MUCHEZ P, SLOBODNÍK M, PROCHASKA W (2010) Geochemistry of highly saline fluids in the Moravo-Silesian Palaeozoic siliciclastic sequences: genetic implications. *Int J Earth Sci* 99: 269-284
- KUČERA J, SLOBODNÍK M, KADLUBEC J (2003) Nové výskyty minerálů na polymetalických žilách Nížkého Jeseníku. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 11: 152-153
- KUMA K, USUI A, PAPLAWSKY W, GEDULIN B, ARRHENIUS G (1994) Crystal structures of synthetic 7 Å and 10 Å manganates substituted by mono- and divalent cations. *Mineral Mag* 58: 425-447
- KUMPERA O (1976) Stratigrafie spodního karbonu jesenického bloku (2. část: kulmská souvrství a jejich stratigrafické ekvivalenty) moravické souvrství. Sbor věd Prací Vys Šk báň v Ostravě, Ř horn-geol 22: 141-170
- KUMPERA O (1983) Geologie spodního karbonu jesenického bloku. Academia Praha
- KUPKA J, POHUNEK J (2017) Krajina po těžbě břidlice očima trampů a táborníků aneb o brownfieldech jinak (Nížký Jeseník). *Stud Ethnol Prag* 2: 134-145
- LEHOTSKÝ T (2008) Taxonomie goniatitové fauny, biostratigrafie a paleoekologie jesenického a dražanského kulmu. Disertační práce, PŘF MU Brno
- LING FT, POST JE, HEANEY PJ, ILTON ES (2018) The relationship between Mn oxidation state and structure in triclinic and hexagonal birnessites. *Chem Geol* 479: 216-227
- LOPANO C, HEANEY PJ, POST JE, HANSON J, KOMARNENI S (2007) Time-resolved structural analysis of K- and Ba-exchange reactions with synthetic Na-birnessite using synchrotron X-ray diffraction. *Am Mineral* 92: 380-387
- MATÝSEK D, RAČLAVSKÁ H (1999) Vznik sulfátové mineralizace na odvalech a její vliv na kvalitu spodních vod v OKR. Uhlí Rudy Geol Průzk 6: 8-16
- MAX MACHANEK † (1893) *Mährisches Tagblatt* 15.V.1893: 4
- MORAVIA AKC. SPOL. ŽELEZÁŘSKÝ PRŮMYSL HLUBOČKY-MARIÁNSKÉ ÚDOLÍ (1930) 1-37, Průmyslové a propagační nakladatelství, Brno
- NOVÁK M (2003) Sbohem (nashledanou) Roberte! *Speleo* 38: 42
- OSTWALD J, DUBRAWSKI JV (1987) An X-ray diffraction investigation of a Marine 10 Å manganate. *Mineral Mag* 51: 463-466
- PALCHIK NA, MOROZ TN, GRIGORIEVA TN, MIROSHNICHENKO LV (2014) Manganese minerals from the Miassovo freshwater lake: Composition and structure. *Russ J Inorg Chem* 59: 511-518
- PAŠAVA J, BREITER K, HUKA M, KORECKÝ J (1986) Parageneze druhotných železnatých, hořečnatých a manganatých síranů z Chvaletic. *Věst Ústř Úst geol* 61: 73-82
- PATTEISKY K (1929) Die Geologie und Fossilführung der mährisch-schlesischen Dachschiefers- und Grauwackenformation. 1-354, Naturwissenschaftlichen Verein Troppau
- PEDERSEN BF, SEMMINGSEN D (1982) Neutron diffraction refinement of the structure of gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . *Acta Cryst B* 38: 1074-1077
- PETERS J, KOSCHIN K eds. (1930) Horní zákony československé platné v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. 1-931, Československý kompas, Praha
- POŘÁDEK P, SLOBODNÍK M (2015) Syntektonické hydrotermální systémy v siliciklastikách Nížkého Jeseníku. Sbor abstr Otevřený kongres České geologické společnosti a Slovenskej geologickej spoločnosti (Mikulov), 88. Vyd Masarykova univ a Čes geol spol Mikulov
- PRAVNÁNSKÝ J, ZBOŘILOVÁ M (2015) Projektová dokumentace - Zajištění hlavního důlního díla 735 - úpadnice Zálužné 2, zajištění hlavního důlního díla 733 - Jáma Zálužné a zajištění propadu ve štole Nové Těchanovice 1 v k.ú. Nové Těchanovice - VZ malého rozsahu. Přístup 28. března 2019 na adrese [https://mfcr.uzak.cz/contract\\_display\\_28.html?open=doc\\_pub&lang=en](https://mfcr.uzak.cz/contract_display_28.html?open=doc_pub&lang=en)
- ŘIHÁK J. (1966) Přírodní břidlice a jejich využití. MS, Olomouc.
- SABELLI C, FERRONI RT (1978) The crystal structure of aluminite. *Acta Cryst B* 34: 2407-2412
- SEJKORA J, ŠPALEK J, MACEK I, MALÍKOVÁ R (2014) Fibroferrit z historické lokality Valachov (Skřivaň) u Rakovníka (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22: 371-375
- SCHINDLER F (1862) Die Thonschiefer Mährens und Schlesiens und die Gewinnung des Dachschiefer aus denselben. 1-21, F. Fridrich & Comp., Wien
- STANĚK S (1990) Studium pruhu štípatelných jílových břidlic (Svatoňovice, okr. Opava). *Čas Slez Muz, Vědy přír* 39: 153-173
- STATISTIK DER INDUSTRIE MÄHRENS (1883a) 1. sv., 1-774, C. Winkler, Brünn

- STATISTIK DER INDUSTRIE MÄHRENS (1883b) 2. sv., 1-498, C. Winkler, Brünn
- STATISTISCHER BERICHT ÜBER DIE INDUSTRIE SCHLESIENS IM JA- HRE (1870-1905). Troppau, Verlag der schles. Han- dels- und Gewerbekammer.
- STUR D (1866) Eine Excursion in die Dachschieferbrüche Mährens und Schlesiens und in die Schalsteinhügel zwischen Bennisch und Bärn. Jb K-Kön geol Reich- sanst (Wien) 16: 436-453
- STUR D (1875) Die Culm-Flora des mährisch-schlesischen Dachschiefers. Abh K-Kön geol Reichsanst (Wien) 8: 1-106
- SVĚRÁK V. (2018) [ústní sdělení]
- TAZAKI K (2000) Formation of banded iron-manganese structures by natural microbial communities. Clay Clay Miner 48: 511-520
- USUI A, MITA N (1995) Geochemistry and mineralogy of a modern buserite deposit from a hot spring in Hokkai- do, Japan. Clay Clay Miner 43: 116-127
- VAVRO M, SOUČEK K, DANĚK T, MATÝSEK D, GEORGIOVSKÁ L, ZAJÍCOVÁ V (2018) Utilization of X-ray computed micro- tomography to evaluate iron sulphide distribution in roofing slates. Quart J Eng Geol Hydrogeol 51: 169- 178
- VELKOSTATEK MELČ 1609-1881 [archivní fond]. Zemský ar- chiv Opava.
- VINŠ V (1958) Recentní sintry a krápníky z břidlicových dolů u Nových Těchanovic. Přírodověd Sbor Ostrav kraje 19: 153
- VYHLÁŠKA ze dne 27.6.1948 o znárodnění podniků podle zákona č. 114/1948 Sb.
- YE Y, SMYTH JR, BONI P (2012) Crystal structure and ther- mal expansion of aragonite-group carbonates by sin- gle-crystal X-ray diffraction. Am Mineral 97: 707-712
- ZAHNAŠ P (2016) Zálužné 1785-2015: 230 let hornické obce v údolí Moravice. 1-196, Moravská expedice, Moravský Beroun
- ZAPLETAL J, DVOŘÁK J, KUMPERA O (1989) Stratigrafická kla- sifikace kulmu Nízkého Jeseníku. Věst Ústř Úst geol 64: 243-250
- ZEMSKÝ VĚSTNÍK PRO MORAVU A SLEZSKO (1919-1950) (dříve též Úřední Věstník Zemské vlády slezské). Brno.
- ZIMÁK J (1999) Hydrotermální mineralizace v lomu „Pod- hůra“ u Lipníka nad Bečvou. Geol výzk Mor Slez v roce 1998 6: 99-100
- ZIMÁK J, NOVOTNÝ P (2002) Minerály vzácných zemin na hydrotermálních žilách v kulmu Nízkého Jeseníku a Oderských vrchů. Čas Slez Muz, Vědy přír 51: 179- 182
- ZIMÁK J, VAVRA V (1999) Rabdofán-(Ce) z křemenné žíly s klinochlorem z Mladecka (kulm Nízkého Jeseníku). Geol výzk Mor Slez v roce 1998 6: 100-101