

## CHARAKTERISTIKA GRAFITOVÉ SUROVINY Z LOKALITY OLOMOUC-NEŘEDÍN, LATÉN A

Characteristic of graphite raw material from the locality Olomouc-Neředín, La Tene A

Zdeněk Čech, Jaromír Leichmann

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: 175372@mail.muni.cz

(24–22 Olomouc)

**Key words:** graphite, La Tene A, X-ray powder analysis

### Abstract

*This work includes mineralogical characterization of graphite raw material found in the Olomouc-Neředín locality. Samples were analysed using the RTG and microscopic techniques. Results of the RTG analyses were compared with that of graphite deposits of the Bohemian Massif. A comparison of graphite raw material granularity provides the best results.*

### Úvod

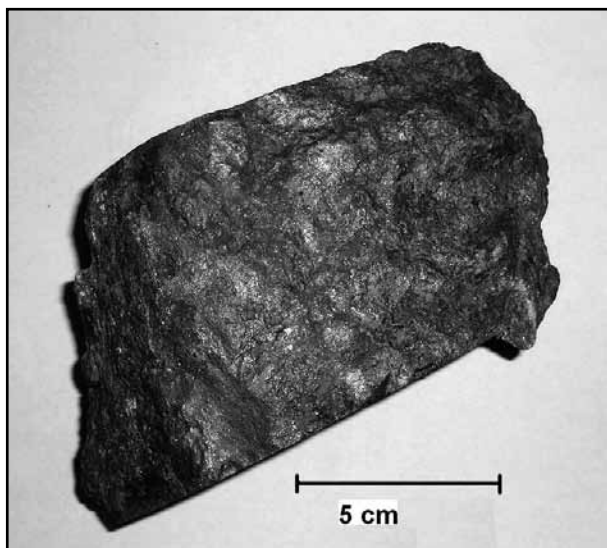
První používání grafitu jako suroviny spadá již do dob Keltů, jež sídlili v úrodných krajích kolem velkých řek na území Čech a Moravy. Nejčastěji je zmiňován keltský kmen Bójů, po nichž zůstalo zemi jméno Bohemia. Písemnými prameny doložený příliv Keltů na území dnešních Čech a Moravy nastal nepochybně již ve 4. století př. n. l. (Bouzek 2007). Moravské území bylo zasaženo poddunajským invazním proudem v průběhu 5. století př. n. l. (Čizvářová 2004). Grafit byl Kelty dobýván na dostupných odkrytých výchozech a smíchován s keramickým jílem. Grafit díky svým vlastnostem zvyšoval pevnost a snižoval tříštivost a pórovitost keramických výrobků. K bližšímu posouzení nám byly zapůjčeny vzorky grafitu (obr. 1) ze záchranných archeologických prací, které probíhaly v roce

2003 v městské části Olomouc-Neředín. Cílem práce bylo vzorky mineralogicky vyhodnotit a dostupnými metodami se pokusit o určení původní proveniencie grafitové suroviny z keltské osady v Olomouci. Otázkou zůstává, zda Keltové již ve své době znali některé z moravských nalezišť grafitu a sami jej dováželi z nejbližších výskytů moravika či silezika, nebo zda se grafitová surovina do Neředína dostala po obchodních stezkách z tradičního keltského osídlení v oblasti jižních Čech.

### Geologie

Studovaná lokalita se nachází při z. okraji města Olomouce, v městské části Neředín. Je situována na dvou výrazných návrších. Záchranné práce zde započaly v roce 1998 z důvodu výstavby rodinných domků. V roce 2003 bylo odkryto 5 polozemnic z období časného latěnu, čímž se celkový počet navýšil na 17. Polozemnice jsou rozmístěny po obou březích zaniklé vodoteče (Peška – Šrámek 2004).

Nejstarším prvkem geologické stavby území je krystalinikum brunovistulika, na které nasedá devonské bazální klastické souvrství, které je tvořeno křemitými pískovci a slepenci a křemenci, jež má podle Hruběše a Zapletala (2000) mocnost cca 30 m. Sedimentace spodního karbonu pak již pokračuje v klasickém flyšovém vývoji, tzv. kulmské facii. Uložení spodního badenu jsou zachovány v podobě vápnatých jíílů, ojediněle s složkami písku až písčitých vápenců. Kvartérní vývoj oblasti spadá do akumulární extraglaciální oblasti Českého masivu. V současnosti geologickou činnost reprezentují povodně, na něž je vázán přínos nových sedimentů v nivách řek, a gravitační pohyby na svazích (Hruběš, Zapletal 2000). Nejbližší výskyt grafitu v okolí studované lokality jsou v oblasti velkovrbenské skupiny kolem Starého Města



Obr. 1: Vzorek grafitu z lokality Olomouc-Neředín.  
Fig. 1: Sample of graphite from the locality Olomouc-Neředín.

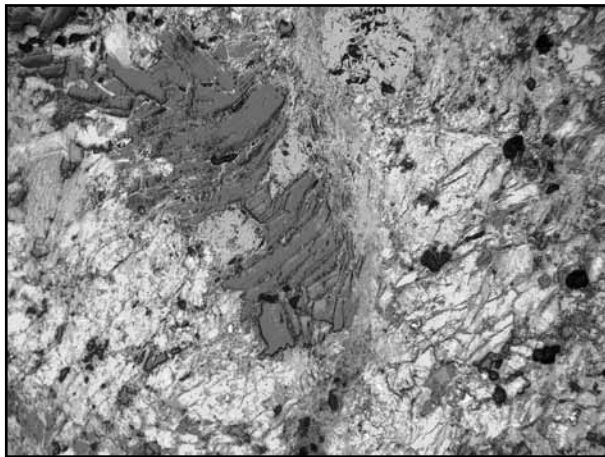
na Moravě. Další drobné výskyty náleží z regionálně geologické klasifikace do jednotky moravika v okolí Olešnice.

### Metodika

Studované vzorky grafitu byly značně zvětralé a vytřídění od hornin, jež se s grafitickou surovinou vyskytovaly. Celkem byly studovány 3 vzorky grafitu, u nichž byla po makroskopickém a následně mikroskopickém zhodnocení provedena RTG-analýza. Za účelem mineralogického vyhodnocení vzorků byly zhotoveny 2 nábrusy. Pozorování nábrusů v mikroskopu bylo provedeno v odraženém světle polarizačního mikroskopu a byly určeny některé z horninotvorných minerálů obsažených ve vzorcích. Následně byly změřeny velikosti zrn u obou nábrusů a porovnány s údaji o zrnitosti grafitových ložisek v rámci Českého masivu, které publikoval Kužvart (1983). Fotografie nábrusů jsou pořízeny na polarizačním mikroskopu Zeiss Axioskop 40 za použití fotoaparátu Olympus C – 5060. Fotografie samotných vzorků grafitické horniny jsou pořízeny digitálním fotoaparátem Olympus 750. Pro RTG studium byly vzorky grafitu drceny v achátové misce. Difrakční záznamy z příslušných preparátů byly načítány difraktometrem STOE Stadi-P v transmisním módu za použití záření CoK $\alpha$ 1 (1,788965.10<sup>-10</sup> m), primární monochromátor Ge (111), parametry generátoru 40kV, 25 mA, detekce PSD lineární detektor plněný směsí Armetan (P10). Práškové difrakční záznamy jsou vyhodnoceny v programu Visual X<sup>POW</sup>.

### Výsledky

Grafit ve vzorku číslo 05/2002 vytváří v nábrusu tabulkovité krystalky až lupínky podobné slídám (obr. 2).



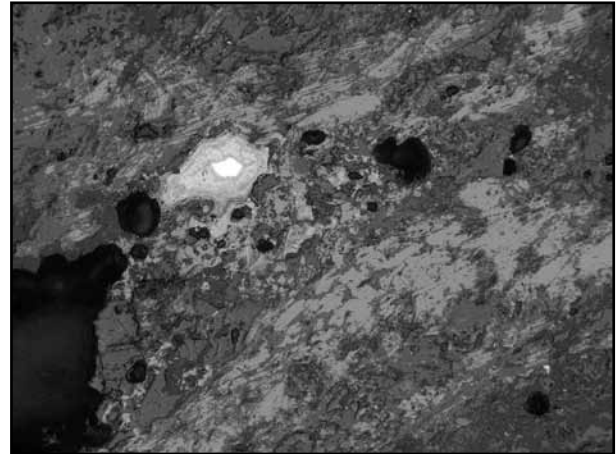
Obr. 2: Tabulkovitá individua grafitu s horninotvornými minerály (PPL, zvětšení 30 $\times$ ).

Fig. 2: Tables of graphite with rock-forming minerals (PPL, magnification 30 $\times$ ).

V řezu kolmém na bázi je viditelná výborná štěpnost podle (001). Ve zkřížených nikolech jsou vidět pro grafit typické anizotropní efekty. Některé z individuí jsou zprohýbané či jinak tlakově postižené, což je však vzhledem k měkkosti grafitu běžný, typický jev. Z horninotvorných minerálů se ve studovaném vzorku vyskytují některé fylosilikáty. Místa jsou ve vzorku trhlinky vyplněné limonitem, jehož

zdrojem byl pravděpodobně pyrit obsažený v grafitové surovině. Nicméně přítomnost pyritu v tomto vzorku nebyla prokázána. Z horninotvorných minerálů byla potvrzena pouze přítomnost křemene.

Grafit v nábrusu číslo 28/99 se jeví jako masivnější než vzorek číslo 05/2002. Lze jen těžko rozlišit jednotlivé šupiny grafitu v nábrusu. Ve zkřížených nikolech je viditelná pseudomorfoza limonitu po pyritu (obr. 3).



Obr. 3: Limonit s reliktem pyritu v grafitové surovině. (PPL, zvětšení 30 $\times$ ).

Fig. 3: Limonite with relict of pyrite in graphite raw material (PPL, magnification 30 $\times$ ).

V studovaném vzorku číslo 28/99 byl také nalezen relict nezvětralého pyritu. Z horninotvorných minerálů byl stejně jako u předchozího vzorku určen pouze křemen. Z akcesorických minerálů byla potvrzena přítomnost rutilu. Z výsledku je zřejmé, že velikosti individuí grafitu jsou v obou nábrusech přibližně stejné velikosti. U obou studovaných vzorků bylo provedeno 10 měření velikosti individuí grafitu mikrometrickým okulárem. Grafitová zrna byla u vzorků přibližně stejné velikosti a jejich průměrná hodnota se pohybovala v rozmezí 0,16  $\times$  0,1 mm.

RTG záznam byl negativně ovlivněn vysokým obsahem křemene zastoupeným ve vzorku, proto byl působením kyseliny fluorovodíkové odstraněn a RTG měření poté provedena opakovaně. Nejsilnější difrakční maximum upravovaného vzorku grafitu  $d = 3,357$  (100) odpovídá v záznamech difrakčních spekter grafitu hodnotě  $d = 3,376$  (100), jež náleží polytypu 2H. Slabší difrakční polytyp 2H vykazuje hodnoty:  $d = 2,134$  (20), jež odpovídá hodnotě  $d = 2,138$  (2), hodnota  $d = 2,033$  (19) odpovídá  $d = 2,040$  (6) a nejslabší hodnotou je  $d = 1,680$  (5) odpovídající hodnotě  $d = 1,681$  (4).

U modifikace 3R vykazují nejsilnější difrakce v záznamu hodnotu  $d = 3,348$  (100). Ve vzorku jsou obsaženy oba typy modifikace. Ze slabších difrakcí byly ke grafitu modifikace 3R přiřazeny hodnoty  $d = 2,087$  (4) [odpovídá tolerované  $d = 2,081$  (11)] a hodnota  $d = 1,680$  (5), která odpovídá hodnotě  $d = 1,674$  (6).

Hlavní difrakční maximum 2H grafitu [ $d = 3,357$  (100)] se rozhodně nepřekrývá s křemenem, který byl separačním postupem zcela eliminován. Ani jiné difrakce křemene nebyly detekovány. Zbývající  $d$ -hodnoty vzorku

Vzorek gr1_3		Grafit 2H PDF-2		Grafit 3R PDF-2		HM
d [10 <sup>-10</sup> m]	Ir	d	Ir	d	Ir	
1.	5,749	6	-	-	-	+
2.	3,357	100	-	-	3,348	100
3.	2,133	21	2,139	2	-	-
4.	2,087	4	-	-	2,081	11
5.	2,034	19	2,039	6	-	-
6.	1,794	2	-	-	-	+
7.	1,77	2	-	-	-	+
8.	1,68	5	1,681	4	-	-
9.	1,418	4	-	-	-	+

Tab. 1: RTG práškový záznam upraveného vzorku grafitu.

Tab. 1: X-ray powder data of the modified graphite sample.

tak zřejmě přísluší jiným horninotvorným minerálům (tab. 1).

### Diskuze a závěr

Za účelem zjistit, zda grafit z Neředína neodpovídá některé z typických lokalit výskytu v Českém masivu, byly srovnány RTG analýzy studovaných vzorků s RTG analýzami typických lokalit grafitu v rámci Čech a Moravy. Konkrétně šlo o data z lokalit: Branná, Černá u Bližné, Petříkov a Velké Tresné. Po analýze použitých vzorků se dá de facto říci, že surovina z Neředína se shoduje z části s každým z porovnávaných vzorků, avšak ne v takové míře, aby šly studované vzorky zařadit k určité typové lokalitě. Žádná z porovnávaných lokalit tedy neodpovídá zkoumaným vzorkům.

Jednou z dalších možností určení původní proveniencí bylo využít změřených individuů vloček grafitu z nábrusu a srovnat je s vločkovitostí typických lokalit Českého masivu. Vločkovitost grafitu je ve většině regionálně-geologických oblastí Českého masivu odlišná, proto srovnání vločkovitostí může minimálně napovědět, ze které regionálně-geologické oblasti vzorek pochází. Všeobecně se podle Kužvarta (1984) rozlišuje 5 typů vločkovitosti:

- velká (nad 0,3 mm),
- střední (0,2–0,2 mm),
- malá (0,1–0,2 mm),
- velmi malá (0,001–0,1 mm),
- amorfni (pod 0,001 mm).

### Literatura

- Bouzek, J. (2007): Keltové našich zemí v evropském kontextu. – Triton Praha.  
 Čižmářová, J. (2004): Encyklopedie Keltů na Moravě a ve Slezsku. – Libri Praha.  
 Peška, J. – Šrámek, F. (2004): Přehled výzkumů 45. – Archeologický ústav AV ČR Brno.  
 Hrubeš, M. – Zapletal, J. (2000): Geologický vývoj oblasti. – In: Hrubeš, M. – Adamová, M. – Bláha, J. – Břízová, E. – Čtyroká, J. – Čurda, J. – Hnojem, I. – Hanzl, P. – Hladilová, Š. – Kašpárek, M. – Nekovařík, Č. – Novák, Z. – Šamanský, K. – Švábenická, L. – Večeřa, J. – Zapletal, J.: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000, 24-224 Olomouc. – ČGÚ Praha.  
 Kužvart, M. (1983): Geologie ložisek nerudných surovin. – Státní pedagogické nakladatelství Praha.  
 Kužvart, M. (1984): Ložiska nerudných surovin. – Academia Praha.

Na základě tohoto dělení můžeme vločkovitost studované grafitické suroviny označit jako malou, ojediněle až střední. Předpokládalo se, že grafit z Neředína mohl být dovážen z blízkých Jeseníků, konkrétně např. z lokality Branná, či Petříkov, avšak tuto hypotézu téměř vyloučil fakt, že na zmiňovaných ložiscích se vyskytuje grafit amorfni. Pokud budeme brát v potaz pouze vločkovitost grafitu, tak můžeme vyloučit téměř veškeré grafity jak moravika, tak silezika. V obou regionálně-geologických jednotkách se vyskytuje grafitická surovina o velikosti amorfni, popřípadě místy dosahuje velikosti velmi malých tabulek grafitu. Z hlediska vločkovitosti je tedy nejpravděpodobnější oblastí proveniencí grafitické suroviny oblast moldanubická, což by z důvodu tradice keltského osídlení v jižních Čechách nebylo překvapujícím zjištěním. Ložisek grafitu v okolí keltských osad bylo jak na Moravě, tak v Čechách dostatek. Byla tudíž možnost získávat surovinu grafitu pro osadu z Neředína z bližších lokalit, než jsou jižní Čechy. Pravděpodobnou příčinou, proč tedy Keltové dováželi surovinu grafitu až z jižních Čech je, že bližší ložiska nebyla Kelty laténského období objevena, nebo se nacházela ve špatně dostupných místech terénu.

Závěrem lze tedy říci, že RTG analýza nepomohla při určení proveniencí studovaných vzorků grafitu, neboť se RTG záznam suroviny grafitu neshodoval s žádným z porovnávaných RTG záznamů vzorků typických ložisek Českého masivu. Určit alespoň přibližnou provenienci suroviny se podařilo srovnáním velikosti zrn grafitu z nábrusu s vločkovitostí lokalit Českého masivu. Poměrně velká zrna grafitu napověděla, že původní proveniencí suroviny se bude s největší pravděpodobností týkat oblasti moldanubika. Pro bližší určení proveniencí by však bylo zapotřebí využít ještě další, finančně náročnější, metody studia, které bohužel v rámci bakalářské práce nebylo možné realizovat.