

Kloužková, Alexandra; Zemenová, Petra; Frolík, Jan; Svobodová, Ljuba

**Hodnocení středověké keramiky z Lažan u Chrudimi pomocí analýz XRF, XRD, OM, DSC-TG a RS**

*Archaeologia historica*. 2014, vol. 39, iss. 1, pp. 75-87

ISSN 0231-5823 (print); ISSN 2336-4386 (online)

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/130281>

Access Date: 28. 11. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

## HODNOCENÍ STŘEDOVĚKÉ KERAMIKY Z LAŽAN U CHRUDIMI POMOCÍ ANALÝZ XRF, XRD, OM, DSC-TG A RS

ALEXANDRA KLOUŽKOVÁ – PETRA ZEMENOVÁ – JAN FROLÍK – LJUBA SVOBODOVÁ

**Abstrakt:** V průběhu záchranného archeologického výzkumu kostela sv. Václava v Lažanech u Chrudimi bylo nalezeno velké množství keramických střepů datovaných do 13.–14. století. Chemické a mineralogické složení 19 střepových hmot bylo hodnoceno pomocí rentgenové fluorescence (XRF), rentgenové difrakce (XRD), vybrané vzorky i termickými analýzami (STA v režimu DSC/TG), Ramanovou spektroskopií a optickou mikroskopií. Při zpracování střepového materiálu bylo postupně zrestaurováno 17 nádob. Pomocí provedených analýz byla prokázána podobnost surovinových zdrojů střepových hmot s vzhoubou na místní horniny, především břidlice a drobu, které byly použity jako ostřivo.

**Klíčová slova:** keramika – Lažany – analýzy XRD – XRF – DSC.

### *Assessment of Medieval Pottery from Lažany, near Chrudim by Means of XRF, XRD, OM, DSC-TG and RS Analyses*

**Abstract:** Archaeological rescue research into the Church of St. Wenceslas in Lažany, near Chrudim has yielded a large number of ceramic sherds dated to the 13th–14th centuries. Chemical and mineralogical composition of 19 clay bodies was investigated with the help of X-ray fluorescence (XRF), X-ray diffraction (XRD), selected samples also by means of thermal analyses (STA in DSC/TG regime), Raman spectroscopy (RS) and optical microscopy (OM). 17 vessels were restored in the course of the processing of the sherds. The analyses confirmed similar sources of raw materials of the clay bodies related to local rocks, especially slate and greywacke used as grog.

**Key words:** pottery – Lažany – XRD – XRF – DSC analyses.

### Úvod

V letech 2005–2006 probíhal záchranný archeologický výzkum kostela sv. Václava v Lažanech v okrese Chrudim (obr. 1–2; Frolík 2006, 48–49). V průběhu výzkumu byl v zaniklé gotické kostnici situované na jižní straně presbytáře nalezen soubor střepů, který byl datován do pokročilého 13. a 14. století. Pro nálezovou situaci nejsou prozatím známy analogie, stejně jako pro další pozorované skutečnosti (spálení části lidských kostí v kostnici – analogii poskytují nepublikované nálezy z Přelouče [zde včetně fragmentární keramiky] a z Lysé nad Labem). Jedním z možných vysvětlení přítomnosti střepového materiálu v této nálezové situaci je užití nádob k liturgickým účelům.

Část střepů z uvedeného souboru byla postupně zpracována ve formě semestrálních prací v oboru restaurování (Shauchenka 2011; Seifertová 2011) v rámci spolupráce Ústavu skla a keramiky VŠCHT Praha a ARÚ AV ČR, Praha, v. v. i. (Kloužková–Svobodová–Zemenová 2012, 362–367). Celkem bylo analyzováno 19 střepových hmot a zrestaurováno 17 nádob.

V průběhu analýz byla řešena klíčová otázka, zda jde o místní výrobky, nebo o import. Vstupní informací k posouzení možnosti lokálních surovinových zdrojů je identifikace úlomků hornin a minerálů v ostřivu a jejich možný vztah ke konkrétnímu geologickému podloží. Velmi dobré podklady lze získat porovnáním s lokálním střepovým materiálem ze stejného období, popř. i odběrem vzorků případných surovin a jejich následným výpalem za předpokládaných podmínek. Někdy však ani všechny tyto informace nemusí vést k jednoznačnému závěru.

Přítomnost některých minerálů ve střepové hmotě je spojena nejen s použitými surovinovými zdroji, ale také s podmínkami výpalu. Ty ovlivňují nejen změnu barvy a strukturu střepové hmoty, ale i přítomnost či absenci některých minerálů (např. kalcit, gehlenit, anortit, mullit ad.). Indikátorem teploty výpalu velmi často bývají slidy (např. muskovit a biotit) coby časté příměsi v nízkopálené keramice (teplota výpalu do ca 1 000 °C), resp. jejich optické vlastnosti jako index lomu, pleochroismus ad. (Hanykýř 2010, 4–11; Gregerová a kol. 2010, 53; Reedy 2008, 176;



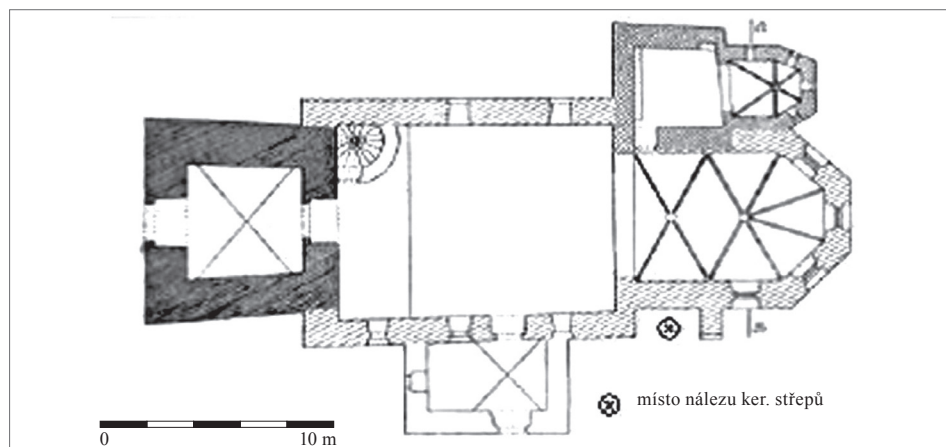
Obr. 1. Kostel sv. Václava, současný snímek. Foto A. Kloužková.  
Abb. 1. St. Wenzelkirche, aktuelle Aufnahme. Foto A. Kloužková.

Quinn 2013, 190). Ve střepevé hmotě keramiky vyrobené ze surovin obsahujících různé horniny (např. granit, drobu, břidlice ad.) jsou po tepelném zpracování přítomny i minerály, které do příslušné teploty výpalu neprocházejí žádnými změnami (jsou to především živce a křemen).

## Experimentální část

Celkem bylo hodnoceno 19 vzorků, které charakterizovalo pět typů keramických střepeů. Výběr zástupců jednotlivých skupin byl proveden na základě jejich typického zbarvení (vnějšího i vnitřního povrchu, popř. existence tzv. sendviče) a dalších makroskopických znaků pro danou skupinu. Pomocí analýz byly zjišťovány údaje, které by umožnily posoudit pravděpodobné teploty výpalu výrobků a zhodnotit možnost lokální výroby.

K hodnocení chemického a mineralogického složení střepeů pomocí analýz byly použity práškové vzorky. Chemické složení bylo zjištěno pomocí rentgenové fluorescenční analýzy (spektrometr ARL 9400 XP+). K určení mineralogického složení byla použita rentgenová difrakční analýza (difraktometr PANanalytical X'Pert PRO s Cu anodou, a v rozsahu 5–60° 2 $\theta$ , ADS 20). Vyhodnocení difraktogramů bylo provedeno programem X'PertHighScore Plus na podkladě příslušné databáze referenčních vzorků. K identifikaci uhlíku byla použita Ramanova spektroskopie (InVia Basis od firmy Renishaw, s konfokálním mikroskopem Leica, ke zpracování spekter byl použit software WiRE 3.0). Termické analýzy byly provedeny pomocí simultánní termické analýzy STA v režimu DSC/TG (přístroj Setaram Setsys Evolution 16, nárůst teploty 10 °C.min<sup>-1</sup>, návážka 25 mg). Data byla vyhodnocena programem Calisto. Makrostruktura keramických střepeů byla pozorována stereomikroskopem Olympus SZX 9, mikrostruktura výbrusů střepeových hmot pomocí polarizačního mikroskopu Olympus BX51 s fotoaparátem Canon EOS 500D. Pro záznam a vyhodnocení digitálního obrazu byl použit program NIS Elements AR 2.30. Základní parametry, tj. skladovací vlhkost (W), nasákavost (E), objemová hmotnost (OH), zdánlivá hustota ( $d_{ap}$ ) a zdánlivá pórovitost ( $P_{ap}$ ), byly vypočítány na základě vztahů za použití rozdílů hmotností získaných po vysušení vzorků (2 hod. při 105 °C) a hmotností získaných vážením na vzduchu a ve vodě po dvouhodinovém varu a 24hodinovém temperování v destilované vodě (Hanykýř–Kutzendörfer 2008, 347; Erneé–Hanykýř–Maryška 2004, 175–222).



Obr. 2. Kostel sv. Václava. Půdorys kostela s označením místa nálezu. Podle Frolík 2007.  
Abb. 2. St. Wenzelkirche. Grundriss der Kirche mit eingezeichneter Fundstelle. Nach Frolík 2007.

## Výsledky a diskuse

Základní parametry udávající vlastnosti vybraných keramických střepů jsou v tab. I, z které vyplývá, že hodnoty leží v poměrně úzkých intervalech, např. hmotnostní nasákovosti vzorků se pohybují v rozsahu ca 15 až 20%.

Chemická složení střepových hmot všech analyzovaných lažanských střepů jsou pro přehlednost uvedena ve formě ternárních diagramů (obr. 3). Strany trojúhelníků uvádějí vzájemný

Skupina	Číslo vzorku	E [%]	OH [g.cm <sup>-3</sup> ]	d <sub>sp</sub> [g.cm <sup>-3</sup> ]	P <sub>sp</sub> [%]
I	200a	19,67	1,65	2,45	32,57
II	292	15,30	1,80	2,47	27,03
II	200b	15,80	1,79	2,49	28,31
IV	372	18,83	1,73	2,57	32,66
V	200c	16,26	1,78	2,51	29,02

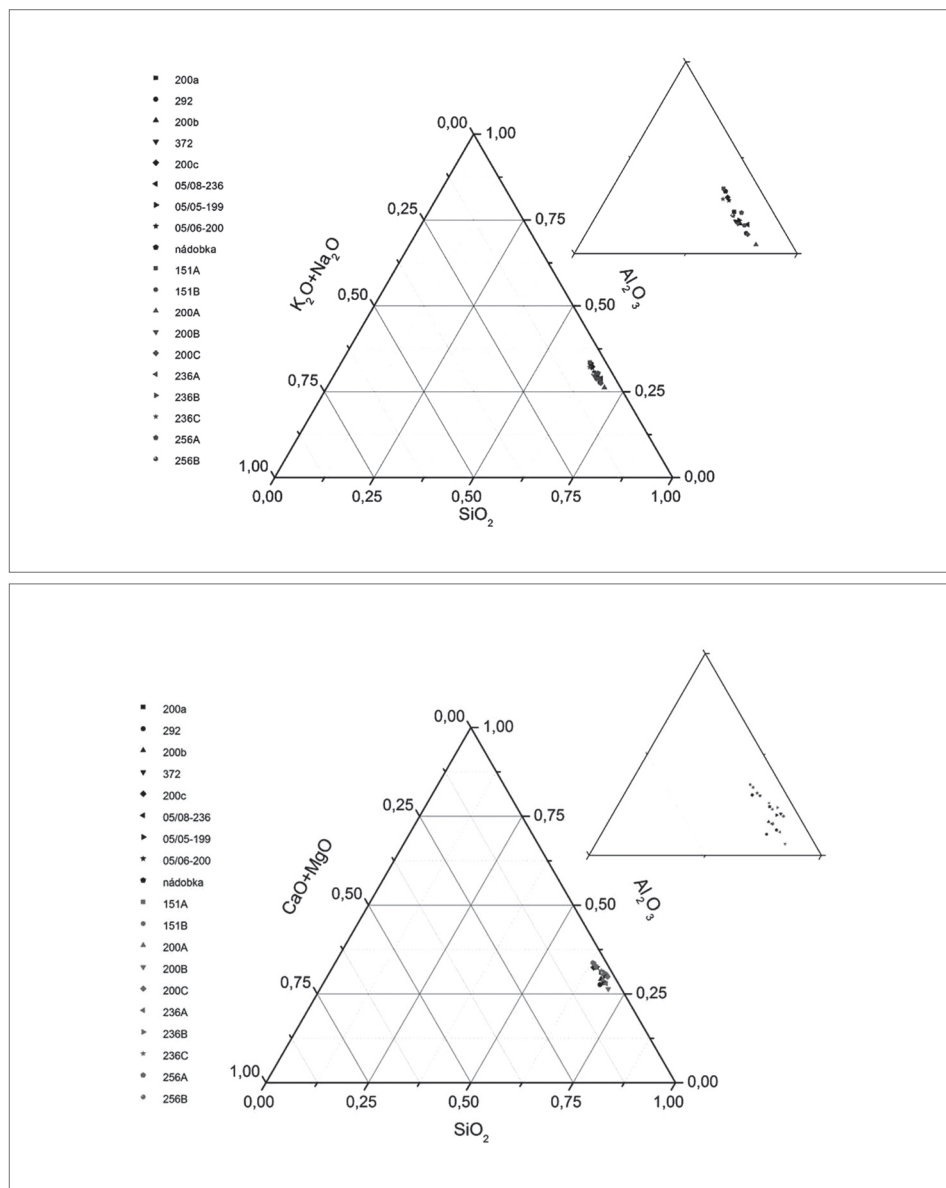
Tab. I. Stanovení základních parametrů E (nasákovosti), OH (objemové hmotnosti), d<sub>sp</sub> (zdánlivé hustoty) a P<sub>sp</sub> (zdánlivé pórovitosti) u keramických střepů z Lažan.

Tab. I. Bei den Keramikscherben aus Lažany ermittelte Grundparameter E (Wasseraufnahme), OH (Massendichte), d<sub>sp</sub> (scheinbare Dichte) und P<sub>sp</sub> (scheinbare Porosität).

Skupina	Číslo vzorku, popř. nádoby	Zastoupení oxidů [hmot. %]							
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
I	200a	59,94	29,97	5,00	0,80	0,80	1,50	3,60	0,40
II	292	61,08	24,84	5,18	0,83	2,59	1,55	3,31	0,62
III	200b	60,54	26,24	5,05	0,91	1,51	1,72	3,23	0,81
IV	372	61,87	27,38	4,06	0,61	0,61	1,01	4,06	0,41
V	200c	57,06	29,03	6,01	0,90	1,10	2,20	3,40	0,30
nádoba č. 1	05/08-236	62,18	26,50	4,08	0,82	1,43	1,63	2,96	0,41
nádoba č. 2	05/05-199	61,80	27,36	4,05	0,61	0,81	1,32	3,65	0,41
nádoba č. 3	05/06-200	57,94	28,97	5,99	0,70	0,50	2,10	3,50	0,30
nádoba č. 4	K1	61,99	25,41	5,08	0,81	1,52	1,42	3,05	0,71

Tab. II. Chemické složení vybraných vzorků střepů z Lažan – hlavní oxidy po přepočtu na 100 %.

Tab. II. Chemische Zusammensetzung ausgewählter Scherbenproben aus Lažany – Hauptoxide umgerechnet auf 100 %.



Obr. 3. Ternární diagramy chemického složení keramických stěpků ze souboru z Lažan – a) diagram  $K_2O+Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ , nahoře detail diagramu; b) diagram  $(CaO+MgO)-Al_2O_3-SiO_2$ , nahoře detail diagramu.

Abb. 3. Ternäre Diagramme der chemischen Zusammensetzung der Keramikscherben aus der Kollektion aus Lažany – a) Diagramm  $K_2O+Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ , oben Detail des Diagramms; b) Diagramm  $(CaO+MgO)-Al_2O_3-SiO_2$ , oben Detail des Diagramms.

poměr vybraných oxidů ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$  a  $Na_2O$ ). Hodnoty chemického složení hlavních oxidů po přepočtu na 100 hmot. % jednotlivých zástupců skupin a nádob jsou v tab. II.

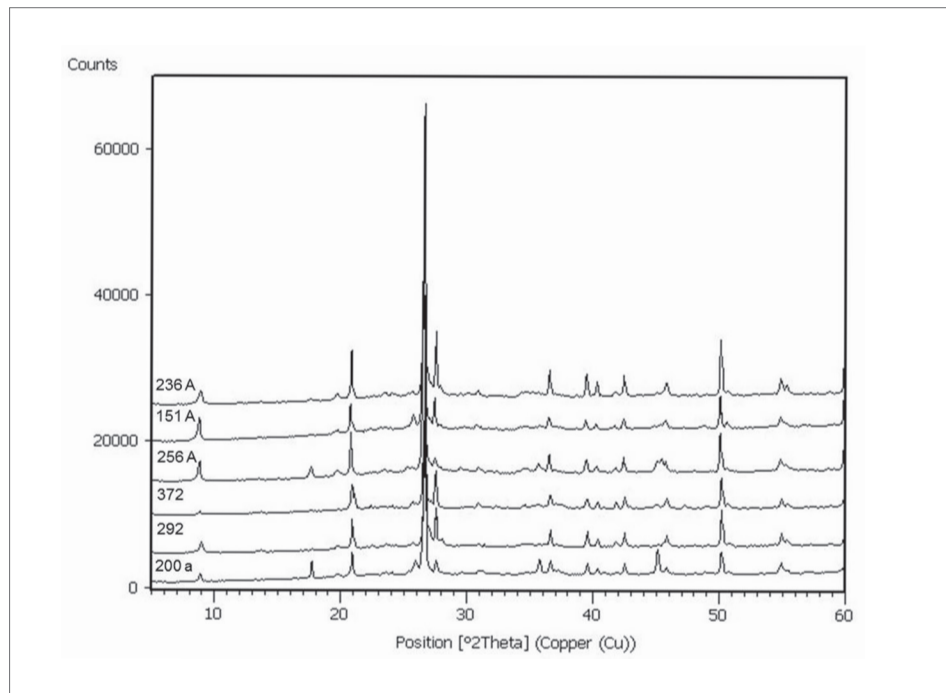
Z diagramů a tabulky je zřejmé, že chemické složení všech analyzovaných keramických vzorků je velmi podobné, resp. obsahy hlavních oxidů se pohybují v relativně úzkých intervalech hodnot. Obsah  $CaO$  leží v intervalu hodnot 0,54–2,67 hmot. %. Zajímavou příměsí je mírně proměnlivý obsah fosforečnanů, který kolísá v rozmezí 0,16–3,46 hmot. %. Vzhledem k nálezo- vým okolnostem (prostředí kostnice) lze jejich přítomnost vysvětlit sekundární kontaminací.

Je však vhodné zvážit jeho případný zdroj již v surovině, protože poměrně vysoký obsah  $P_2O_5$  (6,2 hmot. %) byl identifikován u grafitové hlíny z Hlinska (Gregerová a kol. 2010, 129).

Mineralogické složení vybraných střepeových hmot je uvedeno ve formě difraktogramů (obr. 4). Vzhledem k tomu, že XRD analýza prokázala výraznou podobnost vzorků z různých skupin (tato analýza uvádí souhrnné mineralogické složení, neumožňuje rozlišení ostřiva a matrix), jsou zde prezentovány především ty vzorky, které vykazovaly mírnou odlišnost např. v obsahu slídy nebo živců. (Hlavními krystalickými fázemi všech keramických vzorků jsou křemen, slída a draselné živce.) Slída je ve vzorcích přítomna především ve formě muskovitu a u mnoha vzorků (200a, 372, 200b, 236A, 151A, 256A a 05/08–236) také ve formě biotitu. Toto tvrzení následně potvrdilo hodnocení výbrusů vybraných keramických střepeů (viz obr. 5, 6). Z draselných živců byl ve vzorcích identifikován ortoklas a mikroklin. Nejvyšší obsah draselných živců vykazoval vzorek 236A, 05/08–236 a nejnižší vzorek 256. Nejvyšší obsah křemene byl identifikován ve vzorku 05/05–199, nejnižší ve vzorku 200c.

Mikrostruktura střepeové hmoty byla pozorována polarizačním mikroskopem v procházejícím světle v paralelních (PPL) a ve zkřížených (XPL) nikolech. V souladu s analýzou XRD bylo prokázáno, že skupiny měly velmi podobnou mikrostrukturu (obr. 7), tj. střepeová hmota byla tvořena jemnozrnnou matrix vykazující optickou anizotropií (tzv. „optickou aktivitu“) a obsahující rovnoměrně rozptýlený křemen (do 40  $\mu\text{m}$ ). Základní střepeová hmota byla výrazně zbarvena Fe-pigmentací (především hematitem) a obsahovala malý podíl středně hrubozrnného, spíše ostrohranného ostřiva ve formě křemene a živců. Zrna křemene dosahovala velikosti až 700  $\mu\text{m}$ , byla částečně popraskaná a některá vykazovala undulózni zhášení. Ojediněle se vyskytovaly úlomky hornin obsahující především křemen a sericitizované živce a více či méně pojivového tmelu. Draselné živce ve formě ortoklasu dosahovaly rozměrů převážně do 70  $\mu\text{m}$  (velmi ojediněle až 500  $\mu\text{m}$ ) a u mikroklinu se velikost pohybovala do ca 300  $\mu\text{m}$  (obr. 6). Ve střepeové hmotě byly pozorovány destičky slíd ve formě muskovitu a především biotitu o velikosti 60 až 400  $\mu\text{m}$ . U vzorků s analyzovaným vyšším obsahem slídových minerálů (pomocí XRD) bylo zřejmě jejich vyšší zastoupení i ve výbrusech (obr. 5, 6, 7), kde výrazně dokumentovaly orientaci střepeové hmoty rovnoběžně s povrchem vzorku, tzn. potvrzovaly použití hrnčířského kruhu při vytváření. V matrix se vyskytoval nízký obsah tmavých zrn (v XPL bez červeného zbarvení), které lze pravděpodobně nazvat uhlíkovou či grafitickou substancí. „Klasické“ hrudky grafitu, které bývají v tzv. grafitové keramice, se ve střepeové hmotě téměř nenacházely, pouze velmi ojediněle. Velikost grafitových krystalů závisí na stupni metamorfózy, u nízkých stupňů jde o amorfní či tzv. kryptokrystalický grafit (pod 0,001 mm). Se stoupající metamorfózou stoupá velikost zrn grafitu (např. u zelených břidlic do 0,5 mm; Gregerová a kol. 2010, 105, 115). Fylit je typickým reprezentantem nízkého stupně metamorfózy a fylitická břidlice je přechodnou horninou. Ojediněle se zde vyskytovaly i mikrofosilie (obr. 8).

Při pohledu na geologickou mapu Skutečska, které se nalézá na okraji Železných hor, je patrné, že tato oblast patří mezi geologicky nejpestřejší a nejsložitější území v České republice (Chlupáč et al. 2011, 1, 2, 45, 87, 203; Chamra–Schröfel–Tylš 2005, 90, 91). Jsou zde zastoupeny prakticky všechny geologické formace. Podloží Lažan je složeno především z droby – zpevněný sediment obsahující křemen, živce, slídy, chlorit a úlomky hornin vyvěřelých, usazených i přeměněných – a fylitické břidlice – metamorfít obsahující především křemen, albit a slídy: sericit, chlorit, biotit (Chlupáč et al. 2011; Chamra–Schröfel–Tylš 2005; Ingham 2010, 51–60; Reedy 2008, 76–79; Adams–Mackenzie–Guilford 1984, 28–29). Nedaleko místa nálezů, zhruba ve vzdálenosti 1 km, je bývalý lom, v kterém se nacházejí horniny hlinecko-rychmburského souvrství (Maštera 2004; Mrázová–Otava 2005). V případě hlinecké série jde o komplex jílovitých a drobovitých břidlic s vložkami arkózovitých drob, který metamorfóza přeměnila na soubor plodovitých břidlic a fylitů, křemičito-biotitových, andaluzitových a cordieritových rohovců. Tzv. rychmburské droby jsou tvořené monotónním střídáním drob a břidlic, které jsou slabě metamorfovány, to se projevuje rekrystalizací jemně zrnitého biotitu v drobovém tmelu. Jde o velmi jemnozrnné horniny, které jsou složeny převážně z úlomků křemene, živců, amfibolu a světělých slíd. Křemen přítomný v drobách pochází z více zdrojů, nejčastější jsou úlomky žilného křemene, granitoidní horniny (anhedrálních zrna) a křemenné porfyry (magmaticky korodova-

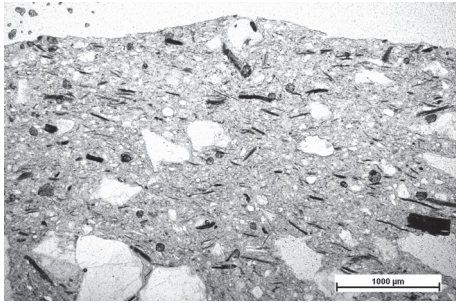


Obr. 4. Porovnání difraktogramů vybraných střepeových hmot.  
Abb. 4. Vergleich der Diffraktogramme ausgewählter Scherbenmassen.

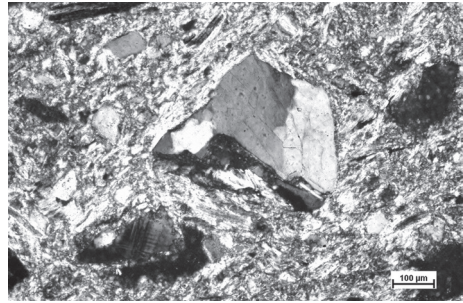
ná euhedrání zrna). Horninové úlomky zastupují jílovité a písčité břidlice, fylity a křemence (Maštera 2004; Mrázová–Otava 2005). Zajímavostí je poměrně častá přítomnost mikrofosilií v drobových pískovcích a břidlicích této oblasti (Chlupáč et al. 2011). Na základě výše uvedených informací lze konstatovat vysokou pravděpodobnost použití lokálních hornin při výrobě analyzovaného keramického materiálu.

Některé vzorky (200a, 05/06–200, 236C, 151A, 151B) vykazovaly sendvičovou mikrostrukturu střepevé hmoty (obr. 9), tj. středová část střepevé hmoty měla tmavší střepevou hmotu než okrajové části (Erneé–Hanykýř–Maryška 2004, 175–222; Maritan 2004; Macháček 2001; Thér 2009). Toto tmavší zbarvení může být způsobeno neúplným oxidačním výpalem (Thér 2009; Dvorská 2001, 45–58) nebo redukčním výpalem se změnou v závěru procesu, kdy se podmínky výpalu změnil na oxidační, a proběhne reoxidace povrchových vrstev. Vzhledem k tomu, že tloušťka tmavé středové části se pohybovala v rozmezí ca 800–1250  $\mu\text{m}$  a okrajových částí ca 1150–1800  $\mu\text{m}$ , lze na základě publikace (Nodari–Maritan–Mazzoli–Russo 2004) vyslovit předpoklad, že u většiny analyzovaných střepev jde o neúplný oxidační výpál. V okrajových částech obsahovaly střepevé hmoty slídu především ve formě baueretizovaného biotitu o velikosti destiček až 600  $\mu\text{m}$  a ostřívo převážně křemenné o velikosti ca 100–500  $\mu\text{m}$  (velmi ojediněle až 750  $\mu\text{m}$ ), velikost zrn živců se pohybovala v intervalu 65–240  $\mu\text{m}$ . Křemen byl přítomen v ojedinělých úlomcích hornin o velikosti až 820  $\mu\text{m}$  a také ve formě ostrohranných i izometrických zrn. Ojediněle byly identifikovány porfyroblasty metamorfních minerálů (typické pro kontaktní břidlice) a úlomky sericitizované břidlice s velmi jemným grafitem (obr. 10).

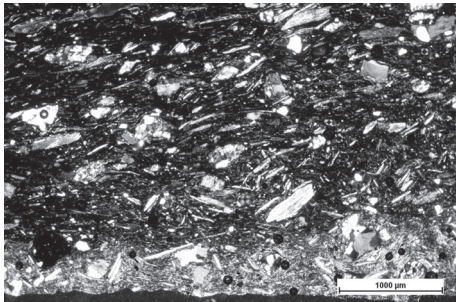
K identifikaci přítomného uhlíku byly použity termická analýza DSC a Ramanova spektroskopie. U malých úlomků všech vzorků byl proveden oxidační výpál v elektrické laboratorní peci na teploty 800  $^{\circ}\text{C}$ , 850  $^{\circ}\text{C}$  a 900  $^{\circ}\text{C}$ , konečné zbarvení všech vzorků bylo shodné. Tato skutečnost svědčí o velmi podobné střepevé hmotě, jejíž různé konečné zbarvení je dáno nestejným



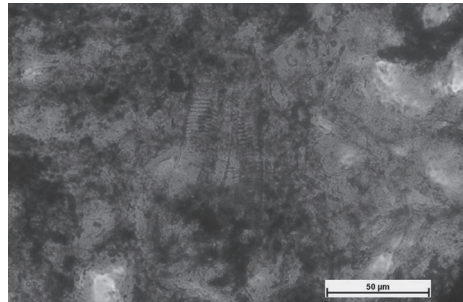
Obr. 5. Výbrus vzorku 05/08-236. Na snímku základní střešková hmota s ojedinělými velkými zrny ostřiva, vlevo dole patrný úlomek horniny a klast křemene (PPL). Foto A. Kloužková.  
 Abb. 5. Dünnschliff von Probe 05/08-236. Auf der Aufnahme Scherengrundmasse mit vereinzelt Magerungsmittelkörnern, links unten Gesteinstrümmern und Quarzklast (PPL). Foto A. Kloužková.



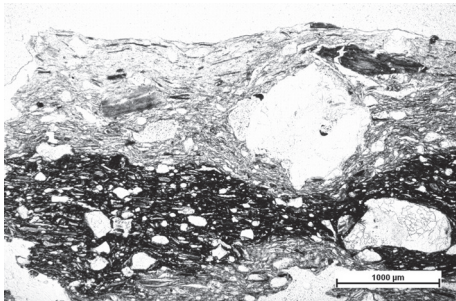
Obr. 6. Výbrus vzorku 05/08-236. Uprostřed snímku křemen s undulárním zhasením, pod ním zrno sericitizovaného mikroklinu, obklopené matrix s patrnými destičkami biotitu a s vysokým obsahem Fe-pigmentace (XPL). Foto A. Kloužková.  
 Abb. 6. Dünnschliff von Probe 05/08-236. In der Mitte der Aufnahme Quarz mit undulöser Auslöschung, darunter sericitisiertes Mikroklinkorn, eingebettet in einer Matrix mit sichtbaren Biotitplättchen und hoher Eisenpigmentation (XPL). Foto A. Kloužková.



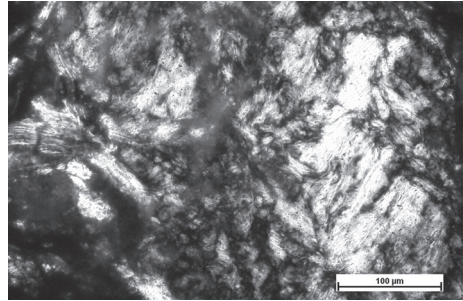
Obr. 7. Výbrus vzorku 256A. Na snímku je patrný vyšší obsah slidových minerálů, ve spodní části je světlá povrchová vrstva (XPL). Foto A. Kloužková.  
 Abb. 7. Dünnschliff von Probe 256A. Auf der Aufnahme ist der höhere Gehalt an Mineralen der Glimmergruppe erkennbar, im unteren Teil befindet sich eine helle Oberflächenschicht (XPL). Foto A. Kloužková.



Obr. 8. Výbrus vzorku K1. Uprostřed snímku je patrná mikrofossilie. Foto A. Kloužková.  
 Abb. 8. Dünnschliff von Probe K1. In der Mitte der Aufnahme ist ein Mikrofossil erkennbar. Foto A. Kloužková.

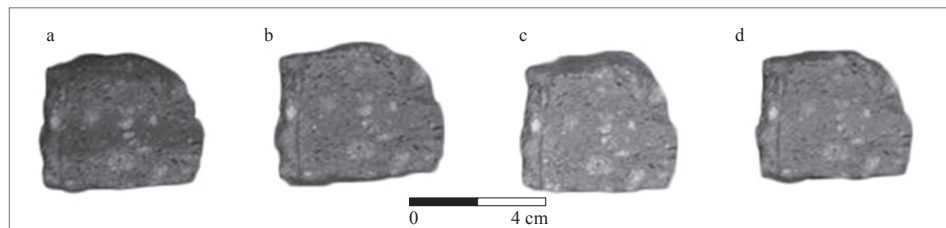


Obr. 9. Výbrus keramiky sendvičového typu (05/06-200). Na snímku základní střešková hmota s poměrně velkými zrny ostřiva, vlevo nahoře baueritizovaný biotit, uprostřed tmavé jádro (PPL). Foto A. Kloužková.  
 Abb. 9. Dünnschliff der Sandwichtypkeramik (05/06-200). Die Aufnahme zeigt eine Scherengrundmasse mit relativ großen Magerungsmittelkörnern, links oben baueritisiert Biotit, in der Mitte der dunkle Kern (PPL). Foto A. Kloužková.



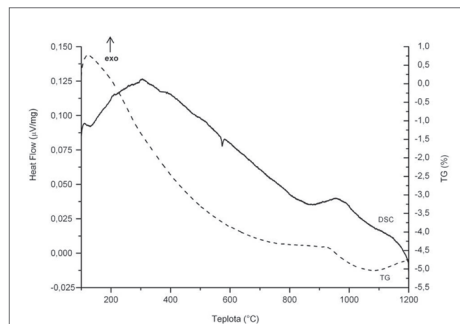
Obr. 10. Výbrus keramiky sendvičového typu (05/06-200). Na snímku úlomek sericitizované břidlice s velmi jemným grafitem (XPL). Foto A. Kloužková.  
 Abb. 10. Dünnschliff der Sandwichtypkeramik (05/06-200). Die Aufnahme zeigt ein Schieferbruchstück mit sehr feinem Graphit (XPL). Foto A. Kloužková.



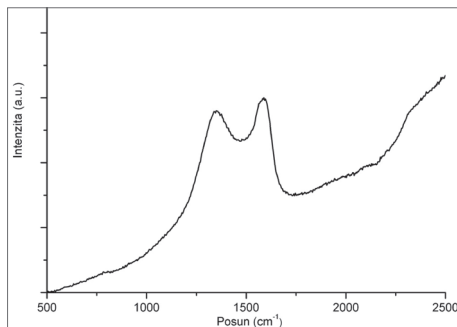


Obr. 11. Vzorek střepe sendvičového typu (05/06-200) – a) původní vzorek; b) vzorek po výpálu na 800 °C; c) vzorek po výpálu na 850 °C; d) vzorek po výpálu na 900 °C. Foto P. Zemenová.

Abb. 11. Probe eines Sandwichtypscherbens (05/06-200) – a) ursprüngliche Probe; b) Probe nach Brand bei 800 °C; c) Probe nach Brand bei 850 °C; d) Probe nach Brand bei 900 °C. Foto P. Zemenová.



Obr. 12. Křivky termické analýzy – DSC a TG, vzorek 05/06-200.  
Abb. 12. DSC-Kurve und TG-Kurve, Probe 05/06-200.



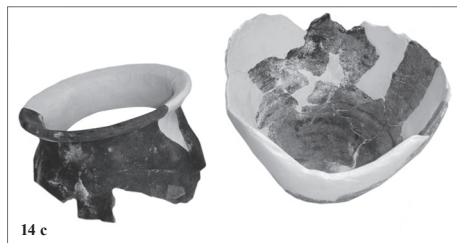
Obr. 13. Ramanovo spektrum vzorku sendvičového typu (05/06-200).  
Abb. 13. Raman-Spektrum der Sandwichtypprobe (05/06-200).



14 a



14 b



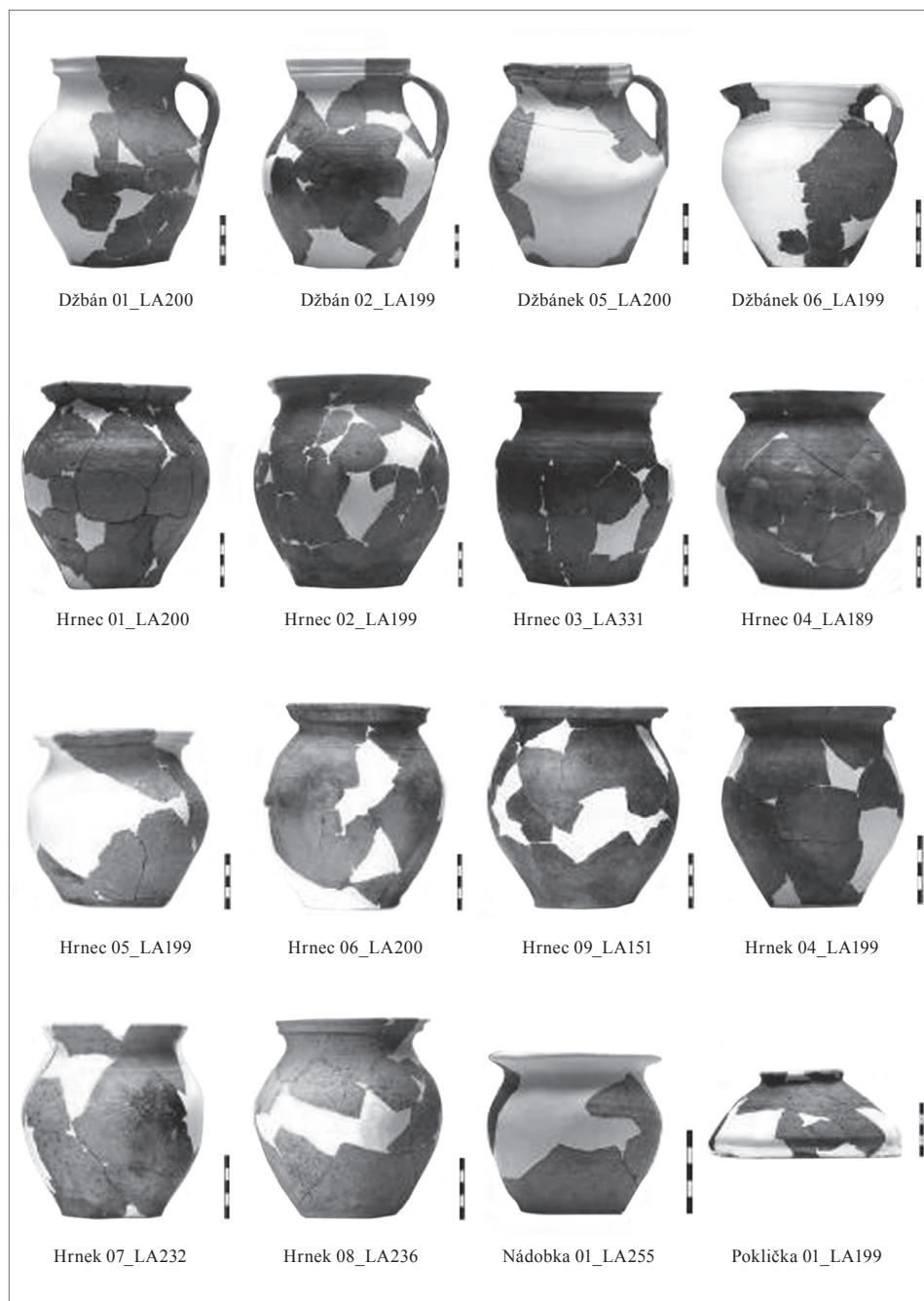
14 c



14 d

Obr. 14. Hrnek a) slepená spodní část; b) slepená horní část; c) po dosádrování obou částí před slepením; d) konečný vzhled nádoby. Foto L. Svobodová.

Abb. 14. Topf a) geklebter unterer Teil; b) geklebter oberer Teil; c) nach dem Vergipsen beider Teile vor dem Zusammenkleben; d) endgültiges Aussehen des Gefäßes. Foto L. Svobodová.



Obr. 15. Soubor lažanských nádob po restaurování. Foto L. Svobodová.  
 Abb. 15. Kollektion restaurierter Gefäße aus Lažany. Foto L. Svobodová.

mi podmínkami jejího výpalu. Dokumentace výpalu u vzorku sendvičového typu (05/06–200) je na obr. 11.

Termická analýza (obr. 12) potvrdila vyhořívání organické složky (amorfního a popř. i submikrokryystalického grafitu) doprovázené úbytkem hmotnosti v intervalu ca 250–500 °C. Malý endotermní pík při 573 °C charakterizuje modifikační přeměnu  $\beta$ -křemene na  $\alpha$ -křemen. Exotermní pík, příslušející vyhořívání makrokryystalického grafitu (ca od 700 °C), nebyl zaznamenán. Rovněž Ramanova spektroskopie (obr. 13) potvrdila přítomnost amorfního uhlíku popř. kryptokryystalického grafitu – viz dvojitý pík s vrcholy na kmitočtech 1356 a 1595  $\text{cm}^{-1}$  (Edwards–Chalmers 2005, 442).

Na základě přítomnosti slíd (především muskovitu) ve vzorcích lze usoudit, že teplota výpalu vzorků příliš nepřekročila 900 °C, ale vzhledem k tzv. optické aktivitě matrix (resp. anizotropii) je pravděpodobné, že se teplota výpalu pohybovala ještě níže, tj. v blízkosti 850 °C. Ke krystalizaci nové fáze – spinelu – dochází při teplotě nad 900 °C. Tento exotermní pík byl na křivce DSC zaznamenán, tudíž lze předpokládat, že teplota výpalu měřené střepové hmoty byla pod teplotou vzniku spinelu.

**Vlastní restaurátorské práce** probíhaly dle etických zásad a jsou velmi zjednodušeně zdokumentovány na hrnku (obr. 14). Očištěné a popsané střepy byly vyhledány podle polohy v těle nádoby, specifických znaků a charakteristických vlastností, pak byly slepeny pomocí reverzibilního disperzního lepidla do původního tvaru. Vzhledem k tomu, že se zachoval profil hrnku, bylo možné doplnit ztráty sádrovými výplněmi. Následně byla provedena konečná korekce doplněných výplní, které na přání zadavatele nebyly barveny.

Celkem bylo zrestaurováno 17 nádob – 10 hrnců, 1 hrnek, 2 džbány, 1 nádoba a 1 poklička (obr. 15, hrnek je uveden na předchozím obr. 14). Na restaurování nádob bylo vyhledáno a použito 547 střepů. Počet zbylých, neumístěných střepů je ca 215. Z toho vyplývá, že v místě nálezů bylo více střepových jedinců z mnoha dalších, ale nekompletních nádob. Tady se nabízí úvaha o možném využití keramických střepů jako drenážního materiálu. To se však vylučuje s myšlenkou vyslovenou v úvodu, tj. s možným užitím v liturgii. Prozatím tedy nelze jednoznačně zodpovědět otázku důvodu odložení keramického souboru o minimálně 17 nádobách do kostnice, postavené nedlouho (?) před rokem 1349.

## Závěr

Z rozsáhlého souboru archeologického keramického materiálu nalezeného při archeologickém průzkumu v Lažanech bylo analyzováno 19 střepů. Z provedených experimentů a analýz střepových hmot (XRF, XRD, TG, DSC, Ramanovy spektroskopie) vyplynulo, že:

- keramické střepy mají velmi podobné chemické i mineralogické složení a jejich členění dle makroskopického pozorování barevnosti povrchových vrstev a existence sendviče není vhodné,

- hlavními krystalickými fázemi střepových hmot jsou především křemen, živce a slídy, přičemž jednotlivé střepové hmoty se mírně liší v obsahu slíd, živců a dalších minoritních minerálů, např. zirkonu.

Ve výbrusech střepových hmot byly identifikovány:

- úlomky hornin (jak zpevněné sedimenty, tak metamorfity) charakteristické pro oblast archeologického nálezů,

- mikrofosilie, které jsou rovněž obsaženy v drobových pískovcích a břidlicích této oblasti,

- u sendvičových typů velmi jemný submikronový grafit pocházející z fylitových břidlic s grafitem.

Z uvedených skutečností plyne, že nalezené keramické střepy pocházely z místní produkce vyrobené z lokálních surovin. Na základě přítomnosti slíd a dvojlomu matrix lze předpokládat, že teplota výpalu všech vzorků nepřekročila 850 °C, u některých vzorků byla zaznamenána konečná sendvičová struktura. Orientace střepových hmot svědčí o vytváření na hrnčířském kru-

hu, jedna nádoba byla na dně označena značkou. Celkem bylo ze střepového materiálu zrestaurováno 17 nádob při použití plně reverzibilních materiálů a dodržení restaurátorského etického kodexu. Otázku důvodu odložení tohoto keramického souboru do kostnice, postavené nedlouho před rokem 1349, prozatím nelze jednoznačně zodpovědět.

V současné době jde o (zatím) největší keramický soubor ze Skutečska, kam Lažany náleží. Nepočtené velmi fragmentární nálezy z okolních lokalit neumožňují provést porovnání, proto je závěr o místní produkci zásadní.

Tato práce byla financována z účelové podpory na specifický vysokoškolský výzkum MŠMT (Rozhodnutí č. 20/2014).

## Literatura

- ADAMS, A. E.–MACKENZIE, W. S.–GUILFORD, C., 1984: Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Longman Scientific & Technical.
- DVORSKÁ, J., 2001: Experimentales Brennen von Keramik – eine naturwissenschaftliche Studie – Experimentální výpaly keramiky – přírodovědná studie, AR LIII, 45–58.
- EDWARDS, G. M. H.–CHALMERS, J. M., 2005: Raman Spectroscopy in Archaeology and Art History. Cambridge.
- ERNEÉ, M.–HANYKÝŘ, V.–MARYŠKA, M., 2004: Výsledky přírodovědných analýz gotických kamnových kachlů z Českého Krumlova – Ergebnisse naturwissenschaftlicher Analysen der gotischen Ofenkacheln aus Český Krumlov, PA XCV, 175–222.
- FROLÍK, J., 2007: Záchraně výzkumy u středověkých kostelů na Chrudimsku a Pardubicku. In: Zprávy ČAS – Supplément 68. Archeologické výzkumy v Čechách 2006. Sborník z informačního kolokvia, 48–49. Praha.
- GEOLOGICKÁ MAPA LAŽAN, <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/>, cit. 13. 12. 2013.
- GREGEROVÁ, M. a kol., 2010: Petroarcheologie keramiky v historické minulosti Moravy a Slezska. Brno.
- HANYKÝŘ, V., 2010: Vliv keramických surovin na strukturu a vlastnosti pórovitého keramického střepu, Zpravodaj STOP 12(4), 4–11.
- HANYKÝŘ, V.–KUTZENDÖRFER, J., 2008: Technologie keramiky. Praha.
- CHAMRA, S.–SCHRÖFEL, J.–TYLŠ, V., 2005: Základy petrografie a regionální geologie ČR. Praha.
- CHLUPÁČ, I. et al., 2011: Chlupáč, I.–Brzobohatý, R.–Kovanda, J.–Stránil, Z., Geologická minulost České republiky. Praha.
- INGHAM, J. P., 2010: Geomaterials under the microscope. London.
- JUŘINA, P. a kol., 2009: Náměstí Republiky. Výzkum století. Praha.
- KLOUŽKOVÁ, A.–SVOBODOVÁ, L.–ZEMENOVÁ, P., 2012: Zpracování keramického středověkého souboru z Lažan u Skutče – Treatment of medieval ceramic set of Lažany near Skuteč, Skláf a keramik, č. 13–14, 362–367.
- MACHÁČEK, J., 2001: Studie k velkomoravské keramice. Metody, analýzy a syntézy, modely. Brno.
- MARITAN, L., 2004: Archaeometric study of Etruscan-Padan type pottery from the Veneto region: petrographic, mineralogical and geochemical-physical characterisation, European Journal of Mineralogy 16, 297–307.
- MAŠTERA, L., 2004: Petrofaciální analýza sedimentů „Hlíneckého paleozoika“ – Petrofacial analyses of clastic sediments of the Hlinsko Paleozoic. In: Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2003, 57–58. Brno.
- MRÁZOVÁ, Š.–OTAVA, J., 2005: Nové pohledy na hlínecké paleozoikum a proterozoikum. Vítanovské souvrství: součást hlínecké zóny nebo samostatný celek?, Zprávy o geologických výzkumech v roce, 29–30.
- NEKUDA, V.–REICHERTOVÁ, K., 1968: Středověká keramika v Čechách a na Moravě – Mittelalter Keramik in Böhmen und Mähren. Brno.
- NODARI, L.–MARITAN, L.–MAZZOLI, C.–RUSSO, U., 2004: Sandwich structures in the Etruscan-Padan type pottery, Applied Clay Science 27(1–2), 119–128.
- QUINN, P. S., 2013: Ceramic Petrography. The Interpretation of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section. Archaeopress. Oxford.
- REEDY, C., 2008: Thin-section petrography of Stone and Ceramic Cultural materials. London.
- SEIFERTOVÁ, J., 2011: Semestrální práce II., ulož. na Ústavu skla a keramiky VŠCHT Praha.
- SHAUCHENKA, A., 2011: Semestrální práce I., ulož. na Ústavu skla a keramiky VŠCHT Praha.

SZILÁGYI, V.–GYARMATI, J.–TÓTH, M.–TAUBALD, H.–BALLA, M.–KASZTOVSZKY, Z.–SZAKMÁNY, G., 2012: Petro-mineralogy and geochemistry as tools of provenance analysis on archaeological pottery: Study of Inka Period ceramics from Paria, Bolivia, *Journal of South American Earth Sciences* 36, 1–17.

THÉR, R., 2009: Technologie výpalu keramiky a její vztah k organizaci a specializaci ve výrobě keramiky v kontextu kultur popelnicových polí. Disertační práce uložená na [www.muni.cz/thesis/](http://www.muni.cz/thesis/).

### Význam zkratk a symbolů

XRF	Rentgenová fluorescenční analýza
XRD	Rentgenová difrakční analýza
OM	Optická mikroskopie
STA	Simultánní termická analýza
TG	Termogravimetrie
DTA	Diferenční termická analýza
DSC	Diferenční kompenzační kalorimetrie
SEM/EDS	Elektronová mikroskopie, mikrosonda
E	nasákavost [%]
OH	objemová hmotnost [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]
$P_{\text{ap}}$	zdánlivá pórovitost [%]
$d_{\text{ap}}$	zdánlivá hustota [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]

### Zusammenfassung

#### Beurteilung der mittelalterlichen Keramik aus Lažany bei Chrudim anhand der RFA, Röntgendiffraktion, optischen Mikroskopie, DSC-TG und der Raman-Spektroskopie

In den Jahren 2005–2006 wurde an der St. Wenzelkirche in Lažany im Bezirk Chrudim eine archäologische Rettungsgrabung durchgeführt (Abb. 1–2; Frolík 2006). Bei der Grabung in der Nähe des Chorraums entdeckte man eine Kollektion von Scherben, die in das 13.–14. Jahrhundert datiert wurde. Ein Teil der Scherben wurde in Form von Semesterarbeiten im Fach Restaurierung (Shauchenka 2011; Seifertová 2011) und im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Glas und Keramik an der Universität für Chemie und Technologie Prag und dem Archäologischen Institut der Akademie der Wissenschaften Prag (Kloužková–Svobodová–Zemenová 2012) nach und nach bearbeitet. Außer den Restaurierungsarbeiten bestand das Hauptziel darin, die Ähnlichkeit von Scherbenmassen nachzuweisen oder zu widerlegen und die Möglichkeit einer lokalen Produktion unter Verwendung von örtlichen Rohstoffen in Erwägung zu ziehen. Aus diesem Grund wurden an 19 Scherbenmassen folgende Analysen durchgeführt: Röntgenfluoreszenzanalyse (die Ergebnisse wurden in Form von ternären Diagrammen bearbeitet, siehe Abb. 3 und Tabelle II), Röntgendiffraktion (Abb. 4), bei ausgewählten Proben auch simultane thermische Analysen in der Kombination DSC/TG (Abb. 12), Raman-Spektroskopie (Abb. 13) und optische Mikroskopie (Abb. 5–10), gleichzeitig erfolgte eine Auswertung der Scherbenmassenparameter (Tab. I) und des anschließenden Oxidationsbrandes (Abb. 11).

Aus den durchgeführten Experimenten des anschließenden Feinbrandes und den Analysen der Scherbenmassen (RFA, Röntgendiffraktion, Thermogravimetrie, dynamische Differenzkalorimetrie, Raman-Spektroskopie) ergab sich, dass die Keramikscherben eine sehr ähnliche chemische und auch mineralogische Zusammensetzung haben und die kristallinen Hauptphasen der Scherbenmassen vor allem, Quarz, Feldspat und Glimmer sind, wobei sich die einzelnen Scherbenmassen bzgl. ihrem Gehalt an Glimmer, Feldspat und weiteren Mineralien (Nebenbestandteilen) wie etwa Zirkon leicht voneinander unterscheiden.

In den Dünnschliffen der Scherbenmassen wurde folgendes identifiziert:

■ Für das Gebiet des archäologischen Fundes typische Gesteinsbruchstücke (sowohl verfestigte Sedimente als auch Metamorphite),

- Fossilien, die auch in Grauwacken und Schiefeln dieses Gebietes vorkommen,
- bei Sandwichtypen sehr feiner, aus graphithaltigem Phyllitschiefer stammender Graphit im Submikron-Bereich.

Aus den aufgeführten Tatsachen ergibt sich, dass die Keramikscherben aus der lokalen Produktion stammten, die sich lokaler Rohstoffe bediente. Aufgrund des Vorhandenseins von Glimmer und der doppelbrechenden Matrix kann man davon ausgehen, dass die Brandtemperatur bei allen Proben nicht höher lag als bei 850 °C. Die Orientierung der Scherbenmassen deutet darauf hin, dass sie auf einer Töpferscheibe hergestellt wurden, ein Gefäß war am Boden mit einer Marke versehen. Insgesamt wurden unter Verwendung voll reversibler Materialien und unter Einhaltung des Ehrenkodex für Restauratoren 17 Gefäße aus dem Scherbenmaterial restauriert.

Die Frage, warum diese Keramikkollektion in einem kurz vor 1349 erbauten Beinhaus abgelegt wurde, konnte bisher nicht eindeutig geklärt werden. Zur Zeit handelt es sich um die (bislang) größte Keramikkollektion aus der Gegend um Skuteč, zu der Lažany gehört. Die wenigen sehr fragmentarischen Funde von benachbarten Fundstellen erlaubten es nicht, einen Vergleich durchzuführen, weshalb die Schlussfolgerung einer lokalen Produktion wesentlich ist.

### Bedeutung der Abkürzungen und Symbole

XRF	Röntgenfluoreszenzanalyse
XRD	Röntgendiffraktionsanalyse
OM	Optische Mikroskopie
STA	Simultane thermische Analyse
TG	Thermogravimetrie
DTA	Differenz-Thermo-Analyse
DSC	Dynamische Differenzkalometrie (Differential Scanning Calorimetry)
SEM/EDS	Elektronenmikroskopie, Elektronenstrahl-Mikrosonde
E	Wasseraufnahme [%]
OH	Massendichte [ $\text{g. cm}^{-3}$ ]
$P_{\text{ap}}$	scheinbare Porosität [%]
$d_{\text{ap}}$	scheinbare Dichte [ $\text{g. cm}^{-3}$ ]

Die vorliegende Arbeit wurde mit für spezielle Hochschulforschung zweckgebundenen Fördermitteln des Ministeriums für Schulwesen, Jugend und Leibeserziehung finanziert (Bescheid Nr. 20/2014).

Ing. Alexandra **Kloužková**, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav skla a keramiky, Technická 5, 166 28 Praha, [alexandra.klouzkova@vscht.cz](mailto:alexandra.klouzkova@vscht.cz)

Ing. Petra **Zemenová**, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav skla a keramiky, Technická 5, 166 28 Praha, [petra.zemenova@vscht.cz](mailto:petra.zemenova@vscht.cz)

PhDr. Jan **Frolík**, CSc., Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Letenská 123/4, 118 01 Praha 1, [frolik@arup.cas.cz](mailto:frolik@arup.cas.cz)

Ljuba **Svobodová**, Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Letenská 123/4, 118 01 Praha 1, [svobodova@arup.cas.cz](mailto:svobodova@arup.cas.cz)

