

# INTERDISCIPLINÁRNÍ VÝZKUM ARCHEOLOGICKÝCH ARTEFAKTŮ POMOCÍ MODERNÍCH TECHNOLOGIÍ

Ladislav Čapek\* – Lukáš Holata\* – Petr Menšík\* – Petr Baiert † – Jan Hrdlička † – Jan Říha † –  
Jarmila Savková † – Pavel Vařeka \*

\**Katedra archeologie, Filozofická fakulta, Západočeská univerzita v Plzni*

† *Nové technologie – Výzkumné centrum, Západočeská univerzita v Plzni*  
*mensik.p@email.cz*

## *Interdisciplinary research of archaeological artifacts through modern technologies*

**Abstract**—The paper introduces results of project of interdisciplinary research of artifacts through modern technologies based on archaeometric study of Prehistoric and Middle Age pottery and on chemical analyses of soils around a deserted medieval village. Processes of production and use of the ceramic artifacts in the past society may be studied in a better way through modern archaeometric methods; chemical analyses of soils enable a non-destructive understanding of inner structure of areas of activities and components on archaeological sites. Chemical analyses of soils on the basis of phosphate analysis were applied on example of the deserted medieval village called Sloupek (Rokycany region) where it was possible to define spatial structure of activities in terms of one farmstead on the basis of phosphate distribution and we were able to interpret processes related to abandonment of the site followed by organic remains. Archaeometric analyses of the settlement pottery from the Younger Bronze Age and Middle Age pottery from České Budějovice enabled us to understand the structure of the ceramic raw material and character of the pottery production. It is possible to take into consideration local or regional production of Middle Age as well as Prehistoric pottery on the basis of the identified characteristics which was not related to any other production spheres.

**Keywords**—*X-ray diffraction; X-ray fluorescence; non-destructive analyses; chemical analyses; phosphate analyses*

## ÚVOD

V nedávné minulosti byla navázána interdisciplinární spolupráce mezi Katedrou archeologie FF ZČU a Výzkumným centrem Nové technologie při ZČU. Toto centrum umožňuje vzhledem ke svému vybavení komplexně orientované archeometrické studium materiálového složení a fyzikálně-chemických vlastností různých druhů artefaktů.

Prostřednictvím přírodovědných archeometrických analýz a exaktního určení chemického složení a fyzikálních vlastností lze rekonstruovat minulé výrobní postupy při výrobě a užití artefaktů. Takto orientované studium pomocí moderních metod z oblasti archeometrie se výrazně uplatňuje v zahraničí (např. Jones 2004, 327-338; Henderson 2000; Pollard et al. 2007). Význam archeometrických analýz spočívá v možnostech rekonstrukce celého dynamického operačního řetězce (fr. chaîne opératoire), kterým artefakty procházejí v jednotlivých fázích svého životního cyklu, od způsobu získávání surovin přes způsob výroby a užití až po konečný zánik v minulé společnosti a kultuře. Pomocí moderních metod analýzy lze uvažovat i o formálních vlastnostech a funkcích jednotlivých artefaktů. Následně je možné lépe pochopit procesy při jejich vytváření a užití v minulé společnosti a kultuře, a sledovat tak interakce mezi člověkem a jeho artefakty ve vztahu k okolnímu prostředí, které svým chováním a vytvářením artefaktů v minulosti utvářel (např. Dobres 2000, 154-155; LaMotta a Schiffer 2001, 27-33; Skibo a Schiffer 2009, 9-10). Poznání prostředí a míst odehrávajících se aktivit umožňují chemické analýzy půd, zejména fosfátová a prv-

ková analýza, které nacházejí významné uplatnění v archeologické prospekci při vymezení rozsahu archeologických lokalit. Tím můžeme dojít k identifikaci rozličných areálů aktivity, čímž lze odhalit zákonitosti ve využití prostoru v minulosti (např. Middleton a Price 1996, 673; Wilson et al. 2009, 2327).

Z dosud realizovaných dílčích výzkumů Katedry archeologie ZČU a Výzkumného centra Nové technologie, které byly nebo budou postupně publikovány, lze zmínit realizaci fosfátové analýzy při výzkumu obléhacího tábora u hradu Sion. Fosfátová i prvková analýza byly aplikovány také na půdních vzorcích ze zaniklých středověkých vesnic Kamenice na Blovicku a Sloupek na Rokycansku. Identifikovány zde byly jednotlivé areály aktivity, zejména v rámci usedlosti, a zároveň bylo upozorněno na četná metodologická úskalí, zvláště při odběru a vyhodnocení vzorků. Takto způsobené odchylky se totiž mohou významně podepsat pod výsledné hodnoty koncentrace prvků v půdě, čímž ovlivňují konečnou interpretaci.

Druhým tematickým okruhem zájmu bylo využití nedestruktivní archeometrické analýzy na bázi RTG záření při výzkumu pravěké a středověké keramiky a artefaktů ze železa a barevných kovů. Zde bylo využito zejména metod rentgenové difrakce (XRD) a rentgenové fluorescenční spektrometrie (XRF), které patří mezi základní skupiny metod sloužících ke studiu vnitřní struktury a chemického materiálového složení (k metodám Říha et al. 2013). V rámci výzkumu byly realizovány analýzy pravěké keramiky z mladší doby bronzové z Březnice u Tábora a středověké keramiky z Českých Budějovic (Čapek et al. 2013, 525-542). V oblasti materiálových a metalografických analýz byly učiněny rozbory bronzových jehlic z lokality u Březnice na Táborsku. Ve spolupráci s Ústavem jaderné fyziky AV ČR a Výzkumného centra NTC bylo dále analyzováno chemické složení 45 raně středověkých esovitých záušnic z Chebska. U vybrané raně středověké záušnice z Třebeně byla využita i dosud málo běžná počítačová tomografie (Schejbalová et al. 2013, 631-642). z vrcholně středověkých artefaktů byly analyzovány středověké ocelové šipky z hradu Sion a několik železných podkov (Říha et al. 2013, 115-117).

Třetím dílčím tématem byla aplikace geofyzikálních metod na vybraných archeologických

lokalitách z pravěkého a středověkého období. Jejich cílem bylo zejména doplnění geodetické dokumentace těchto památek o nedestruktivní průzkum archeologických situací nacházejících se pod současným povrchem, což v některých případech napomohlo k jejich snadnější interpretaci a dataci. Realizován byl například geoelektrický odporový průzkum v místě zaniklé tvrže na katastru obce Rataje na Táborsku (Baierl et al. 2012) nebo Liškova hradu, který se nachází nedaleko Spáleného Poříčí jižně od Plzně (Hložek et al. 2013). Podrobné výsledky geofyzikálních průzkumů jsou publikovány na jiných místech (například Baierl et al. v tisku).

V následujících kapitolách budou stručně představeny výsledky dvou dílčích témat týkajících se aplikace chemických a archeometrických analýz, které se v rámci mezioborové spolupráce nejvíce rozvíjejí. Prezentován bude výzkum na zaniklé vesnici Sloupek, kde s využitím několika metod výzkumu, včetně fosfátové analýzy, byly identifikovány a vymezeny dílčí areály v rámci jedné usedlosti. Dále budou představeny a popsány výsledky studia středověké a pravěké keramiky, které umožnily poznání struktury a způsobu výroby keramické suroviny.

#### VÝZKUM VNITŘNÍHO USPOŘÁDÁNÍ AREÁLŮ LIDSKÝCH AKTIVIT NA ZÁKLADĚ CHEMICKÝCH ANALÝZ – PŘÍPAD ZANIKLÉHO SLOUPKU

Strukturu minulých sídelních komponent, která odráží lidské aktivity a jejich organizaci, je možné archeologicky studovat prostřednictvím nenáhodné prostorové distribuce artefaktů ve vztahu k pozůstatkům někdejších stavebních konstrukcí a reliéfním tvarům. Výpovědní možnosti archeologických situací jsou však mnohdy zastřeny dalšími antropogenními a přírodními formačními a postdepozičními procesy, které se podílely na jejich transformacích (například čištění a odstraňování odpadu, způsob opuštění sídelní komponenty, délka osídlení a opětovné užití areálů apod.). Tyto procesy a činnosti jsou dobře dokumentovány zejména prostřednictvím etnoarcheologického výzkumu (např. Schiffer 1987; Joyce a Johannessen 1993; Rothschild et al. 1993; King 2008, 1225).

Významný informační potenciál k odhalení minulých lidských aktivit a jejich prostorového vymezení tak připadá chemickým analýzám půd. V takové míře totiž nepodléhají ovlivnění

výše uvedeným procesům, ačkoliv toto tvrzení nelze zcela generalizovat (např. Wilson et al. 2009, 2333). Nejrozšířenější metodu k analýzám půd představuje fosfátová analýza, která byla rozvíjena již od 30. let 20. století ve Švédsku a Německu (např. Arrhenius 1931; Lorch 1940). Fosfátová analýza brzo našla významné uplatnění při archeologickém výzkumu sídelních i pohřebních areálů, jelikož její aplikací lze odhalit místa, kde byl koncentrován jakýkoliv organický materiál. Jedná se zejména o areály skladování a konzumace potravy, shromažďování organického odpadu nebo koncentrace lidských či zvířecích exkrementů a moči. Významné navýšení fosfátů způsobují také těla uhynulých zvířat či zemřelých lidí (Krajíc et al. 1982, 232; Edwards et al. 1983, 365). Na rozdíl od ostatních prvků, kterými jsou obohaceny povrchy těchto areálů lidských aktivit, je množství fosforu v půdě po počátečním poklesu nadále konstantní. V půdě je fosfor navíc pevně vázán na původní místo uložení, jeho migrace tak zpravidla probíhá pouze ve vertikálním směru (např. Pelikán 1955, 376; Schackley 1975, 687; Sjöberg 1976, 449).

V rámci projektu byla fosfátová analýza aplikována na půdních vzorcích z archeologicky prozkoumané usedlosti v zaniklé středověké vsi Sloupek na Rokycansku (srov. Vařeka et al. 2011, 330-334). Pomocí pedologické sondy bylo ze všech archeologickým výzkumem identifikovaných areálů odebráno malé množství zeminy (hmotnost vysušené zeminy činí 2 až 5 gramů). Vzhledem k předpokládané difundaci fosfátů v půdě byly pro analýzu vybrány vzorky ze dvou úrovní v podloží – cca 5 a 20 cm pod rozhraním s nadložními vrstvami. Extrakce fosfátů z vysušených a nadrcených vzorků byla prováděna činidlem podle Mehlicha (Mehlich 1984), které prokazovalo nejvyšší extrakční schopnosti ze všech testovaných činidel (k podrobnějším informacím o metodě odběru i stanovení fosfátů srov. Hrdlička et al. v tisku). Oba nezávislé zdroje informací tak mohly být vzájemně doplněny, čímž bylo spolehlivě odhaleno uspořádání a rozsah jednotlivých areálů (obr. 1, 2).

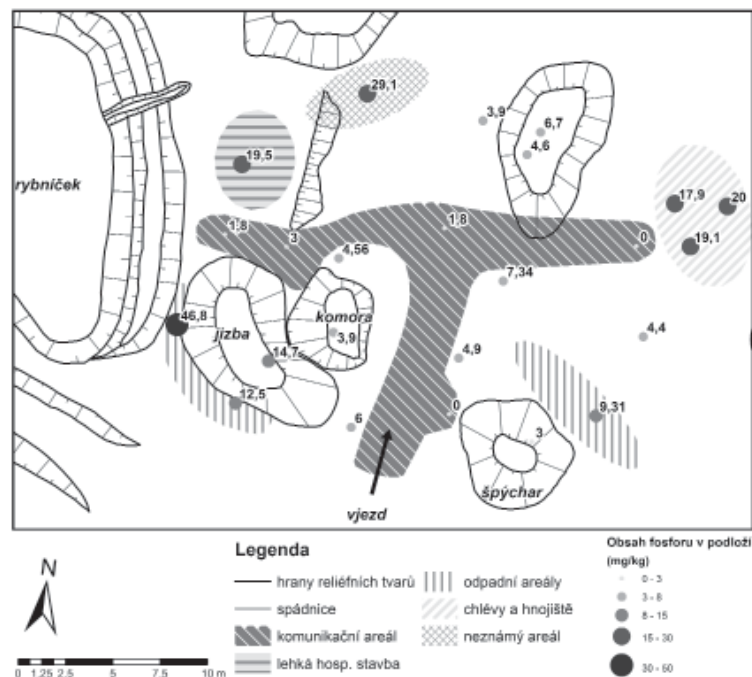
Zástavba zkoumané usedlosti vykazuje znaky archaického uspořádání, jednotlivé objekty zde byly rozmístěny kolem prázdného prostranství – dvora. Základní komunikační schéma indikují místa s absencí nebo nízkým obsahem fosfátů. V levé přední části stála samostatně dvojice staveb, obytný dům (jizba s pecí) a skla-

dovací patrová komora, do nichž se vstupovalo ze zadní části. V tomto prostoru lze uvažovat o existenci sítě či podsítě lehčí konstrukce. Vzhledem k předpokládanému pravidelnému čištění těchto areálů, které výrazně omezuje obohacení půdy o fosfáty, je velice překvapivý jejich vyšší obsah v interiéru jizby. Navýšení tak zřejmě neodráží primární využití objektu, ale spíše násilný způsob zániku vesnice; způsobeno mohlo být např. rozkladem většího objemu organických hmot, jejichž pozůstatky se v kyselém lesním prostředí přímo nedochovávají. Vzorek ze špýcharu, který byl umístěn v pravé přední části usedlosti, verifikuje, stejně jako v případě komory, standardní představy o jejich využití. U přední části jizby byl situován odpadní areál s vysokým podílem organických zbytků. Další takový areál byl odhalen vedle špýcharu, podíl organického materiálu zde však byl nižší. Za ním byla jednoznačně prokázána přítomnost chléva společně s hnojištěm. Vyšší množství fosfátů bylo získáno z místa lehké hospodářské stavby a z prostoru dále k severovýchodu, kde lze snad uvažovat o dalším odpadním areálu či o prostoru spojeným s chovem domácích zvířat, např. drůbeže.

Fosfátová půdní analýza vhodně doplnila výsledky archeologického odkryvu usedlosti. Preciznější vymezení jednotlivých areálů vyžaduje zahuštění stávající sítě odběru vzorků. Další areály a některé projevy lidského chování v usedlosti by měly být indikovány výsledky prvkové analýzy (tzv. multi-element analysis), která je nyní ve spolupráci KAR a NTC při ZČU intenzivně rozvíjena a testována.

#### ARCHEOMETRICKÉ STUDIUM PRAVĚKÉ A STŘEDOVĚKÉ KERAMIKY

Petroarcheologické, minerologicko-geologické, geochemické a obecně archeometrické analytické metody nacházejí stále častěji významné uplatnění při výzkumu nejen pravěké a raně středověké, ale i vrcholně středověké a novověké keramiky (souhrnně např. Gregerová a kol. 2010). Cílem archeometrických analýz keramických artefaktů je obvykle získání informací o původu keramické suroviny, jejím složení a strukturních změnách během procesů výroby a užití. Získané informace tohoto druhu tvoří součást archeometricky orientovaného keramologického studia, zabývající se otázkami pro-



Obrázek 1. Obr. 1: Uspořádání usedlosti i v zaniklé středověké vesnici Sloupek podle povrchového průřezu reliéfních tvarů a výsledku fosfátové analýzy půd.

venience a distribuce hrnčířských surovin, výrobou a technologií keramiky i jejím samotným užitím (Rice 1987, 115-116; Orton et al. 1993, 113-131).

Pracoviště Výzkumného centra NTC disponuje přístrojovým vybavením, které umožňuje provedení řady fyzikálně-chemických analýz standardně využívaných při základním archeometrickém či petroarcheologickém studiu keramiky (k přehledu metod např. Gregerová a kol. 2010, 34–47). Mezi nejvíce využívané metody, které lze uplatnit v rámci studia na pracovišti NTC patří rentgenová-fluorescenční a rentgenová difrakční analýza.

#### RENTGENOVÁ-FLUORESCENČNÍ ANALÝZA

Rentgenová-fluorescenční analýza (XRF) představuje metodu kvalitativní a kvantitativní analýzy hlavních a stopových chemických prvků. Pomocí spektrometrické analýzy rentgenové-fluorescenčního záření lze zjistit, které prvky jsou přítomné ve zkoumaném vzorku keramiky, a podle intenzity záznamu záření lze určit množství (koncentraci) těchto prvků ve vzorku. Metoda XRF umožňuje poměrně přesné vyhodnocení chemických prvků a pomocí metody lze studovat a porovnávat chemické složení u jednotlivých keramických vzorků. Chemické prvky

jsou pak převáděny na normativní složení minerálů k dalšímu petroarcheologickému výzkumu (k tomu např. Gregerová a kol. 2010, 39; Říha et al. 2013, 113-114).

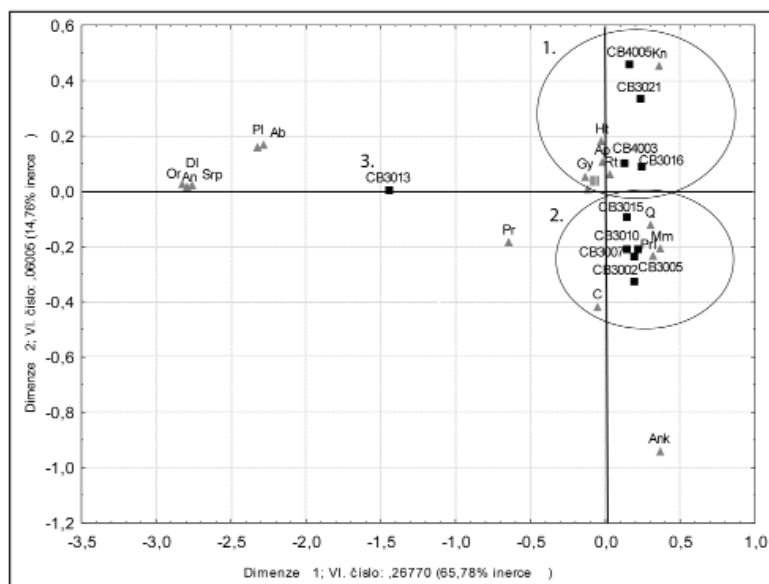
Chemický rozbor je standardně prováděn na pracovišti NTC na vlnově disperzním rentgenovém-fluorescenčním spektrometru Bruker AXS S4 Explorer s Rh anodou, který umožňuje přesné určení veškerých chemických prvků ve studovaném vzorku keramiky.

#### RENTGENOVÁ-DIFRAKČNÍ ANALÝZA

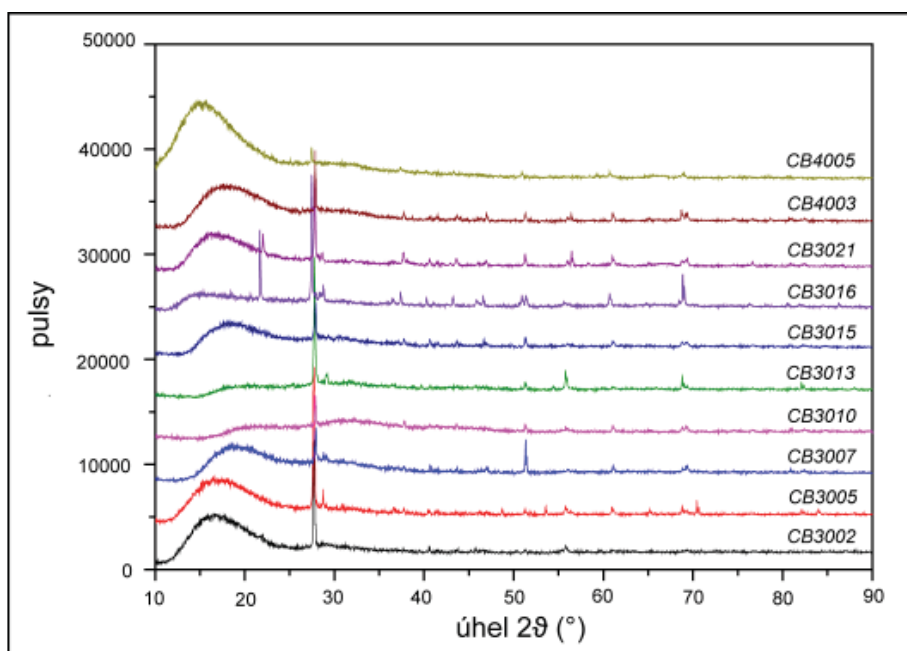
Další metodou je rentgenová-difrakční analýza (XRD), která je využívána ke studiu vnitřní stavby krystalických látek a určení jejich fázového (minerálního) složení. Pomocí XRD lze stanovit kvalitativní a kvantitativní fázové složení keramického střeptu a identifikovat přítomné krystalické fáze a zároveň získat základní informace o obsahu jednotlivých fází. Dále můžeme určit velikost krystalitů v keramickém materiálu, studovat orientaci, texturu a deformaci krystalických fází v hornině. z jednotlivých identifikovaných krystalických fází ve střeptu můžeme stanovit, které z minerálů s vysokou pravděpodobností tvořily surovinovou příměs studované keramiky a které vznikly až při jejím výpalu. z těchto údajů lze odhadnout i přibližnou teplotu výpalu (k tomu např. Gregerová a kol. 2010,



Obrázek 2. Rekonstrukce usedlosti i v zaniklé středověké vesnici Sloupek. Zdroj: Dudková et al. 2008, obr. II-20.



Obrázek 3. Korespondenční analýza normativních minerálů českobudějovické keramiky. Shluk 1 označuje převážně redukční keramiky, shluk 2 označuje grafitovou keramikou. Samostatně se v rámci grafu nachází třída CB3013, která se vztahuje k tuhovým zásobnicím.



Obrázek 4. Rentgenový difrakční záznam keramických tříd středověké keramiky z Českých Budějovic.

38; Říha et al. 2013, 112-113; podrobně např. Dolníček 2005).

Zpracování a vyhodnocení keramických vzorků je prováděno na automatickém práškovém difraktometru Panalytical X'Pert Pro s Cu rentgenovou lampou. Difrakční záznamy jsou poté zpracovávány a porovnávány s databází referenčních práškových difrakčních záznamů pro identifikaci přítomných fází.

### 1) Výsledky rozboru středověké keramiky z Českých Budějovic

Metody rentgenové-fluorescenční a rentgenové difrakční analýzy středověké keramiky byly testovány na celkem deseti makroskopicky a mikroskopicky určených vzorcích keramických tříd, které se lišily na základě výpalu, struktury keramické hmoty, úpravy povrchu a barvy (k tomu např. Nováček a Tetour 2003; Čapek 2010, 43). Studované vzorky středověké keramiky byly datované od 2. pol. 13. do 14.–15. století a pocházely z kontextu dvou původních středověkých parcel na dvoře historické radnice na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích (Čapek et al. 2013 v tisku).

Rentgenová-fluorescenční analýza na XRF spektrometru ukázala na rozdíly v zastoupení základních chemických prvků, které tvoří strukturu plastické a neplastické keramické matrix. Nejvíce bylo zjištěno zastoupení na základě hmotnostních procent oxidů prvků  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , a  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Vedle těchto hlavních prvků vzorky vykazovaly vysoký obsah oxidu železitého  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a poměrně nízké hodnoty  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  a  $\text{TiO}_2$ . Všechny vzorky ukazovaly na převahu oxidu draselného  $\text{K}_2\text{O}$  nad oxidem sodným  $\text{Na}_2\text{O}$ . Nejvyšší obsah v podobě příměsí byl zjištěn u prvku  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Ostatní příměsí se pohybovaly v desetinách procenta (podrobně Čapek et al. 2013).

Převedením chemických prvků na normativní minerály bylo možné určit relativní zastoupení keramické suroviny a uvažovat o jejím původu (obr. 3). Hodnoty normativních minerálů byly vypočteny v programu MINLITH (Rosen a Abbyasov 2003, 252–264). Zjištěný illit, kaolinit a montmorillonit jako součást charakteristického jílovitého pojiva v keramické matrix je součástí terciérních jílu, které se běžně nacházejí v jihočeských pánvích. Tyto ložiska kvalitních jílu a kaolinů se objevují i v blízké dostupnosti Českých Budějovic a lze předběžně

stanovit místní původ a lokální charakter výroby keramiky. Grafit, který byl zjištěn u několika vzorků jak v plastické, tak i neplastické podobě, se objevuje v grafitických pararulách, jílovitých břidlicích a krystalických vápencích. Ložiska grafitu se nacházejí v okolí Českých Budějovic, nelze vyloučit i dostupnost surovin z blízkého Českokrumlovska, kde se nachází celá řada historických ložisek i povrchových výchozů grafitu. Všechny vzorky obsahovaly rovněž hematit a rutil, který se nachází v železitých rudách u hornin typu syenitů či metabazitů. Doloženy jsou zejména na Písecku a Táborsku. z chemických a mineralogických analýz se odlišovala pouze keramická třída, která je charakteristická pro zásobní tvary nádob (masivní zásobnice s kyjovitým okrajem). Chemické a mineralogické složení keramické třídy s převahou draselných a alkalických živců (plagioklas a ortoklas) společně s albitem ukazovala na jiný původ suroviny, a to v magmatických metamorfovaných horninách a pegmatitech, které se nacházejí na okrajích Českobudějovické pánve. s určitou opatrností lze uvažovat o místu jiné výroby a transportu těchto nádob v souvislosti s obchodem (podrobně Čapek et al. 2013, 525–642).

Pomocí XRD analýzy byly zjištěny převážně krystalické fáze křemene a jeho modifikace (cristobaolit, stišovit a coesit). Tyto modifikace křemene vznikly za vyšších teplot výpalu nebo při vystavení vyššímu tlaku, jímž byly keramické třídy postihnuty (obr. 4). O zjištěných krystalických fázích lze uvažovat jako o součástech minerálního složení ostríva. Zajímavost představuje objevení (prokázání??) minerální fáze hercynitu u keramické třídy, která je charakteristická pro zásobní tvary keramiky. Hercynit se totiž na Českobudějovicku nevyskytuje a jeho původ je doložen na Písecku (podrobně Čapek et al. 2013, 525–642).

Pomocí metod XRF a XRD se podařilo prokázat lokální původ českobudějovické keramiky. Jedinou výjimku představuje keramická třída charakteristická pro masivní zásobní tvary, jejíž původ lze hledat jinde. V tomto případě lze uvažovat o transportu zásobnic v souvislosti s obchodem. Detailní určení míst provenience surovin pro výrobu středověké keramiky by však vyžadovalo samostatnou analýzu i předpokládaných užitých surovin z těchto oblastí. Na základě deseti analyzovaných střepů rovněž nelze vyvozovat dalekosáhlé závěry. V budoucnosti bude nutné vyhodnotit další srovnávací

keramické třídy i z jiných lokalit v rámci širšího regionu jižních Čech. To bude předmětem následujícího výzkumu.

## 2) Výsledky rozboru pravěké keramiky z mladší doby bronzové

Rentgenová-fluorescenční a rentgenová difrakční analýza byla prozatím testována na třech souborech pravěké keramiky datované do mladší doby bronzové. Soubory pravěké keramiky pocházely ze sídliště u Březnice (okr. Písek) z objektu sídlištní jámy a lineárního žlabu (Chvojka 2007; Chvojka a Šálková 2011), dále z Hluboké nad Vltavou (okr. České Budějovice) v „poloze Křesín“ z objektu – jámy – ledvinovitého půdorysu a z Hvožďan (okr. Tábor) v „poloze Lužec“ z jámy podlouhlého oválného tvaru s mísovitě prohloubenými stěnami (nepublikováno). Sledovány byly zejména rozdíly v chemických vlastnostech keramiky u funkčně odlišných typů sídlištních objektů.

Pravěká keramika byla testována pomocí rentgenové -fluorescenční analýzy (XRF) na třech makroskopicky určitelných třídách, které se od sebe lišily strukturou keramické hmoty (jemná, středně hrubá, hrubá). Testováno bylo i více vzorků z různých úrovní u jednoho, případně u více archeologických objektů na lokalitě. Na základě provedené difrakční analýzy byly zjištěny pouze malé rozdíly v analyzované keramice. Ty nejsou výrazně zřetelné ani mezi rozdílnými makroskopicky zjištěnými keramickými třídami, různými objekty na sídlišti nebo odlišnými lokalitami. U všech analyzovaných vzorků bylo v keramické hmotě zjištěno největší zastoupení  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , přičemž jejich vzájemný poměr nevykazuje v rámci jednotlivých vzorků výraznější rozdíly. Nejmenší odlišnosti ve složení byly poté zjištěny v rámci makroskopicky zjištěných keramických tříd na jednotlivých lokalitách. V těchto případech nehraje roli původní umístění keramického vzorku v rámci jednoho objektu nebo dvou vzorků z různých objektů na lokalitě. Výraznější rozdíly byly zjištěny pouze v rámci procentuálního zastoupení  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  a  $\text{MgO}$  (např. u lokality Březnice), vzhledem k malému vzorku dat se však prozatím nepodařilo nalézt výraznější struktury a nelze s jistotou říci, zda v rámci jedné lokality bylo využíváno jedno ložisko hlíny sloužící k výrobě keramiky. Další otázky jistě zodpoví analýza potenciálních zdrojů hlín v okolí lokality, stejně jako srovnání s podloží

v blízkém sousedství lokality i jejím vzdálenějším okolí. Výraznější rozdíly v keramickém složení vzorků bylo poté zjištěno při porovnání jednotlivých prostorově více vzdálených lokalit (Březnice, Hluboká nad Vltavou, Hvožďany). Naměřená data jsou v současné době analyzována a budou publikována na jiném místě.

## ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

V současnosti se studium artefaktů stále více orientuje na přírodovědné archeometrické analýzy, které umožňují detailní poznání technologických postupů od získávání surovin po jednotlivé fáze výroby a užití artefaktů v minulosti. Chemické analýzy nacházejí značné uplatnění v nedestruktivním výzkumu při vymezení a identifikaci areálů aktivity a odhalení struktury lidských sídel. Tyto druhy výzkumů však vyžadují široce koncipovanou interdisciplinární spolupráci s obory zabývající se přírodovědnými archeometrickými analýzami a fyzikálně-chemickými vlastnostmi materiálů a jejich prvků. z tohoto důvodu byl učiněn krok ke spolupráci dvou pracovišť při Západočeské univerzitě v Plzni, a to mezi Výzkumným centrem NTC a Katedrou archeologie.

V rámci společného projektu se nejvíce rozvíjejí analýzy fosfátů a prvkové analýzy zemin, které byly testovány na několika lokalitách. Na zaniklé středověké vesnici Sloupek se podařilo prostřednictvím distribuce hodnot fosforu a komparací s dalšími metodami výzkumu prostorově vymezit areály aktivit v rámci jedné usedlosti (dvoru). Shromáždění dat z dalších podobných lokalit umožní blíže specifikovat zákonitosti lidského chování ve vesnickém prostředí mladšího středověku či raného novověku.

Druhý tematický okruh představují analýzy artefaktů z keramiky, železa a barevných kovů, jejichž rozborů pomocí rentgenové -fluorescenční a rentgenové difrakční analýzy umožňují určit chemické a fázové složení, a přispět tak k interpretaci jejich původu (provenienci) či charakteru výroby. Metody XRF a XRD na příkladu českobudějovické středověké keramiky prokázaly lokální původ suroviny pro výrobu hrnčířských výrobků. V případě pravěké keramiky z mladší doby bronzové z několika sídlištních lokalit se prozatím nepodařilo jednoznačně prokázat odlišné chemické složení keramiky u různých typů archeologických objektů. Studium keramiky pomocí archeometrických

analýz je teprve v počátcích. Až po provedení rozboru většího počtu vzorků keramických tříd z různých lokalit si lze klást další, komplexněji pojaté otázky týkající se kupříkladu organizace výroby či sociálních kontaktů v souvislosti s obchodem v různých dobách naší minulosti, a následně na ně hledat odpovědi.

#### PODĚKOVÁNÍ

Archeologické výzkumy mladobronzových sídlišť byly provedeny Jihočeským muzeem v Českých Budějovicích. Z poskytnutí informací o výzkumech a zapůjčení keramických nálezů k archeometrickým analýzám autoři děkují vedoucímu výzkumu Doc. Mgr. Ondřeji Chvojkovi, Ph.D.

#### ZDROJE PODPORY

Článek vznikl za podpory projektu SGS-2013-054 Moderní archeometrické metody při interdisciplinárním studiu archeologických movitých a nemovitých artefaktů.

#### POUŽITÁ LITERATURA

- Arrhenius, O. 1931. Die Bodenanalyse im Dienst der Archaeologie. *Zeitschrift für Pflanzenernährung. Düngung und Bodenkunde*. 10 (B): 427–439.
- Baierl, P., J. Hložek, P. Menšík 2012. Zaniklá tvrz(?) v lese „Borečný“ u Rataj. *Archeologický výzkumy v jižních Čechách* 25: 179 – 192.
- Baierl, P., L. Čapek, J. Hložek, P. Menšík. Využití geofyzikálních metod Katedry archeologie v Plzni v lesním prostředí v letech 2011 – 2012. In: *Archeologická prospekce a nedestruktivní archeologie v Jihočeském kraji, kraji Vysočina, Jihomoravském kraji a v Dolním Rakousku* Sborník z konference, Jindřichův Hradec 6. 3. – 7. 3. 2013.
- Čapek, L., 2010. *Depoziční a postdepoziční procesy středověké keramiky na parcelách Českých Budějovic (Případová studie z domu č. p. 16)*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Čapek, L., M. Čekalová, J. Říha 2013. Středověká keramika z Českých Budějovic a možnosti jejího archeometrického studia. *Archaeologia historica*. 44(2): 525–642.
- Dobres, M. A. 2000. *Technology and Social Agency. Outlining a Practice Framework for Archaeology*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Dolníček, Z., 2005. *Laboratorní metody výzkumu*. Olomouc.
- Dudková, V., J. Orna, P. Vařeka a kol. 2008. *Hledání zmizelého. Archeologie zaniklých vesnic na Plzeňsku*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Edwards, K. J., F. W. Hamond, A. Simms 1983. The Medieval Settlement of Newcastle Lyons, County Dublin, an Interdisciplinary Approach. *Proceedings of the Royal Irish Academy*. 83C: 351–376.
- Gregerová, M. a kol. 2010. *Petroarcheologie keramiky v historické minulosti Moravy a Slezska*. Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- Henderson, J. 2000. *The science and archaeology of materials: an investigation of inorganic materials*. London: Routledge.
- Hložek, J., P. Baierl, F. Kasl, P. Menšík, M. Procházka 2013. Liškův hrad, okr. Plzeň-jih. Nové geodetické zaměření lokality a její hodnocení v kontextu soudobé hradní produkce. *Archaeologia historica*. 38(2): 399–414.
- Hložek, M. 2008. *Encyklopedie moderních metod v archeologii. Archeometrie*. Praha: Libri.
- Hrdlička, J., P. Baierl, L. Holata, M. Čekalová, J. Brandštýl, P. Vařeka v tisku. Fotometrické stanovení fosforečnanů v půdě jako nedestruktivní metoda archeologického výzkumu. *Chemické listy*.
- Chvojka, O. 2007. Žlabovité objekty na sídlišťích mladší a pozdní doby bronzové v jižních Čechách. In: salaš, M. a K. Šabatová (ed.). *Doba popelnicových polí a doba halštatská: 111 – 126*. Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- Chvojka, O. a T. Šálková 2011. Březnice u Bechyně. K interpretaci sídelního areálu z mladší doby bronzové se žlabovitými objekty. In: *Podbrdsko – Miscelanea 2. Doba popelnicových polí a doba halštatská. Příspěvky z XI. konference Příbram 7. – 10. 9. 2010: 103 – 127*. Příbram: Hornické muzeum v Příbrami.
- Jones, A. 2004. Archaeometry and Materiality: Materials-based analysis in theory and practise. *Archaeometry* 46/3: 327–338.
- Joyce, A. A., S. Johannessen 1993: Abandonment and the production of archaeological variability at domestic sites. In: cameron, C. M., S. A. Tomka (eds.) 1993. *Abandonment of settlements and regions. Ethnoarchaeological and archaeological approaches: 138 – 153*. Cambridge: Cambridge University Press.
- King, S. M. 2008. The spatial organization of food sharing in Early Postclassic households: an application of soil chemistry in Ancient Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science* 35: 1224–1239.
- Krajíc, R., M. Soudný, J. Eisler 1982. Aplikace prospekčních metod na zaniklé středověké osadě Potálov, o. Tábor. *Archaeologia historica* 7: 229–246.
- Lamotta, V., M. B. Schiffer 2001. Behavioral Archaeology – Toward a New Synthesis. In: hod-



- der, I. (ed.), *Archaeological Theory Today*. 14–64. Cambridge: Polity Press.
- Lorch, W. 1940. Die Siedlungsgeographische Phosphatmethode. *Die Naturwissenschaften* 28: 633–640.
- Mehlich A. 1984. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15: 1409 - 1416.
- Middleton, W. D., T. D. Price 1996. Identification of Activity Areas by Multi-element Characterization of Sediments from Modern and Archaeological House Floors Using Inductively Coupled Plasma-atomic Emission Spectroscopy. *Journal of Archaeological Science* 23, 673-687.
- Neustupný, E. 2010. *Teorie archeologie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s. r. o.
- Nováček, K, T. Tetour 2003. *Možnosti využití databázových systémů pro zpracování keramického materiálu. Formalizovaná deskriptivní databáze KLASIKER*. Nestránkovaný rukopis.
- Orton c., P. Tyers, A. Vince 1993. *Pottery in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pelikán, J. B. 1955. Fosfátová půdní analýsa. *Archeologické rozhledy* 7: 374–384.
- Pollard, A. M., C. M. Batt, B. Stern, S. M. M. Young 2007. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Prokeš, L., M. Hložek 2007. Identification of Some Adhesives and Wood Pyrolysis Products of Archaeological Origin by Direct Inlet Mass Spectrometry. *Chemia Analytyczna* 52 (Warsaw): 700-713.
- Rice, P. M. 1987. *Pottery Analysis. a Sourcebook*. Chicago – London: University of Chicago Press.
- Rothschild, N. A., B. J. Mills, . J. Ferguson, S. Dublin 1993. Abandonment at Zuni farming villages. In: Cameron, C. M. a S. A. Tomka (eds.) 1993. Abandonment of settlements and regions. *Ethnoarchaeological and archaeological approaches*: 123-137. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosen, O. M., A. A. Abbyasov 2003. The Quantitative Mineral Composition of Sedimentary Rocks: Calculation from Chemical Analyses and Assesement of Adequacy (MINLITH Computer Program). *Lithology and Mineral Resources* 38/3: 252–264.
- Říha, J., D. Brejchová, P. Menšík, P. Koscelník, O. Chvojka 2013. Možnosti využití nedestruktivních analýz na bázi RTG záření v archeologii. *Antropowebzin* 3/2013: 111-119.
- Schackey, M. L. 1975. *Archaeological Sediments. a Survey of Analytical Methods*. London.
- Schejbalová, Z., T. Gregor, M. Fikrle, M. 2013. Nové výsledky rentgenové fluorescence analýzy souboru kovových šperků z Chebska. *Archaeologia historica* 38(2): 631–642.
- Schiffer, M. B. 1987. *Formation Processes of the Archaeological Record*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Sjöberg, A. 1976. Phosphate Analysis of Anthropic Soils. *Journal of Field Archaeology* 3: 447–454.
- Skibo, J., M. B. Schiffer 2009. *People and Things. a Behavioral Approach to Material Culture*. New York: Springer.
- Vařeka, P., L. Holata, P. Rožmberský, Z. Schejbalová 2011. Středověké osídlení Rokycanska a problematika zaniklých vsí. *Archaeologia historica* 36: 319-342.
- Wilson, C. A., D. A. Davidson, M. S. Cresser 2009. An evaluation of the site specificity of soil elemental signatures for identifying and interpreting former functional areas. *Journal of Archaeological Science* 36: 2327-2334.

