

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FILOZOFICKÁ FAKULTA

ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYUŽITÍ RENTGENOVÉ FLUORESCENCE PRO ANALÝZU
LATÉNSKÉ KERAMIKY

Vedoucí práce: PhDr. Jan John, Ph.D.

Autor práce: Radim Krejčí

Studijní obor: Archeologie

Ročník: 4.

2016

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice 9. 5. 2016

.....
Radim Krejčí

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, PhDr. Janu Johnovi, Ph.D., bez jehož cenných rad a postřehů by nikdy nevznikla. Díky patří také muzeím, z kterých byla zapůjčena zkoumaná keramika. Dále děkuji své rodině, především pak své matce, za věčnou podporu. Závěrem bych ještě chtěl poděkovat svým přátelům, kteří byli a jsou zdrojem příjemného rozptýlení.

Anotace

Ve své práci se snažím objasnit aspekty využití metody rentgenové fluorescenční analýzy při studiu chemického složení keramiky a její provenience. Skrze studium domácích, ale hlavně pak zahraničních publikací a projektů, zabývajících se touto problematikou, se snažím nashromáždit informace o dané metodě, jejích kladech a záporech. Nabyté vědomosti poté využívám při vlastním výzkumu, během kterého analyzuji chemické složení jihočeské laténské keramiky s příměsí grafitu a snažím se zachytit její odlišnosti a určit tak potenciální importy.

Klíčová slova: rentgenová fluorescenční analýza, chemické složení, grafit, keramika, provenience, importy, doba laténská

Annotation

In my bachelor thesis I try to clarify aspects of the use of an x-ray fluorescence analysis method in the study of a composition of the ceramics and its provenance. I try to gather information about this method, as well as its pluses and minuses, by means of study of domestic and especially international publications and projects dealing with this topic. Knowledge acquired is then used in the research during which I analyse chemical composition of South Bohemian ceramic with graphite admixture from the La Tene period and I try to discover its differences and thanks to that determine potential imports.

Key Words: X – ray Fluorescence Analysis, Chemical Composition, Graphite, Ceramics, Provenance, Imports, La Tene Period

OBSAH

1. Úvod	7
2. Cíle	8
3. Otázky	8
4. Rentgenové záření	9
5. Rentgen fluorescenční analýza	10
6. Grafit a keramika s jeho příměsí	13
7. Studie a projekty využívající XRF a další přírodovědné metody ke stanovení chemického složení keramiky	15
8. Vlastní výzkum	24
8.1. Výběr vzorků a lokalit.....	24
8.2. Analýza.....	26
8.2.1. Proces měření	26
8.2.2. Výsledky měření.....	26
8.3. Syntéza dat	37
8.3.1. Porovnání prvků	37
8.3.2. Faktorová analýza.....	38
8.4. Interpretace.....	53
9. Závěr	55
10. Seznam použité literatury	56
11. Seznam internetových zdrojů	58
12. Seznam příloh	59
13. Přílohy	60

1. Úvod

Archeologie je věda zkoumající nepsanou minulost člověka, jeho vývoj, vývoj lidských společností a skrze kulturu sleduje schopnost člověka, přizpůsobit se svému okolí a snahu přizpůsobit si okolí ke svému prospěchu. Tato disciplína tedy nečerpá z písemných pramenů, jako je tomu v případě historiografie, nýbrž z pramenů hmotných, z artefaktů a ekofaktů. Takové archeologické prameny lze zkoumat interdisciplinárně a jednou z možných cest je archeometrie. Ta zahrnuje veškeré aplikace přírodovědných a technických metod v archeologii. Moderními přírodovědnými a technickými metodami studuje archeologické nálezy, dávné populace a životní prostředí (Hložek 2008, 34 – 35).

V této bakalářské práci se věnuji metodě rentgen - fluorescenční analýzy (RFA nebo XRF z anglického názvu X - ray fluorescence), která se využívá ke zjištění prvkového složení materiálů. Chemické analýzy jsou důležité k porozumění lidské minulosti a to od určení provenience surového materiálu, po porozumění ekonomické organizaci a obchodním sítím (Hunt – Speakman 2015, 1). Archeologie vždy těžila z vývoje ostatních vědních oborů. Vývoj nových prostředků v geologii a biologii často vyústil i v použití archeologické. Přenosné XRF spektrometry, které byly původně vyvinuty pro těžební průmysl, jsou toho příkladem (Ownby 2012, 1). První aplikace XRF na archeologický materiál byly uskutečněny v šedesátých letech minulého století. Zprvu tyto aplikace byly vázány na specializované laboratoře a probíhaly pod dohledem vědců znalých chemie a fyziky. V posledních deseti letech, se ale situace značně změnila s tím, jak archeologové a konzervátoři, s limitovanými znalostmi chemie a fyziky, začali ve velké míře používat komerčně dostupné přenosné nebo ruční spektrometry (portable XRF – PXRF). Tento boom souvisel s vývojem výpočetní techniky v devadesátých letech (Speakman 2011, 3483). Obecně je na XRF nahlíženo, jako na nedestruktivní, relativně rychlou a na přípravu vzorků nenáročnou metodu a právě tyto aspekty jsou pro dnešní archeologii jistě přitažlivé.

2. Cíle

Cílem této práce je představit perspektivy a limity metody XRF při analýzách keramického materiálu a to na základě rešeršní práce, zabývající se projekty zkoumajícími dané téma a následně pak učinit to samé vlastním výzkumem, zaměřeným na analýzu laténské grafitové keramiky z vybraných lokalit jižních Čech, pomocí ručního spektrometru (pXRF). Dále by mělo dojít ke stanovení hypotéz, které by měly být dále testovány jinými metodami. Zajímavé by jistě bylo srovnání s výsledky laboratorní XRF a neutronové aktivační analýzy (NAA). A snad i vyvolat zájem povolanějších, v jejichž rukou by tato metoda jistě přinesla cenné informace o dávné minulosti naší země a jejích obyvatelích.

3. Otázky

Jistě tou nejdůležitější otázkou je, jestli existují rozdíly chemického složení tuhové keramiky z různých lokalit, zjistitelné pomocí pXRF. Pakliže ano, lze na jejich základě určit importy a doložit tak obchod s keramikou, případně s jinými obchodními artikly, které byly přepravovány v keramických nádobách? A pokud se importy doložit nepodaří, tak proč? Může být příčinou, že se obchodovalo se surovým grafitem, spíše než s hotovou keramikou? Nebo svou roli hraje i relativní blízkost lokalit a tím pádem i možnost, že výchozí hodnoty se nemusí markantně lišit?

4. Rentgenové záření

Rentgenová záření, někdy také označované paprsky X, je v podstatě forma elektromagnetického záření o vlnových délkách 10 nanometrů až 100 pikometrů, které má schopnost pronikat tkáněmi a artefakty. Využívá se při lékařských vyšetřeních, v technických oborech a rovněž v archeometrii (Hložek 2008, 216). Objev tohoto záření je datován do roku 1895 a stojí za ním Wilhelm C. Röntgen. Ten při pokusech s katodovými paprsky zjistil, že při elektrickém výboji ve výbojové trubici, která byla zabalena do černého papíru, světélkuje stínítko, pokryté vrstvou kyanidu platnobarnatého umístěného blízko trubice (Gogolková 2009, 12). O významu toho objevu svědčí i fakt, že W. C. Röntgen za něj získal Nobelovu cenu za fyziku a také fakt, že v mnoha zemích nese dodnes toto záření jeho jméno, i když on sám ho nazýval paprsky X.

5. Rentgen fluorescenční analýza

V podstatě jde o analýzu sekundárního záření (fluorescentní), jež bylo vybuzeno dopadem rentgenového záření nebo záření gama na povrch analyzovaného materiálu. Onen dopad, za předpokladu dostatečné energie záření, vyvolá interakci s atomy zkoumaného vzorku a dochází k vyrazení elektronů, nejčastěji z vnitřní slupky atomu (tím se atom stává nestabilním). Na uvolnění místa ve vnitřní slupce reagují elektrony ze slupek vyšších, tím že je zaplní. Přesunem elektronů je uvolněno již zmíněné sekundární záření, jehož energie je pevně dána protonovým číslem Z atomu. Analýzou zpětně vyzářeného spektra sekundárního záření lze zjistit, které prvky jsou přítomny ve zkoumaném vzorku, a podle intenzity jednotlivých píků lze určit množství těchto prvků (Hložek 2008, 26; Shackley 2010, 17).

Nástrojem XRF analýzy je tedy spektrometr. Existují dva druhy. Prvním jsou takzvaně vlnově disperzní (wavelength XRF/ WXRf) spektrometry, jsou starším typem, který se ale používá dodnes díky své přesnosti a schopnosti měřit lehké prvky. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že měří vždy právě jeden prvek. Za předpokladu, že je potřeba získat informace o více prvcích je WXRf z hlediska časové náročnosti méně vhodná. Přestože v některých oborech se WXRf spektrometry používají dodnes, v mnoha (včetně archeologie) byly vytlačeny mladšími energiově disperzními (energy - dispersive XRF/ EDXRf) spektrometry, ty sice nedosahují preciznosti svých předchůdců, ale zvládají mnohaprvkovou analýzu, čímž je ušetřeno velké množství času (Shackley 2011, 37 - 39). EDXRf spektrometry lze dále dělit podle mobility, tedy na laboratorní (benchtop) a ruční přenosné (portable). Laboratorní spektrometry mohou v celku přesně měřit prvky od sodíku ($Z=11$) po uran ($Z=92$), sice ne s přesností neutronové aktivační analýzy (NAA), nicméně pro mnohé prvky, důležité pro archeologii, je jejich přesnost dostatečná (Glascock 2010, 162).

Přenosné spektrometry pracují s nižší energií, tento limit je dán faktem, že jsou napájeny přenosnou baterií. Proto je rozsah prvků, které je možno naměřit, nižší, než je tomu v případě laboratorních spektrometrů. V budoucnu onen rozsah jistě naroste, ale i tak bude těžké měřit prvky od antimonu výše, protože energie, potřebná k vyrazení elektronů, je příliš velká (Shackley 2010, 17). Třebaže pXRf spektrometry nemají potenciál měřit prvky s vysokými protonovými čísly a nejsou uzpůsobeny měření ve vakuu, pro analýzu prvků s nízkým protonovým číslem, může být jejich přesnost, za dodržení určitých kritérií, srovnatelná s laboratorními přístroji.

XRF mezi archeology nikdy nedosáhla velké oblíbenosti, ač se používá již několik desetiletí. Daleko populárnější je například metoda neutronové aktivační analýzy (NAA). Z části to bude nejspíš tím, že sensitivita některých prvků je v případě XRF nižší. Z tohoto důvodu je jasné, že laboratorní XRF analýza není tolik populární. Překvapením pak je, že pXRF spektrometry s menším rozsahem, si oblibu archeologů zjevně získaly. I v tomto případě je možné použít vzorky v podobě tablet, nicméně tento způsob se nezdá být rozšířeným. pXRF tedy může být jedinou metodou ke zjištění prvkového složení keramiky v případech, kdy použití destruktivních metod není možné (Speakman 2011, 3485).

S přesností souvisí i tolik vyzdvihovaná nedestruktivní povaha analýzy. Jak to ale s tímto aspektem skutečně je? Z rešeršní části této práce je patrné, že míra destruktivnosti úzce souvisí s přesností výchozích dat. Jednotliví vědci používají různé postupy při přípravě keramických vzorků, od jednoduchého očištění povrchu od nečistot, přes seškrábnutí vnější vrstvy a užití výbrusů, po tavení, či nadrcení keramického materiálu a následného slisování do malých tablet. Míra destrukce je tedy různá a odpovídá požadavkům archeologa, stejně tak jako postradatelnosti analyzované keramiky.

Jak již bylo zmíněno, přenosné spektrometry mají menší rozsah, než spektrometry laboratorní a jejich přesnost je limitovanější. Co se týče prvků, které je obtížné nebo takřka nemožné měřit, tak jde o následující.

Z takzvaných lehkých prvků ($Z= 11$ až 20) jde o sodík (Na), který je v keramice jistě obsažen ve velkém množství, nicméně energie sekundárního záření je příliš malá na to, aby dosáhla k detektoru. Toto záření je nejčastěji pohlceno keramickým matrixem, případně je rozptýleno. Dalším problematickým lehkým prvkem je fosfor (P). Fosfor se v celku často vyskytuje v archeologických studiích keramiky, bohužel je těžké ho měřit i v perfektních podmínkách laboratorními spektrometry zejména proto, že je v keramice obsažen v malém množství. Dále má ještě tu vlastnost, že jím vydané sekundární záření spektrometr nedokáže řádně odlišit od sekundárního záření vápníku (Ca). Proto, pokud už k detekci fosforu dojde, je třeba brát jeho hodnoty s opatrností. Ostatní lehké prvky se už měřit dají (Hunt – Speakman 2015, 1 – 4).

U středně těžkých prvků ($Z= 21$ až 30) jsou obtížně měřitelné hodnoty vanadu (V), chromu (Cr), kobaltu (Co) a niklu (Ni), tedy prvků, které se v keramice objevují jen v malé koncentraci. Největší překážkou přesného měření je, že jejich spektra se vzájemně překrývají a ruší (Hunt – Speakman 2015, 4 – 5).

Mnoho autorů také vyzdvihuje fakt, že důležitá z hlediska přesnosti je správně zvolená kalibrace, podle toho jaký materiál se chystáme analyzovat (jde především o různé kovy, keramiku, či obsidián). Velmi často jsou kritizovány tovární kalibrace, ač výrobci jejich použití k analýze archeologických materiálů doporučují. Někteří autoři dokonce zastávají názor, že archeolog by si měl pro svou analýzu vytvořit kalibraci sám (Hunt – Speakman 2015, 5; Speakman 2011, 3484).

Vědci znalí problematiky pXRF nevidí nedostatek jen v továrních kalibracích, ale především v uživatelích, těch je v dnešní době mnoho a to nejen mezi archeology, ale také mezi konzervátory nebo historiky umění, kteří často nemají dostatečné znalosti fyziky a chemie a tudíž si neuvědomují limity přístroje a celé analýzy. Je tedy rizikové, bez jistých znalostí, jen tak vybalit přístroj, vyrazit do terénu a začít měřit s představou, že výsledkem budou absolutně spolehlivá data. Nikdo nedokáže získat roky nebo desetiletí zkušeností s prvkovými analýzami lusknutím prstu, i když někteří výrobci tvrdí opak (Hunt – Speakman 2015, 5 – 6; Speakman 2010, 3484; Shackley 2010, 18).

6. Grafit a keramika s jeho příměsí

Grafit (z latinského graphein, čili psát) neboli tuha je nekovovým minerálem tmavě šedé až černé barvy, který je tvořen čistým uhlíkem. Jeho charakteristickými vlastnostmi jsou snadná roztíratelnost, mastnot, tepelná a elektrická vodivost a vysoká žáruvzdornost. V přírodě se grafit nejčastěji váže na jiné minerály (např. vápenec, břidlice) a zřídka se nachází v čisté podobě. V dnešní době se využívá na výrobu tužek, tyglíků, elektrod nebo mazadel a jeho vlastností se využívá i v jaderných reaktorech (Hlava 2006, 11 – 13). Člověk ale grafit používá již od pravěku, o čemž svědčí nálezy grafitových hrudek na archeologických lokalitách, nejčastěji sídlištích a to od konce paleolitu. Tehdy byl zřejmě používán jako barvivo. Prvním dokladem přidání grafitu do keramického těsta jsou nálezy kultury s lineární keramikou. Důvodem přidávání je menší propustnost vody a celkově větší pevnost keramického materiálu. V této době se také poprvé objevuje keramika s povrchem potřeným grafitem, tzv. tuhovaná (Hlava 2006, 19). Zlatým věkem využití grafitu se stala doba laténská, z které pochází hojné množství grafitové keramiky. Grafit, případně grafitová keramika se tehdy pravděpodobně stala obchodním artiklem, který překonával velké vzdálenosti. Další možností je, že předmětem obchodu mohlo být něco zcela jiného a tato keramika posloužila pouze jako přepravní prostředek. Tyto teorie se opírají o přírodovědecké analýzy surového grafitu z laténských lokalit. Dalším důkazem pak může být přítomnost grafitu a grafitových nádob i na sídlištích, která ve své blízkosti nemají doložený zdroj této suroviny (Hlava 2006, 28, 66 – 67).

Jak již bylo řečeno, v době laténské dosáhla grafitová keramika největšího rozšíření, minimálně co se týče středoevropského pravěku. V tomto ohledu je pak zřejmě nejdůležitější etapou pozdní latén, někdy též oppidální latén (zhruba 150 až 40/30 př.n.l.). Oppida, rozsáhlé opevněné městské aglomerace, byla důležitými centry dálkového obchodu a místem specializované výroby, tedy i hrnčířské. Důkazem mohou být nálezy většího množství surového grafitu, jako je tomu například na Třísově, případně koncentrace nádob, které mají na dně určitou značku výrobce (Hlava 2006, 71-72; Horáková-Jansová 1955, 173 – 174.). Jako taková byla oppida jistě důležitým prvkem distribuce grafitu a keramiky v tehdejší Evropě. Specializované dílny pak nejspíše byly příčinou vymizení některých tvarů, na které byl střední latén bohatší a které zřejmě pocházely z menších dílen výrobně orientovaných na své blízké okolí. Stejně pravidlo platí i o výzdobě. Pozorovatelnými atributy patří jihočeská keramika do

tzv. západní oblasti (Čechy, Bavorsko, západní Německo, Solnohradsko), pro kterou je typická grafitová keramika se značkou muří nohy na dně. Keramiku lze dělit na hrubou a jemnou. Hrubou keramiku lze označit za účelovou a právě do té byl především přidáván grafit, kvůli svým technickým vlastnostem. V některých případech je také u této keramiky možné pozorovat druhotné opravy. Zřejmě nejčastějším typy jsou nádoby hrncovitých tvarů s plastickou lištou a povrchem zdrsněným svislým hřebenováním, můžou se ale objevit i bez dekoru, zásobnice se stejnou výzdobou a misky se zataženým okrajem, většinou bez výzdoby. Na některých lokalitách pak byly objeveny i grafitové cedníky a tyglíky. Zajímavé je, že tyto nádoby mají prakticky vždy příměs grafitu a mezi negrafitovou keramikou se příliš nevyskytují. Jemnou keramiku představují nádoby s měkčí profilací a bez plastických lišt, které mohou být i svisle hřebenované. Objevují se tvary soudkovité s dekorem vlasového hřebenování, či tvary lahvovité, vázovité, vejčité nebo pohárovité. Jemná keramika není tak bohatá na příměs grafitu, nicméně grafitové nádoby se u této kategorie objevit mohou. Jak bylo zmíněno, v této době a především pak v jižních Čechách přichází boom přidávání grafitu do keramického těsta. Zřejmě nejtypičtější lokalitou je třísovské oppidum, kde grafitová keramika naprosto dominuje, jak v množství, tak v míře grafitu přidávaného do těsta (ta ale není homogenní a kolísá). To je zřejmě zapříčiněno blízkostí grafitových zdrojů Českokrumlovska a tím pádem i mizivou potřebou touto surovinou šetřit v případě lokální produkce. Nižší obsah grafitu by pak mohl ukazovat na importy (Horáková-Jansová 1955, 134 – 185; Břeň 1966, 92 – 97).

7. Studie a projekty využívající XRF a další přírodovědné metody ke stanovení chemického složení keramiky

Inspirací chemických analýz grafitu a keramiky jižních Čech se zřejmě staly analýzy těchto materiálů, pocházejících z bavorského oppida Manching, které jsou považovány za stěžejní pro celou střední Evropu. Výsledky manchingských analýz potvrdily dělení laténské keramiky na skupinu západní a východní, která byla dále rozdělena až do čtyř podskupin (Hlava 2006). Zjištěno také bylo, že keramika, jejíž původ je kladen právě do Manchingu je značně jemnější než jihočeská. Příčinou tohoto jevu by mohlo být malé množství nalezišť jílu v tehdejších jižních Čechách, který byl proto nahrazován grafitem, kterého zde byl dostatek. Tím je i zodpovězeno, proč hrubá keramika početně dominuje (Procházka – Petáková – Thomová – Laufek 2011, 308 - 309). Otázkou je, do jaké míry a jestli vůbec můžou chemické analýzy určit provenienci grafitu, jelikož se jednotlivá ložiska nemusí prvkovým složením nijak markantně lišit i když je mohou dělit velké vzdálenosti. Problematické může být i proměna těchto ložisek související s časem (Hlava 2006, 113 – 115).

V roce 2008 vznikla studie zabývající se vznikem a změnami grafitových ložisek v jižních Čechách a původem obsaženého uhlíku. Její součástí byla analýza celkem deseti mineralogických vzorků zapůjčených z Jihočeského muzea, protože čerstvý grafit je dnes už obtížné získat z důvodu uzavření ložisek. Vzorky pocházely z Koloděj nad Lužnicí, Horní Plané, Vidova, Mokré, Černé v Pošumaví, Českého Krumlova, Chvalovic, Nebahov, Leiserbergu a Černovic. Požitou metodou byla XRF a výsledky pak byly přepočteny na odhadnutou 80% koncentraci obsaženého uhlíku a dalších lehkých prvků (která ve skutečnosti byla spíše nižší). Ve výsledcích vykazoval nejvyšší hodnoty křemík, jehož průměrné zastoupení ve vzorcích bylo 8,4%, více jak 10% vykazovaly vzorky z Koloděj a Černovic, kde surovinu tvoří grafitická rula až kvarcit. Českokrumlovský vzorek pak vykazoval hodnotu 5,88% Si. Hliník byl průměrně obsažen ze 3,9%. S průměrnou hodnotou 1,3% byl detekován křemík a s průměrem 0,11% sodík. Tyto tři prvky indikují přítomnost živců a slíd. Zajímavé jsou také výsledky vápníku, jehož průměr byl 2,3% a převyšovaly jej jen vzorky z Horní Plané (15,26%) a Českého Krumlova (7%). Dle výsledků analýzy sehrál důležitou roli při tvoření ložisek na jihu Čech hydrotermální proces (Petáková – Rajlich – Stejskal 2008, 27 – 31).

O tři roky později pak vyšla studie, která se už nezabývala chemickým složením

samotného grafitu, nýbrž výzkumem chemického a mineralogického složení surovin používaných při výrobě grafitové keramiky skrze různé analytické metody (např. XRF, rentgenová difrakce, mikroskopie atd.). Výzkum se neomezoval na keramiku z jediného časového úseku a byla použita keramika jak z pravěkých období, tak z historických. Vzorky byly získány z Jihočeského muzea v Českých Budějovicích a připraveny do podoby výbrusů. Pro dobu laténskou byly vybrány čtyři střepy z Novosedel a stejné množství z Třísova. Laténská keramika přinesla následující výsledky: grafit je obsažen jak v ostřivu, tak pojivu. Ostřivo je zastoupeno silicity bohatými na hliník (např. slída, úlomky pararul atd.), které jsou zastoupeny hojně, a dále úlomky křemene a také zrnky grafitu. Rentgenová difrakce pak odhalila přítomnost živce a často i granátu. Z chemických analýz vyplývá, že obsah uhlíku je dosti variabilní a jeho průměrná hodnota činí v Novosedlech 15,2% a na Třísově 22,2%. Kompozice keramického materiálu je příliš pestrá, proto je možné, že není z jediné horniny. Surovina tedy byla pravděpodobně získávána ze zvětralin pararul a svorů bohatých na grafit (Procházka – Petáková – Thomová – Laufek 2011, 299 – 315).

Zajímavým českým projektem je „Interdisciplinární výzkum archeologických artefaktů pomocí moderních technologií“, na němž se podílí Katedra archeologie a Výzkumné centrum – Nové technologie na Západočeské univerzitě v Plzni. V rámci tohoto projektu byla zkoumána keramika z Českých Budějovic. Pro XRF a rentgenovou difrakční analýzu byla vybrána nezdobená grafitová keramika. Ta byla rozdělena do deseti tříd např. podle struktury keramické hmoty, druhu výpalu atd. Tyto třídy měly sloužit k získání představy o složení keramické hmoty a její variabilitě. Vzorky byly připraveny do podoby výbrusů a analyzovány vlnově disperzním (WXRF) spektrometrem s rozsahem od beryllia ($Z=4$) po uran ($Z=92$). Všechny vzorky obsahovaly hojné množství křemíku, hliníku a uhlíku, jejichž hodnoty jsou i dosti variabilní. Dalším výraznějším prvkem je železo a v menších koncentracích se pak objevuje vápník, hořčík a draslík. Hodnoty nepřesahující 1% reprezentuje fosfor, titan, chrom a sodík. Některé vzorky ještě vykazují stopová množství síry, manganu a barya. Pomocí programu MINLITH byla chemická data přepočtena na normativní minerály. Na tomto základě pak bylo zjištěno, které materiály mohly být využity jako pojivo, či ostřivo. Zdroje těchto materiálů se nacházejí v okolí Českých Budějovic, případně v blízkých oblastech. Samotný grafit prý mohl také pocházet z okolí Budějovic, například z Adamova nebo Dobré Vody. Stejně tak ale nelze vyloučit původ grafitu v českokrumlovských ložiscích, kde je jeho těžba historicky doložena. V závěru je

upozorněno, že k preciznějším závěrům by bylo třeba provést analýzu na více než deseti vzorcích a také by bylo vhodné zanalyzovat samotné výrobní suroviny a konečně porovnat výsledky s jinými lokalitami (Čapek – Čekalová – Říha 2013, 525 – 542).

V následujících odstavcích budou představeny zahraniční projekty, které byly publikovány v průběhu posledních šesti let.

V roce 2010 byla zveřejněna studie z italského prostředí, cílicí na demonstraci účinnosti nedestruktivních analytických metod, používaných přímo na archeologických lokalitách a jejich potenciál ke studiu keramiky za účelem lepšího porozumění minulosti a dávným kulturám z hlediska výrobních aktivit, obchodu a logistické důležitosti archeologických lokalit. K analýze bylo vybráno po osmi vzorcích ze dvou lokalit Neapole. První je Miseno, původně římský vojenský přístav, později, v době neapolského vévodství (661 – 1137), se stal obchodním přístavem a fungoval do poloviny 9. století. Tato lokalita je bohatá na keramický materiál a byly zde objeveny i relikty dvou hrnčířských pecí (nejsou současné). Mezi zdejší vzorky patří amfory, které zde byly vyráběny do 8. století a které sloužily k přepravě obchodních komodit. A dále běžná keramika, malovaná i nemalovaná. Druhou Lokalitou je Cuma, původně řecká kolonie. I zde je předpokládána výroba keramiky, nicméně pozůstatky pecí objeveny nebyly. I odsud byly vybrány vzorky reprezentující přepravní amfory a běžnější keramiku. Materiál z obou lokalit obsahuje minerály vzniklé vulkanickou činností, což odpovídá oblasti Flegrejských polí. Chronologicky nejstarší jsou právě amfory, 6. až 8. století. Zbytek nádob pak spadá do 7. až 13. století. Vybrané keramice byl seškrábnut povrch, aby nebyly měřeny i kontaminace související s archeologizací. Měření probíhalo na třech různých místech vnějších stran po 400 s. Použit byl přenosný XRF spektrometr. Výsledky měření tří míst byly zprůměrovány. Z hlavních prvků se podařilo naměřit hodnoty draslíku, vápníku, titanu, manganu a železa. Hliník a křemík detekován nebyl, tato skutečnost je dána limitem použitého spektrometru, u kterého spektra těchto prvků nedosáhnou detektoru a jsou pohlceny vzduchem. Ze stopových prvků byl ve všech případech detekován zinek, rubidium, stroncium a zirkonium. U poloviny vzorků bylo naměřeno olovo, ve dvou případech měď a v jednom niob. Ke srovnání výsledků obou lokalit je třeba říct, že keramika z Cuma má vyšší podíl draslíku, železa a vápníku, nicméně v poměru železo ku vápníku se oboje skupiny jeví dosti podobné. Stopové prvky mají také vyšší koncentrace v Cuma. Jako rozlišujícím faktorem se jeví olovo, které bylo detekováno jen u vzorků z Cuma. Ačkoli na lokalitě Minseno není doložen zdroj hrnčířské hlíny a vzorky pocházejí z časově rozsáhlého pásma, tak na základě

výsledků XRF můžeme říci, že zdejší keramika byla vyráběna po staletí z prakticky stejného materiálu. Výsledky z Cuma jsou mnohem variabilnější a zdejší keramika se jeví jako importovaná, nebo pokud byla lokální produkce, vyráběná z různých druhů hlíny. Připomeňme ještě fakt, že zde nejsou doloženy hrnčířské pece. Tyto závěry jsou v souladu s tvrzeními dalších vědců zabývajících se danou problematikou (Terenzi et al. 2010, 1403 – 1412).

Cílem další studie bylo ověřit přesnost přenosných XRF spektrometrů při analýze keramiky v porovnání s destruktivní neutronovou analýzou (NAA). Mimo samotné analýzy se tato studie v úvodu zabývá historií používání pXRF a XRF obecně, a objasňuje, na jakém principu XRF pracuje. Také seznamuje s negativy spojenými s rychlým nárůstem uživatelů v posledních letech a porovnává přesnost i rozsah laboratorních a přenosných přístrojů a upozorňuje na jejich limity i přednosti.

K analýze bylo vybráno 75 vzorků z lokalit Mimbres a Jornada. Vzorky byly rozděleny do 8 skupin, na základě chemického složení, jež bylo zjištěno předešlou NAA. Většina vybrané keramiky byla klasifikována jako Mimbres black on white style III, spadající do časového rozmezí 1000 až 1150 n. l. Přestože jednotlivé skupiny obsahovaly poměrně velké množství keramiky, nepodařilo se je jednoznačně přiřadit k určitým lokalitám nebo alespoň skupině lokalit. Jako důvod autoři uvádějí, že zdejší keramika byla předmětem intenzivního obchodu, tudíž se ve velkém množství pohybovala krajem. A také odhadují, že jen přibližně 20 – 30% keramiky nalezené na jedné lokalitě může být místní produkce. Dalším důvodem byla malá znalost prvkového složení místních půd, tím pádem bylo možné přiřadit méně než 5 skupin k určité půdě. Primárním cílem se tedy stalo ověření potenciálu pXRF generovat takové skupiny. Vzorky byly cca 1-2cm velké a jejich povrch byl zbroušen, čímž došlo k odstranění nečistot a barev. Poté byly umyty a osušeny a následně měřeny dvakrát po 200 vteřin. Naměřeny byly hodnoty Al, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Th, Rb, Sr, Zr, Y a Nb. Výsledky byly porovnány s NAA, čímž byla zjištěna jistá míra korelace. Ta byla ale u některých prvků silnější (železo, stroncium, rubidium) a některých (např. zirkonium) slabší. Závěrem je řečeno, že pXRF při analýze keramiky sice vykazuje nedostatky a přesností se nemůže rovnat NAA, nicméně výsledky jsou akceptovatelné a pXRF může být vhodnou metodou k rozlišení větších regionů (Speakman et al. 2011, 3483 – 3496).

V roce 2011 se tedy američtí archeologové publikovali studii věnující se provenienci keramiky, v podobě nádob. Tentýž rok byly publikovány i závěry izraelsko-německého týmu vědců, kteří podrobili analýze hliněné destičky, které dávným

civilizacím sloužily k zachycení textů. Zmíněné civilizace Blízkého východu během tří tisíciletí vyprodukovaly ohromné množství textů. Vzestup Egypta, říše Chetitů, Mitanni, Babylonie a Asýrie během druhého tisíciletí znamenal, že se tyto státy staly mocnostmi své doby. Zpočátku bylo jejich soužití obtížné a často docházelo k válkám, skrze smlouvy se ale situace uklidnila a v druhé polovině druhého tisíciletí mezi nimi již existovala nevídaně rozsáhlá obchodní síť. Společně s obchodem se rozvíjela mezinárodní korespondence, šířily se eposy, příběhy a texty učenců. Takové texty jsou studovány už více jak jedno století a přinesly množství informací, ale interpretace mnoha textů je sporná, protože není znám jejich původ. Tento problém by mohly vyřešit studie zaměřené na původ hlíny, na které jsou texty zaznamenány. V rámci studie bylo vybráno celkem 58 hliněných destiček, 29 z Chattušaš a 29 z Amarna. Většina z nich již prošla neutronovou aktivační analýzou (NAA). Měření bylo provedeno na třech pečlivě vybraných místech každého vzorku, která se jevila jako nejhladší a trvalo 180 s. Výsledky z každého kusu byly zprůměrovány. K dalším účelům bylo vybráno 12 prvků (Al, K, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Rb, Sr, Nb, Zr). Při výběru prvků hrála rolu míra jejich variability (vzorky vykazující vysokou byly vynechány), nebo jejich možná souvislost s post depozičními procesy. Hodnoty dvanácti prvků pak byly vloženy do softwarového programu Bonn (The Bonn Archaeological Software Package), který zkoumané vzorky rozdělil do skupin.

Za účelem potvrzení validity následovalo ještě jedno statistické zpracování v jiném programu (SAS-JMP 8.0.2). Průměrné hodnoty 14 prvků (Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Rb, Sr, Nb, Zr) byly podrobeny analýze klastrové, diskriminační, faktorové a analýze hlavních komponent (PCA), která se ukázala jako nejužitečnější. Na konec byly vytvořeny bodové diagramy, které zobrazovaly vzájemnou korelaci dvou prvků. Takto spárován byl každý prvek s každým. Zjištěné skupiny jsou shodné se skupinami, zjištěnými dřívější NAA. Nejlépe rozeznatelnými skupinami jsou Alašiya, Babylonie, Egypt, Chattušaš, Mitanni, a Ugarit. Jako důležité prvky se při jejich dělení ukázaly železo, draslík, rubidium, titan a zirkonium. V závěru je potvrzeno, že analýzy přenosným XRF spektrometrem jsou vhodným prostředkem pro nedestruktivní výzkum provenience hliněných destiček a jiné keramiky. Z výsledných dat lze utvořit viditelné skupiny. Nicméně nemůže nahradit NAA, jakožto nejspolehlivější prvkovou analýzu (Goren – Mommsen – Klinger 2011, 684 – 696).

Následující rok byly zveřejněny výsledky dalších projektů. Jeden z projektů se zaměřil na hrnčířskou produkci a distribuci keramiky na Kypru v době bronzové,

k analýze vzorků byla použita pXRF. Nejstarší kyperská keramika pochází z konce třetího tisíciletí před Kristem, z doby kdy se na ostrov dostali první lidé. Zpočátku se na celém ostrově vyráběla keramika stejných tvarů, z podobných materiálů. Kolem roku 2200 se stávající systém hroutí, zřejmě kvůli snížení poptávky po mědi, jež souviselo s kolapsem zámořských ekonomických systémů. Tím končí i jednotnost keramiky, a začíná její regionální diferenciaci. Za cíl si autoři nekladli lokalizovat zdroje a výrobní centra, ale odlišit keramiku lokální a importovanou. K čemuž byly použity vzorky ze čtyř lokalit. První je Ambelikou-Aletri, hornické sídliště, kde se asi 70 let těžila měď a je zde doložena hrnčířská výroba. Druhým je Marki – Alonia, zemědělské sídliště v centru ostrova, jehož existence trvala asi 500 let. Další dvě lokality jsou pohřebiště, prvním je Bellapais – Vounous na severním pobřeží, které se stalo klíčovou lokalitou poznání časně a střední doby bronzové na ostrově. Druhé je na opačném pobřeží a jmenuje se Psematismenos-Treloukkas. Samotná keramika byla rozdělena do tří kategorií. První kategorii zastupuje červená leštěná keramika (cca 340 kusů), typická v daném období pro většinu ostrova. V druhé kategorii se objevuje leštěná keramika oranžovo - hnědé barvy (cca 30 kusů), která nevykazuje tak hojné zastoupení, ale vyskytuje se na celém Kypru, nejvíce pak v západní části. Poslední kategorií jsou nástroje (cca 10 kusů), patří sem přesleny, cihly atd. V publikaci chybí informace o přípravě vzorků a vzhledem k tomu, že byly analyzovány i celé nádoby, lze předpokládat, že nedošlo k žádným povrchovým úpravám a tudíž je tato analýza skutečně nedestruktivní. Během měření byl každý vzorek ozařován 180 sekund a zjištěno bylo celkem 36 prvků (Sn, Cd, Pd, Mo, Ag, Nb, Zr, Sr, Rb, Bi, As, Se, W, Pb, Sb, Rb, Re, Ta, Hf, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Ca, Cl, K, S, P, Si, Al a Mg). Nicméně z následujících analýz byly vynechány prvky vykazující nízkou koncentraci, dále hliník a vápník pro vysokou variabilitu a ve finále ještě draslík, síra, fosfor a chlor, jejichž přítomnost může souviset až s post depozičními procesy. Analýza hlavních komponent (PCA) odhalila, že červená keramika se liší stopovými prvky, na jejichž základě se podařilo vyčlenit jednotlivé skupiny. Lze tedy odhadnout, že tento druh keramiky byl vyráběn přímo na lokalitách, nebo v jejich bezprostředním okolí. Oranžovo hnědá keramika z Ambelikou a Marki v obou případech obsahuje větší množství zirkonia, niobu a rubidia, než červená keramika. Tento výsledek může naznačovat existenci nějakého specifického výrobního centra, zdá se totiž, že výrobní materiál byl dosti stejnorodý a i tvary jsou si podobné. Závěrem lze říci, že XRF analýza přinesla hodnotná data a pomohla odhalit aspekty výroby keramiky a její

distribuce na Kypru v časně a střední době bronzové, kdy většina nádob byla používána v místě své výroby, ale existovaly v menším množství i nádoby, které byly distribuovány z místa výroby (Frankel – Webb 2012, 1380 – 1387).

Další projekt se pak zabýval pXRF analýzou keramiky ze severovýchodní Brazílie z období před kolonizací. O Brazílii před příchodem Evropanů prakticky neexistují žádné písemné zprávy. O to více jsou cenné výzkumy hmotné kultury, které se staly hlavním prostředkem porozumění minulosti této země před kolonizací. A právě metoda XRF je v dnešní době jednou z nejdůležitějších při výzkumech brazilské keramiky. V rámci této studie byl analyzován materiál z lokality Sambaqui, která se nachází ve státě Maranhão. Původní lovecko – sběračská populace obývala toto území již před 6600 lety a žila zde až do roku 900 n. l. Z lokality bylo vybráno 68 vzorků, u kterých byla třikrát analyzována jak vnější, tak vnitřní strana po dobu 500 s. Pro další analýzu byly z výsledných dat zváženy pouze prvky, jež vykazovaly hodnoty třikrát vyšší, než je standardní odchylka. Z výsledků je pozorovatelné, že průměrná koncentrace železa je 1%, vápníku 5%, stroncia, zirkonia, manganu, titanu a zinku se pohybuje od 2,5 do 10%, konečně nejvyšší koncentraci vykazuje draslík, brom, rubidium, yttrium a olovo v rozmezí 20 až 25%. Prvky, které pak byly detekovány v každém fragmentu, jsou vápník, titan, mangan, železo a zirkonium. Srovnání výsledků vnějších a vnitřních stran odhalilo, že železo, stroncium, mangan, titan a zinek má ve 48 vzorcích vyšší podíl na vnější straně vzorků. Toto zjištění může naznačovat používání engoby. Analýza tedy přinesla informace o základních prvcích, obsažených ve výrobním materiálu. Dále se podařilo odhalit speciální zacházení s povrchem některých nádob během výrobního procesu, zřejmě nanesením engoby. Skrze porovnání hodnot vápníku se zinkem a stroncia se zirkoniem a dále pak ještě použitím klastrové analýzy, bylo identifikováno pět různých skupin, což by mohlo znamenat, že pro výrobu zkoumaných vzorků byla použita hlína z pěti různých zdrojů (Ikeoka et al. 2012, 12 – 15).

O dva roky mladší projekt ze syrského prostředí kombinuje pro studium keramiky XRF analýzu a termoluminiscenční datování. Hlavní přednost chemických analýz v archeologii vidí autoři v možnosti potvrzovat informace zaznamenané v historických dokumentech, především o obchodních trasách. Dále je zde možnost nalézt spojitost mezi obyvatelstvy, pocházejících z různých míst a možná i pomoci s chronologií událostí. Zajímavou informací pak je, že před několika lety byla zřízena databáze syrské keramiky, na které byly provedeny chemické analýzy. Během vlastního výzkumu analýzou prošlo 51 keramických vzorků z lokality Tel Jamous v regionu Sahel

Akkar, chronologicky řazených do let 2150 – 1600 př.n.l. a dále ještě 3 kontrolní vzorky z Mar – Takla, nedaleko Damašku. V přípravném procesu na XRF analýzu byla keramika nejprve zbavena povrchu a následně roztlučena achátovým hmoždířem na prach. Následovalo jednodenní sušení v teplotě 105 °C. Ve finále byl prach, za pomoci hydraulického lisu, stlačen do podoby tablet. Tento proces měl zaručit homogenitu zkoumaného materiálu a zvýšit tak přesnost analýzy. A zde je vidět, že tato metoda není vždy nedestruktivní, ale je nutno připomenout, že zde se autoři nechystali měřit přenosným spektrometrem, nýbrž laboratorním. Z výsledných dat bylo vybráno 12 prvků (Ca, Fe, K, Mn, Nb, Pb, Rb, Sr, Ti, Y, Zn, Zr), které byly dále vyhodnoceny dvěma statistickými metodami, faktorovou a shlukovou (clusterovou) analýzou. Shluková analýza odhalila dvě skupiny dat. První skupinu tvořily kontrolní vzorky z lokality Mar – Takla, druhou skupinu pak vzorky z Tel Jamous a pouze tři vzorky nezapadaly ani do jedné skupiny. Faktorová analýza pak už jen potvrdila výsledky shlukové. XRF ve spojení se statistickými analýzami se ukázala jako nápomocná při studiu syrské keramiky (Bakraj – Abboud – Issa 2014, 1 – 6).

Následující studie přináší informace o dalším možném využití XRF analýzy při výzkumu keramiky. V tomto případě totiž není cílem zjistit prvky obsažené v keramice samotné, nýbrž v malovaném dekoru. Zdá se, že archeologické posouzení argentinské keramiky z dob vlády Inků, je v rozporu s historickými prameny, z kterých je jasné, že Inkové důkladně kontrolovali výrobní enklávy, kvalitu produktu a jeho distribuci. Mnoho odborníků upozorňovalo na to, že incká polychromní keramika se stylově liší a liší se i výrobní technika jednotlivých provincií. Tyto skutečnosti dokládají pravděpodobnou důvěru v lokální produkce a prostorové omezení jejich šíření. Někdy počátkem 15. století dobyli Inkové území severozápadní Argentiny, tím pádem se místní správa změnila na imperiální. Noví vládcí zde začali budovat centra provincií, obchodní stanice a místní komunity rozdělili do okrsků.

Pro tuto studii byly vybrány čtyři keramické střepy ze dvou lokalit nacházejících se v tomto prostředí. Angastaco, velkého multifunkčního sídliště, a Tolombon, hrazeného zemědělského sídliště. Oboje spojené silničním systémem. Vybrané vzorky se lišily výzdobou, první byl zdoben černou malbou na červené, druhý černou na bílé, třetí černou a bílou malbou na šedohnědém podkladu a čtvrtý červenými vzory na bílé malbě. Prvkové analýzy měly napomoci lepšímu porozumění jak keramice samotné a jejím změnám v čase, tak i výrobním procesům. A v budoucnu porovnat výsledky s dalšími lokalitami. XRF analýza byla provedena in-situ v héliové atmosféře v různých

místech střepů a každé měření trvalo 200 s. V případě prvního vzorku XRF analýza detekovala velké množství manganu a železa v černé malbě, a chloru v černé i červené. U druhého vzorku byla bílá místa bohatá na vápník a chlor, dále byl obsažen hliník, křemík, fosfor, síra, draslík, titan, mangan a železo. Všechny tyto prvky, s výjimkou fosforu obsahovala i keramická hmota. Naopak černá místa vykazovala vyšší hodnoty manganu a železa, jako v případě prvního vzorku. Výsledky třetího vzorku jsou prakticky shodné s druhým, výjimkou je fosfor, který zde v barvách detekován nebyl. Bílá barva čtvrtého vzorku obsahovala hliník, křemík, fosfor, síru, chlor, draslík, vápník, titan, mangan a železo. Všechny tyto prvky byly obsaženy i v keramice samotné. Nicméně hodnoty chloru, titanu a železa byly vyšší v keramice a vápník se sírou byly více koncentrované v bílé. Pro červenou výzdobu se pak majoritním prvkem jeví železo (Centeno – Williams – Little – Speakman 2012, 119 – 124).

Samozřejmě zde nejsou uvedeny všechny projekty posledních let. Je ale zřejmé, že metoda XRF, ostatně jako další metody s potenciálem zjišťovat chemické složení keramiky (a dalších archeologických materiálů), do archeologie rychle proniká a uplatňuje se takřka po celém světě. Zřejmě nejrozšířenější je tato metoda mezi vědci v Americe, kde dospěla do bodu, kdy ti nejzkušenější již upozorňují na to, že metoda není bezproblémová. Není možné myslet si, že stačí pořídit spektrometr, začít měřit a získat zcela relevantní data. Chybami se ale člověk učí, je to přirozený vývoj. V České Republice zatím metoda není příliš rozšířená, ale i zde se dá předpokládat nárůst jejího využití. Otázkou zůstává, v jaké míře bude použitelná i v menších regionech našeho území. Uvedené příklady také osvětlují, jak je to s nedestruktivní povahou analýzy a že s tím spojená příprava vzorků se často liší. Samozřejmě vždy záleží na možnostech a nárocích archeologa.

8. Vlastní výzkum

8.1. Výběr vzorků a lokalit

Během vlastního výzkumu byla analyzována keramika dohromady z jedenácti lokalit jihočeského kraje. Jde o následující: Třisov, Rataje, České Budějovice (Glóbus), Novosedly u Kájova, Přešovice, Malý Čenkov, Bechyně, Bechyňská Smoleč, Žďár, Katovice, Strakonice a Skály. Bohužel, zastoupení vzorků z jednotlivých lokalit je dosti nerovnoměrné, z čehož plyne, že statistickou významnost tohoto výzkumu je třeba brát s rezervou. Například Třisov je z daleka nejpočetněji zastoupenou lokalitou, analyzováno bylo 140 vzorků. Druhou nejpočetnější lokalitou jsou Skály o 45 vzorcích. Naopak nejméně zastoupené jsou Bechyně, Bechyňská Smoleč a Žďár, všechny po jednom vzorku. V případě Ratají, Strakonic, Přešovic a Novosedel u Kájova se počet vzorků pohybuje kolem deseti na lokalitu.

Nejjihněji položeným oppidem na našem území je Třisov. Leží na severovýchodním okraji obce Holubov (okr. Český Krumlov) na ostrožně pnoucí se nad soutokem Vltavy a Křemžského potoka. Co se nálezů týče, zdejší oppidum je nevídaně bohaté na nálezy grafitové keramiky (údajně 70 – 80%). Právě blízkost zdrojů grafitu a také železa, pravděpodobně hrála svou roli při zakládání oppida. V porovnání s ostatními oppidy je zřejmě o něco starší, protože nejstarší fáze osídlení je datována do období před rokem 150 př. n. l., doba trvání je odhadována na 100 – 120 let. Zánik, stejně jako založení oppida, je také nejasný a zřejmě byl spojen s procesem postupného opouštění keltským obyvatelstvem. Nález jediného střepu germánské keramiky, pak může být indicií vlivu nově příchozího obyvatelstva. Archeologické výzkumy zde probíhaly už od období před 2. světovou válkou, ale celá plocha této aglomerace nebyla dosud prozkoumána (Břeň 1966, 12 – 16; Waldhauser 2001, 492 – 493). Další lokalita nacházející se na Českokrumlovsku leží asi půl kilometru severovýchodně od Novosedel u Kájova. Jde o sídliště datované do prvního století před letopočtem a je zde přepokládána současnost s Třisovem. Objevena zde byla hrncířská pec a častým nálezem je grafitová keramika, v jisté míře pak také surový grafit (Waldhauser 2001, 363). V Českých Budějovicích (katastr České Vrbné), bylo během předstihového výzkumu, před výstavbou nákupního centra Glóbus, prozkoumáno skoro třicet objektů, naznačujících existenci sídliště. Dle nálezů (především keramiky) bylo sídliště datováno do pozdního laténu s možností plynulého přechodu do časně římské (Zavřel, P.

2002, BZO 02). Další lokalitou je, díky povrchovým sběrům známé, sídliště nacházející se východně od obce Dolní Poříčí, za Březovým potokem (někdy též označované jako Katovice III). Na základě nálezů, především keramiky, bylo toto sídliště datováno do období 4. – 3. století př. n. l. (Michálek 1998, 245). Lokalita Strakonice VI leží asi 1,5 kilometru východně od města. Byla zde objevena a zkoumána polozemnice z 2. poloviny 2. století před letopočtem. Objekt byl bohatý na nálezy, kromě keramiky se zde vyskytovaly i artefakty ze železa, či bronzu. V blízkosti byl také nalezen zlomek skleněného náramku (Michálek 1990, 7 – 50). V okolí Přešťovic se nacházejí dvě polohy, na kterých se potenciálně mohla v době laténské nacházet sídliště. První je poloha Na Štěbuzích, kde je pak osídlení doloženo výrazněji až v době římské, ale odkud pochází i keramika z 3. – 1. století před letopočtem (Waldhauser 2001, 422). Druhé poloze se říká Na Bejkovci a zde povrchové sběry odhalily artefakty chronologicky odpovídající celému období doby laténské (BZO 09). Povrchové sběry v okolí obce Žďár na Písecku přinesly nálezy artefaktů spadajících do období 3. – 1. století před letopočtem. Zdá se, největší koncentrace nálezů je na pravém břehu říčky Blanice v blízkosti samoty U Apoleňáka, dokonce zde byly nalezeny i sídlištní zbytky (Waldhauser 2001, s. 540). Informace o použité keramice ze Skal nebyly zatím publikovány, jedná se totiž o nedávný výzkum. Nicméně v okolí této obce se nacházejí mohyly z časného latěnu, dále také sídliště datované do 2. – 1. století př. n. l. a další osamocené nálezy z 3. – 1. století (Waldhauser 2001, 447). V Bechyni na ostrožně dnešního zámku je doložena existence sídliště, bez dokladu opevnění, v 6. – 5. a 2. – 1. století před letopočtem. Další výzkumy v historickém jádru města naznačují možnost existence předhradí v 2. – 1. století (Waldhauser 2001, 145 – 146). Dostí problematické bylo charakterizovat lokalitu Bechyňská Smoleč, v jejímž okolí byla, hlavně prostřednictvím povrchových sběrů, nalezena keramika, která byla identifikována, jako blíže neurčená pravěká. Dále byly nalezeny zlomky z mladší doby bronzové, přechodového stupně doby laténské a římské, a konečně z raného středověku. Především informace pocházejí z Archeologické databáze Čech. Soubor, který byl použit k analýze, byl dle popisku na sáčku ale datován do časného latěnu. Malý Čenkov je část obce Čenkov u Bechyně a právě západně odsud se nachází polykulturní lokalita, na které probíhaly v letech 2006 a 2007 opakované povrchové sběry. Část keramiky byla časově zařazena do pozdní doby laténské (Beneš, J. 2007, BZO 07). Ratajské sídliště leželo méně než kilometr daleko od dnešní obce v blízkosti říčky Smutné. Toto multikulturní sídliště bylo objeveno roku 2007 a od té doby zde probíhaly povrchové

sběry i sondážní výzkumy. Nejstarší nálezy lze datovat až do období mezolitu. Početné jsou především nálezy ze střední doby bronzové, pozdní doby laténské a přechodové fáze mezi dobou laténskou a římskou. Proto bylo cílem jednoho z výzkumů přispět k poznání o kontaktu Keltů a Germánů (BZO 06, 07, 11).

8.2. Analýza

8.2.1. Proces měření

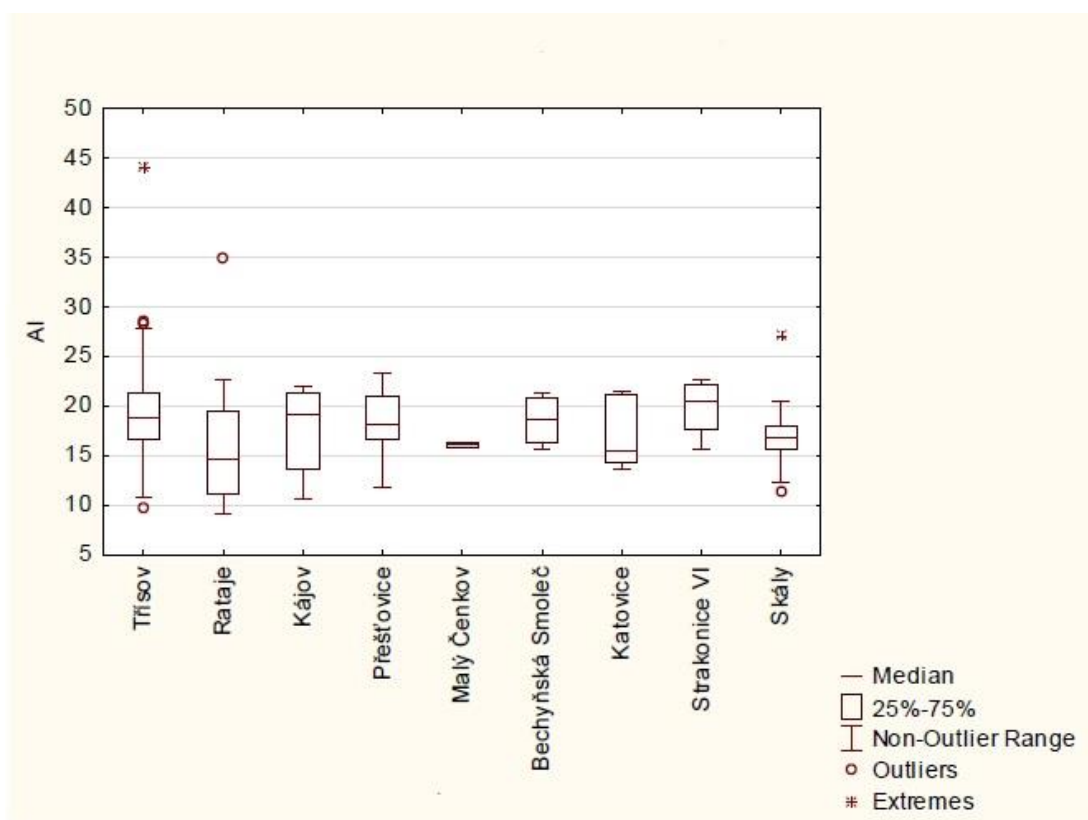
Měření bylo provedeno ručním spektrometrem Niton XL2 GOLDD se Silicon Drift Detektorem, který umožňuje rychlé a přesné měření lehkých prvků, a nízko-výkonovou rentgenovou lampou (45 kV/2W) se stříbrnou anodou. Standardní analytický rozsah přístroje je až do 30 prvků a dle způsobu aplikace s ním lze měřit prvky od hořčíku po uran. Ozařovány byly vždy vnější strany vzorků po dobu 60 sekund a byla vybírána ta nejvhodnější místa, tzn. jevící se maximálně plochá a minimálně kontaminovaná. Vzorky neprošly žádnou složitou, či destruktivní přípravou, byly jednoduše omyty vodou a následně samovolně osušeny. To, že nebyly použity výbrusy, seškrabávání povrchu, případně rozdrčení keramiky na prach a následné stlačení do tablet, sice může mít vliv na sníženou přesnost měření, ale alespoň nám ukáže možnosti tohoto přístroje, potažmo celé XRF analýzy, za předpokladu, že chceme skutečně nedestruktivní proces.

8.2.2. Výsledky měření

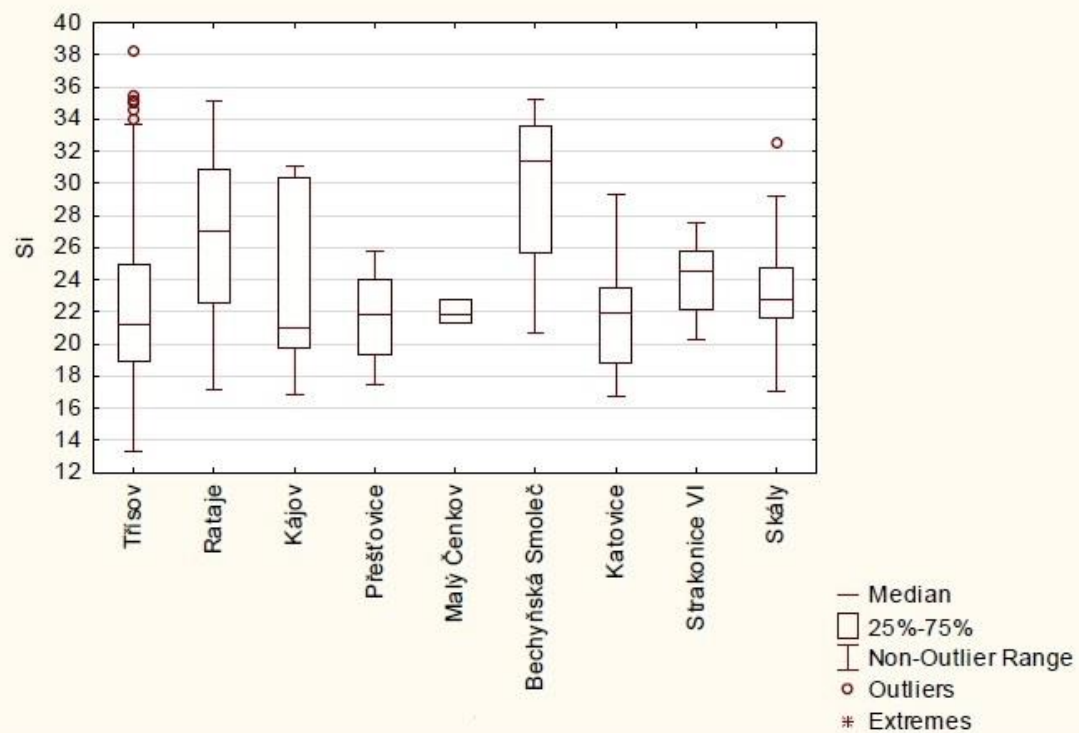
Detekováno bylo více než 25 prvků v rozsahu hliník až baryum, nicméně u velké části byly naměřené hodnoty velmi malé (v řádu tisícín procenta) a blížily se tak detekčnímu limitu přístroje. Pro další záměry tak bylo vybráno 10 prvků, konkrétně hliník, křemík, síra, draslík, vápník, titan, mangan, železo, zinek a baryum (viz přílohy Tab. 1).

Procentuálně nejvyšší zastoupení vykazuje hliník a křemík. Tyto prvky jsou ve velké míře obsaženy v zemské kůře a v keramice jsou v celku variabilní. Hliník je obsažen od cca 10 do 25% (Graf 1), v extrémním případě jednoho z třísovských vzorků ale dosáhl hodnoty téměř 45% (Třísov I 75; viz Tab. 1). Variabilita křemíku je ještě vyšší, jeho nejnížší naměřená koncentrace činí cca 13%, naopak maximální je cca 38%

(Graf 2). V případě těchto dvou prvků se jako zajímavá jeví lokalita Malý Čenkov, kde rozdíl nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty činí 0,5% pro hliník a 1,5% pro křemík. Zde je samozřejmě nutné připomenout, že tento soubor obsahoval pouze 3 vzorky, takže je více než jasné, že tyto rozdíly by určitě narostly, kdyby došlo k analýze více vzorků. Otázkou ale zůstává, jestli by tento nárůst byl o hodně vyšší, protože u některých souborů (např. Katovice), které čítají jen o pár vzorků více, je variabilita těchto prvků významně vyšší.

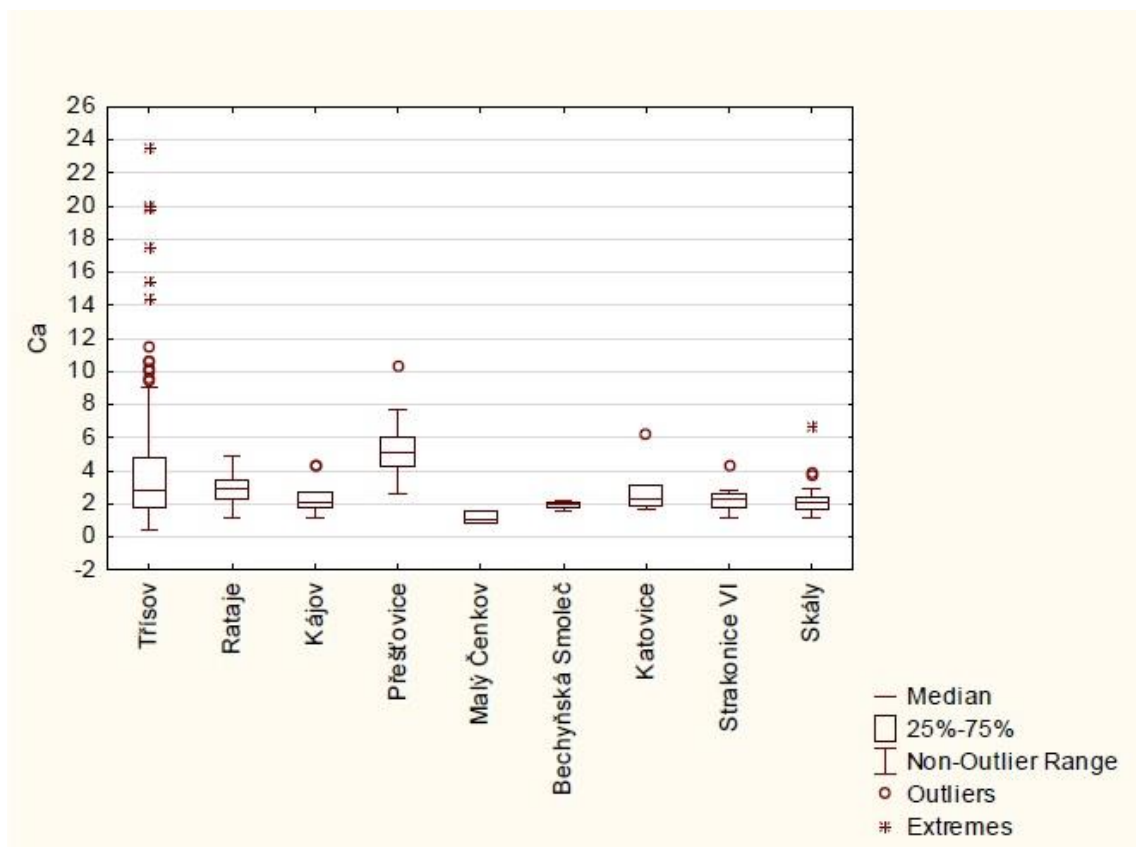


Graf 1. Variabilita hliníku



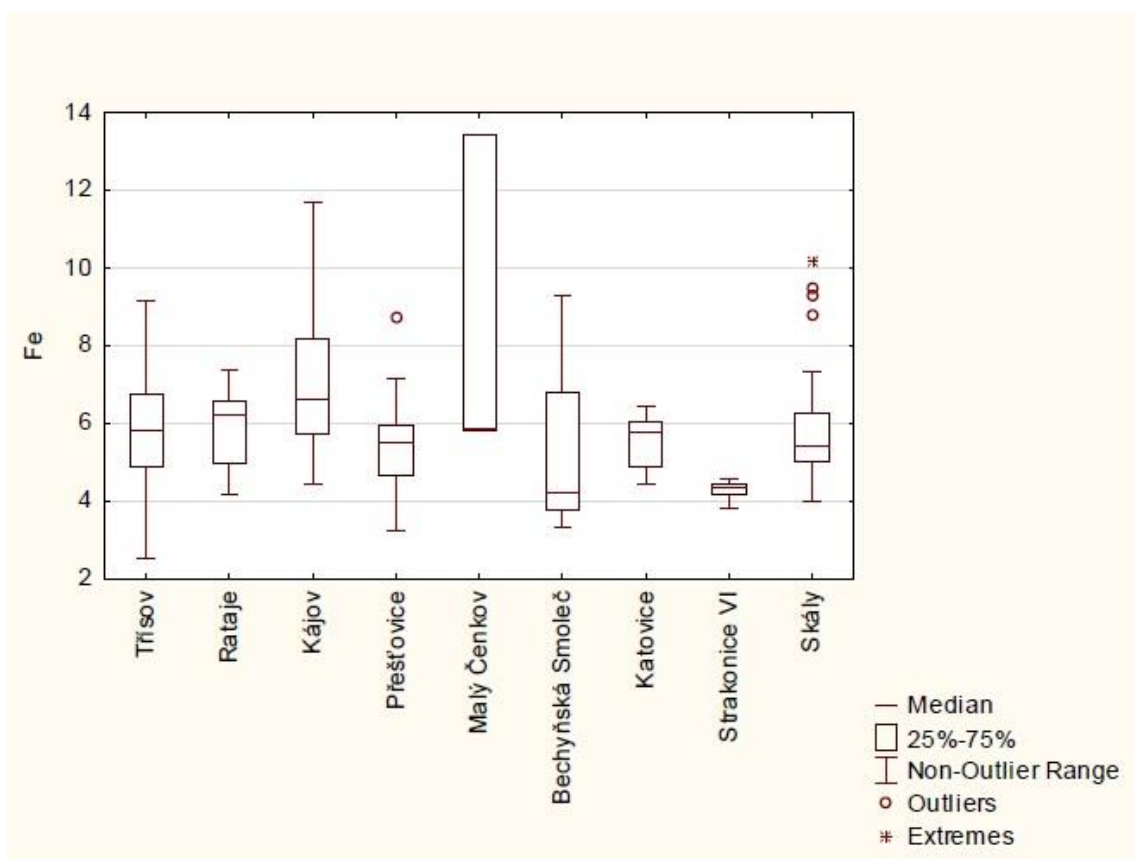
Graf 2. Variabilita křemíku

Dalším prvkem dosahujícím hodnot v řádu až desítek procent je vápník (Graf 3). Variabilita vápníku je poměrně nízká a samotné hodnoty se u většiny lokalit pohybují kolem 2% a jen ve výjimečných případech překročí hranici 4%. Jsou zde ale dvě lokality, Třísov a Přešťovice, které tento trend nepotvrzují. Třísov je v tomto ohledu vůbec nejvariabilnější lokalitou. Hodnoty vápníku se zde u většiny vzorků sice pohybují v rozmezí cca 2 – 5%, ale u některých nepřesáhují ani 1% a pak je zde i šest extrémních případů, kdy se vápník pohybuje od 14 do téměř 24% (Třísov I 3, Třísov I 21, Třísov I 22, Třísov I 23, Třísov I 24, Třísov I 28; viz Tab. 1). Většina přešťovické keramiky obsahuje vápník v koncentraci mezi 4 a 6%, což jsou hodnoty, kterých jiné soubory buď vůbec nedosahují a když, tak pouze zřídka. Dokonce je průměrná hodnota vápníku v Přešťovicích vyšší než na Třísově.



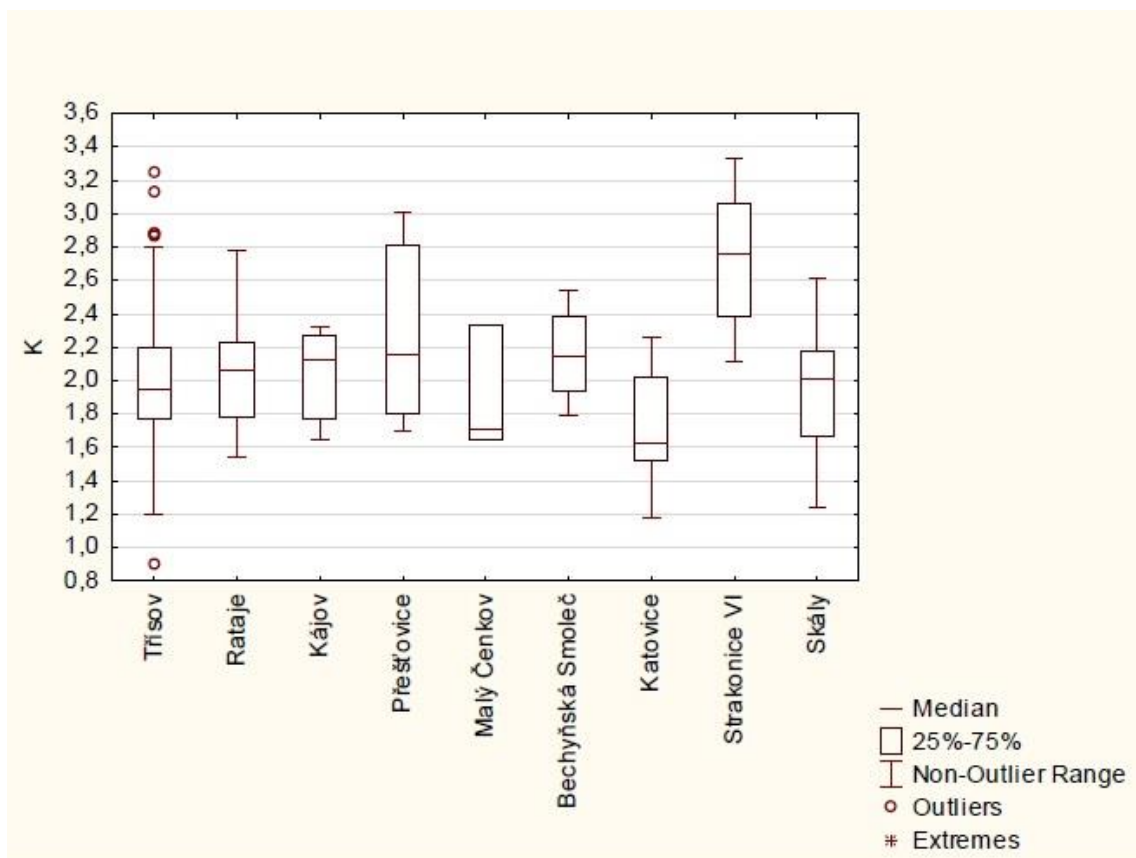
Graf 3. Variabilita vápníku

Dalším hojně zastoupeným prvkem je železo (Graf 4), jehož hodnoty se pohybují od zhruba 3 do téměř 14%, které je také dosti variabilní (až kolem 8%) ve většině lokalit, především na Třísově, v Kájově, Bechyňské Smoleči. Pozoruhodná je pak tato variabilita u vzorků z Malého Čenkova (3 vzorky), která je s předešlými lokalitami srovnatelná. Čenkov je výjimečný i tím, že zde byla naměřena hodnota železa 13,5%, která je vůbec nejvyšší naměřenou v rámci všech zkoumaných souborů (Malý Čenkov 2; viz Tab. 1). Nejnižší variabilita pak byla zjištěna u keramiky ze Strakonice, železo je zde totiž obsaženo od cca 3,8 do 4,6%. Extrémní hodnoty železa v porovnání s průměrem jsou ojedinělé a u většiny lokalit ani nebyly zjištěny. V tomto ohledu se vymyká soubor ze Skal, kde se většina vzorků pohybuje v rozmezí cca 5 do 6,25%, ale jsou zde i čtyři vzorky s obsahem vyšším 8% (Skály obj. I 26, Skály obj. I 27, Skály obj. I 34, Skály obj. I 41; viz Tab. 1), z čehož jeden dokonce převyšuje hranici 10% (Skály obj. I 34; viz Tab. 1).



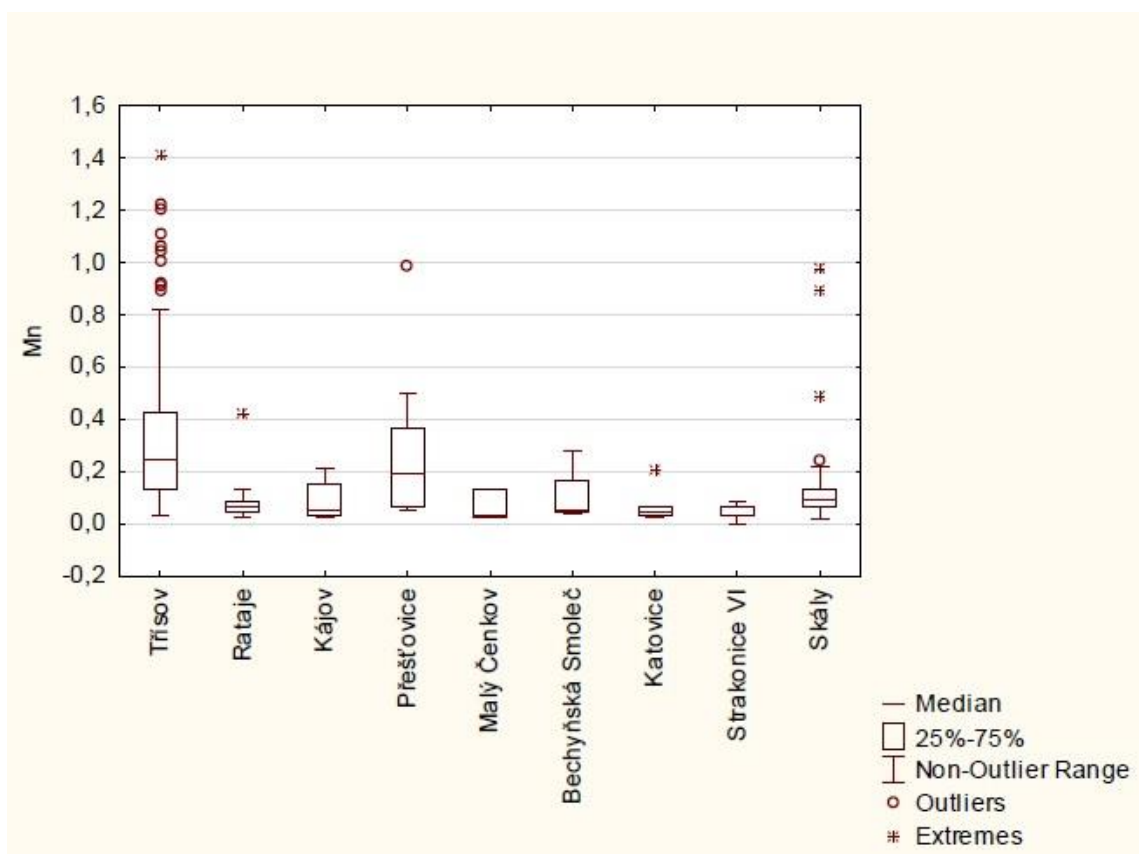
Graf 4. Variabilita železa

Z hlediska draslíku se valná většina jeho hodnot pohybuje v rozmezí 1,6 až 2,4% takřka u všech lokalit (Graf 5). Jsou zde ale dvě lokality, které toto tvrzení nepotvrzují, první jsou Přešovice, kde je sice průměrná hodnota draslíku jen necelých 2,2%, ale mnoho vzorků vykazuje hodnoty až do 2,8%. Strakonice jsou pak na draslík nejbohatším souborem, kde se sice objevují hodnoty pod 2,4%, ale naprostá většina je nad touto hranicí a průměr pak činí téměř 2,8%, což je hodnota, které většina lokalit vůbec nedosáhne. Největší výkyvy jsou pak zastoupeny v rámci Třísova, kde se vysoko nad průměrnými 2% objevily i dvě koncentrace o hodnotě 3,2% (Třísov II 8, Třísov II 56; viz Tab. 1) a dokonce je zde i jeden vzorek nepřevyšující hranici 1% (Třísov I 23; viz Tab.1).



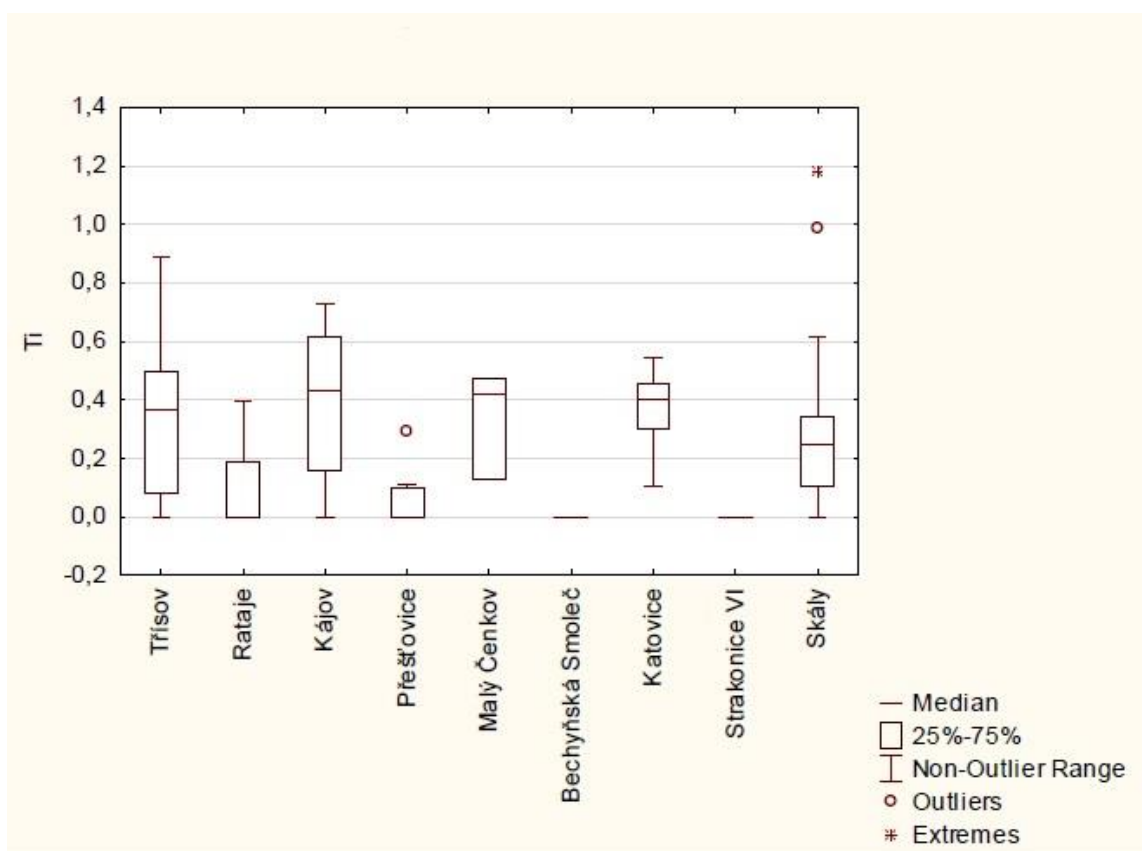
Graf 5. Variabilita draslíku

Mangan je prvkem, který zřídka kdy překročí hodnotu 1% a jeho průměrná hodnota u většiny lokalit nepřesáhne 0,1% (Graf 6). Výjimkou je zde opět Třísov o průměrné hodnotě mírně převyšující 0,2% a Přešovice, které jsou naopak mírně pod zmíněnou hodnotou. Třísovská keramika totiž v ojedinělých případech dosahuje i hodnot vyšších než 1% (Třísov I 49, Třísov I 68, Třísov I 79, Třísov I 80, Třísov II 17; viz Tab. 1), což se o ostatních lokalitách říct nedá. Nicméně je zvláštní, že keramika ze Skal, jejíž průměrná koncentrace manganu se pohybuje kolem 0,1%, se ve dvou případech oné hranici (1%) pozorovatelně blíží (Skály obj. I 34, Skály obj. I 41, viz Tab. 1). Absolutně nejnižší variabilitu manganu má katovická keramika, pohybuje se od 0,03 do 0,06%, ale i zde je hodnota, která naprosto vybočuje a která je 0,21% (Katovice 3; viz Tab. 1).



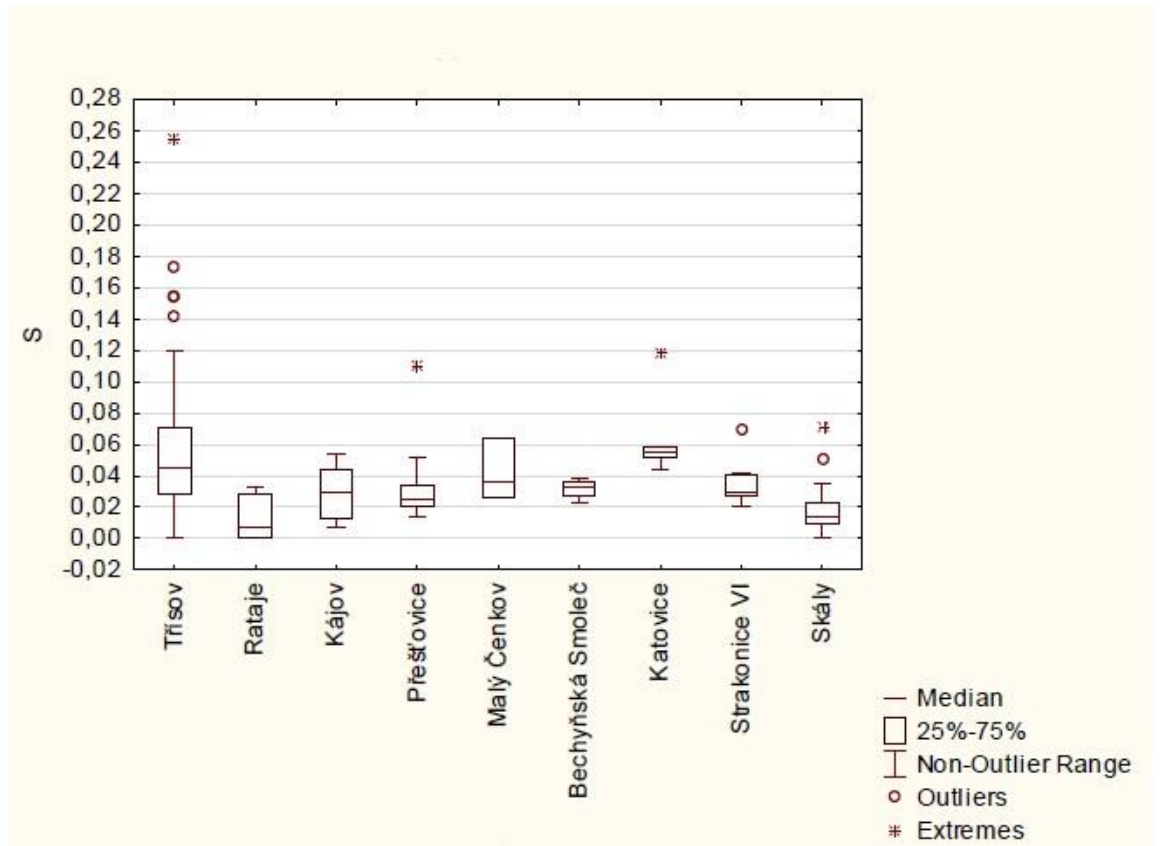
Graf 6. Variabilita manganu

Titan je prvkem, jehož obsah v keramice dosti kolísá (Graf 7). Například ve vzorcích z Bechyňské Smoleče a ze Strakonice nebyl vůbec detekován a u keramiky z dalších lokalit se více, či méně vyskytují střepy, ve kterých rovněž nebyl zachycen. Pouze čenkovská a katovická keramika titan obsahuje v každém případě. Nejvyšší průměrné hodnoty (cca 0,4%) mají soubory z Třísova, Kájova, Malého Čenkova a Katovic. Hranici 1% přesáhl pouze jediný vzorek ze Skal a další z téže lokality jí takřka dosáhl (Skály obj. I 13, Skály obj. I 35; viz Tab. 1).



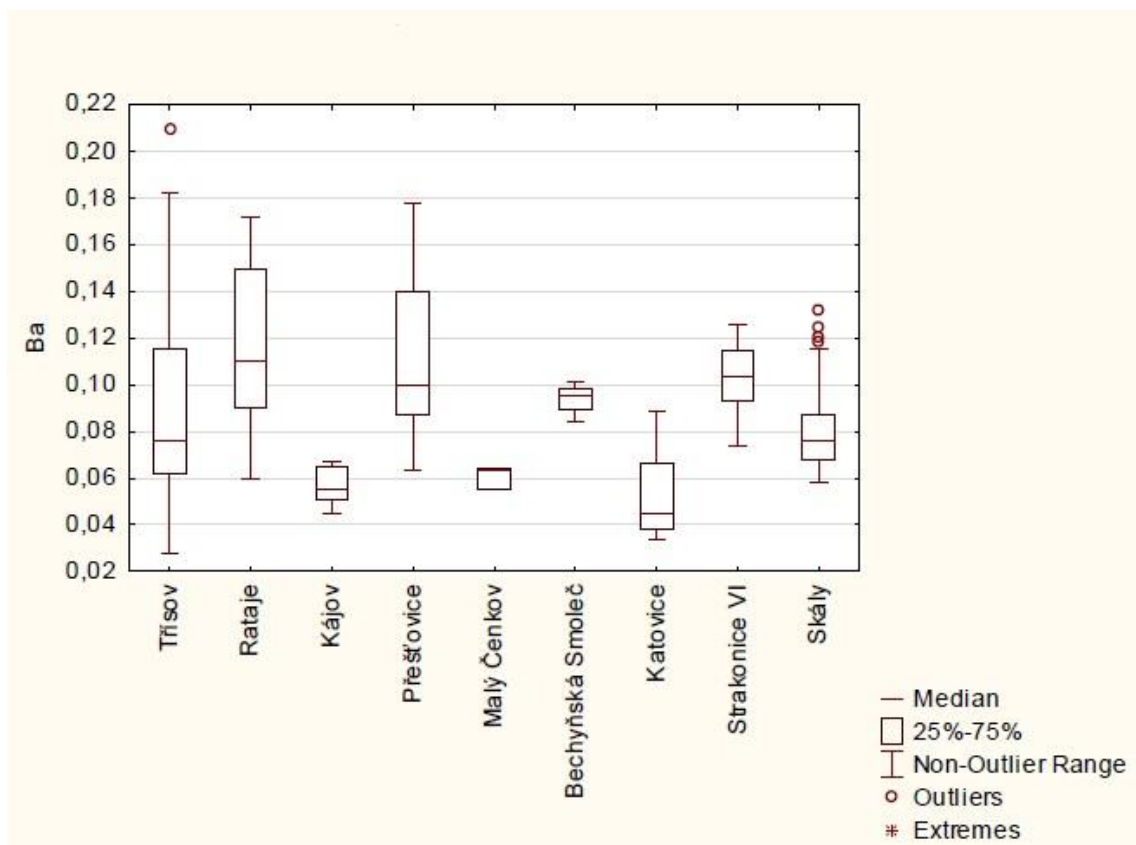
Graf 7. Variabilita titanu

Průměrné hodnoty síry se již pohybují v řádu setin procenta, vždy od 0,01 do 0,06% (Graf 8). Byly ale detekovány i takové koncentrace, které se v porovnání s průměry jednotlivých lokalit jeví jako extrémní. Na Třísově byla u jednoho vzorku detekována hodnota síry téměř 0,26%, v Přešťovicích 0,11%, v Katovicích 0,12% a ve Skalách 0,07 (průměrná hodnota je zde pouhých 0,01%) (Třísov I 22, Přešťovice 1, Katovice 2, Skály obj. I 26; viz Tab. 1).



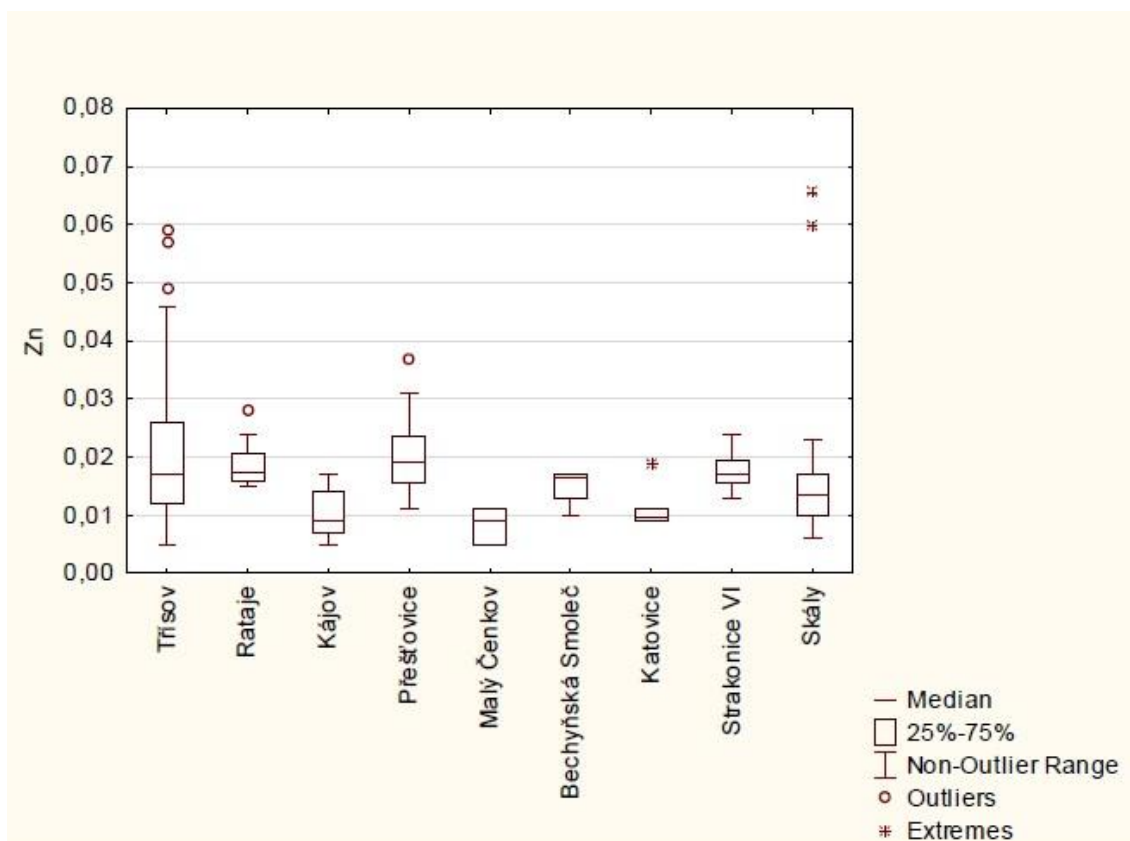
Graf 8. Variabilita síry

Obsah barya je napříč lokalitami poměrně rozdílný, ale i zde se objevují podobnosti (Graf 9). Ta nejvíce signifikantní je mezi Ratajemi a Přešťovicemi. Ratajská keramika má průměrnou hodnotu barya 0,11% a většina vzorků se vejde do rozmezí 0,09 až 0,13%, přešťovický soubor má takřka stejné hodnoty, jen jsou o jednu setinu procenta nižší. V celku podobně pak vystupuje i třísovský soubor, kde je ale průměrná hodnota i rozmezí přibližně o 0,03% nižší (v porovnání s Ratajemi). Nejrozdílnější jsou hodnoty z Kájova a bechyňské Smoleče, kde nejvyšší smolečská hodnota barya je 0,085% a nejvyšší hodnota v případě Kájova je 0,067% . Hodnotami nejpodobnější se vůči Kájovu jeví Malý Čenkov. Podobnost s Bechyňskou Smolečí nese strakonická keramika, i když zde se výsledné hodnoty barya překrývají jen z části.



Graf 9. Variabilita barya

Koncentrace zinku se ve většině souborů pohybuje od 0,01 do 0,02% (Graf 10), jen v případě Třísova a Přešťovic je horní hranice ve větší míře překročena, ale ani u těchto souborů většina vzorků nepřesáhne 0,03%. Asi nejpozoruhodnější jsou výsledky dvou vzorků ze skal (Skály obj. I 26, Skály obj. I 27; viz Tab. 1), jejichž hodnoty se pohybují mezi 0,06 a 0,07% koncentrace.



Graf 10. Variabilita zinku

Krabicové digramy naznačují, u některých lokalit, možnou korelaci vápníku, manganu, zinku a možná i síry. Při bližším zkoumání se však tento jev úplně prokázat nepodařilo. Jako korelující se tyto hodnoty prokázaly ve Skalách a v Přešťovicích. Vzorky ze Skal, u kterých byly detekovány výjimečně vysoké hodnoty manganu, totiž vykazují i nadprůměrné hodnoty zinku a naopak. Jeden vzorek (Skály obj. I 26; viz Tab. 1) je dokonce výjimečný tím, že obsahuje nejvyšší hodnoty manganu, zinku i síry (nutno podotknout, že tento nesl známky post depoziční kontaminace). Dva přešťovické vzorky (Přešťovice 1, Přešťovice 10; viz Tab. 1), extrémně bohaté na zinek, jsou bohaté i manganem, který v prvním případě vykazuje nadprůměrně vysokou hodnotu a v druhém extrémně vysokou, dále je prvně zmíněný vzorek zajímavý tím, že i hodnoty

vápníku a síry jsou také nesrovnatelně vysoké. V souboru z Katovic je jeden vzorek (Katovice 4, viz Tab. 1) s extrémní koncentrací zinku a vápníku, který ale obsahuje jen průměrné množství manganu. A pak je zde další (Katovice 3, viz Tab. 1), který sice obsahuje v extrémní míře mangan, ale hodnota zinku je spíše nižší průměr. Dosti rozporuplné jsou výsledky v případě Ratají, kde je sice extrémní hodnota manganu doprovázena více než průměrnou hodnotou zinku, u jednoho vzorku (Rataje I 1; viz Tab. 1), ale další vzorek (Rataje I 8, viz Tab. 1) s extrémně vysokým zinkem už se hodnotou manganu neblíží průměru. Domnělou korelaci nepotvrdily ani vzorky z Třísova. Extrémně vysoké hodnoty zinku jsou zde doprovázeny spíše podprůměrnými hodnotami manganu (Třisov I 1, Třisov I 2, Třisov I 13, Třisov II 8, Třisov II, 20; viz Tab. 1). Je zde ale i výjimka, jeden vzorek (Třisov II 17, viz Tab. 1), obsahuje v extrémních mírách zinek i mangan. Dále vzorky (Třisov I 12, Třisov I 30, Třisov I 36, Třisov I 61, Třisov I 68, Třisov I 79, Třisov I 80; viz Tab. 1), vyznačující se extrémní koncentrací manganu, obsahují průměrné množství zinku. Zde se ke zmíněné výjimce přidává ještě jeden vzorek (Třisov I 50; viz Tab. 1), který sice neobsahuje tak nebývale velké množství zinku, ale jeho koncentrace se dá označit za hodně nad průměrem. A konečně, pouze v jednom případě třisovské keramiky se objevil vzorek (Třisov I 22, viz Tab. 1), obsahující tři prvky v extrémní míře a to zinek, vápník a síru.

8.3. Syntéza dat

8.3.1. Porovnání prvků

V další fázi spolu byly porovnávány koncentrace vždy dvou prvků, k vizuálnímu zobrazení těchto srovnání posloužily bodové diagramy, generované v programu Microsoft Excel 2010. Zprvu byly použity hodnoty úplně všech lokalit, výsledkem byla ale chaotická změť bodů, ve které bylo prakticky nemožné hledat jakákoliv potenciální uskupení. Proto došlo k porovnávání menších regionů. Prvním bylo Českokrumlovsko, kde se nachází Třisov a Novosedly u Kájova, a následně byl ještě zařazen materiál z Českých Budějovic z Globusu. Druhým regionem se stalo Strakonicko, kam spadají Strakonice, Přešťovice a Katovice. Dále Bechyňsko, kam byl zařazen materiál z Ratají, Malého Čenkova a Bechyňské Smoleče. Posledním regionem bylo Písecko, s materiálem ze Skal a Žďáru, zde ale nastal problém skutečně velkého nepoměru dat,

protože Skály se stávají z bez mála 50 vzorků a naopak Žďár je reprezentován pouze jedním. Proto byla data z Písecka porovnána s ostatními regiony, především pak s blízkým Strakonickem. Toto porovnání ale nepřineslo mnoho užitku (příklady diagramů v příloze).

8.3.2. Faktorová analýza

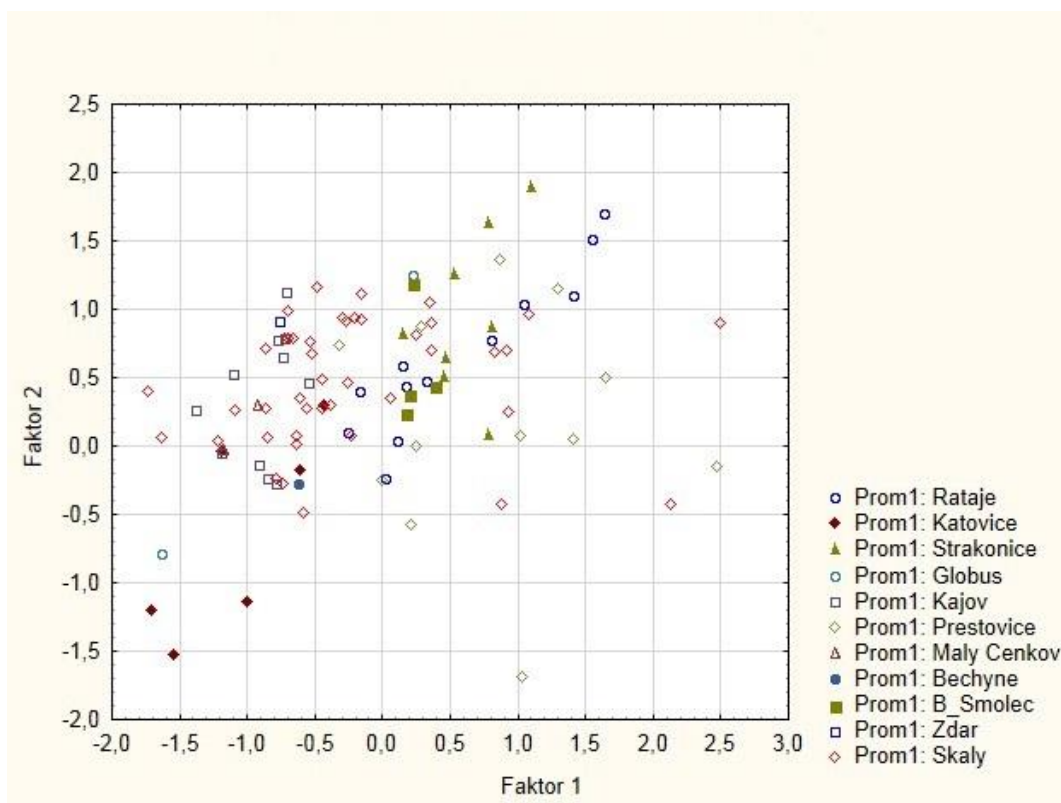
Vzájemné porovnávání jednotlivých prvků se k interpretacím nejevilo jako dostatečné a z hlediska velkého množství dat bylo nutno přistoupit k vícerozměrné statistice, konkrétně k faktorové analýze, nebo přesněji, podle profesora Neústupného, k vektorové syntéze (Neustupný 1979, 55 – 74). Zde je nutno poznamenat, že pro složitost popisu faktorové analýzy, nebo tedy přesněji vektorové syntézy, mi přišlo nejvhodnějším řešením využít vědomosti již zmíněného profesora Neústupného. Všechny statistické úkony a výsledné grafy byly provedeny a vytvořeny v programu Statistica 10. K vytvoření syntézy je třeba sestavit tzv. deskriptivní matici, kde řádky lze nazvat objekty a sloupce deskriptory. Deskriptory můžeme chápat jako sloupcové vektory (Neustupný 2005, 130 – 131). V našem případě je touto maticí tabulka naměřených hodnot, v které řádky (objekty) jsou jednotlivé vzorky z určitých lokalit a sloupce (deskriptory) jsou vybrané prvky. Skrze řadu dílčích výpočtů následuje výpočet faktorů. Tyto výpočty našťestí provádí vybraný software, čímž je celý proces značně urychlen. Ale pro vysvětlení, nejprve jsou zjištěny korelační koeficienty, ty mají vždy hodnotu mezi -1 a 1, kde -1 znamená maximální nekorelativnost a +1 maximální korelativnost. K výpočtu faktorů se korelační koeficienty uspořádají do ortogonální korelační matice, z které jsou následně vypočítány tzv. vlastní vektory a vlastní čísla. Každé jedno vlastní číslo vyjadřuje variabilitu určitého vlastního vektoru. Nyní konečně přichází výpočet faktorů a to následujícím způsobem: každý prvek vlastního vektoru je vynásoben druhou odmocninou vlastního čísla, čímž je získána další matice, tentokrát tzv. faktorových zátěží. Tato matice má vždy tolik řádek, kolik bylo použito deskriptorů a tolik sloupců, kolik bylo použito faktorů. Hodnoty zátěží se opět pohybují v rozmezí -1 a +1, a udávají jak je daný deskriptor typický pro daný faktor, kdy vysoké hodnoty jsou pro faktor typické a hodnoty blízké nule jsou nevýznamné (Neustupný 2005, 131 - 133). V našem případě byly pro výpočet faktorových zátěží použity vždy všechny faktory, jejichž vlastní hodnota byla vyšší než 1. Dále je nutno faktorům dodat rotaci, čímž jsou jejich hodnoty transformovány do jednoznačných výsledků v numerické

formě a matice zátěží je tak zjednodušena. Nejvíce používanou rotací je tzv. metoda Varimax. Dále lze pro každý objekt, použitý při výpočtu, určit tzv. faktorová skóre, což jsou čísla, která určují typičnost každého faktoru pro každý objekt, tedy vzorek (Neustupný 2005, 133 - 135).

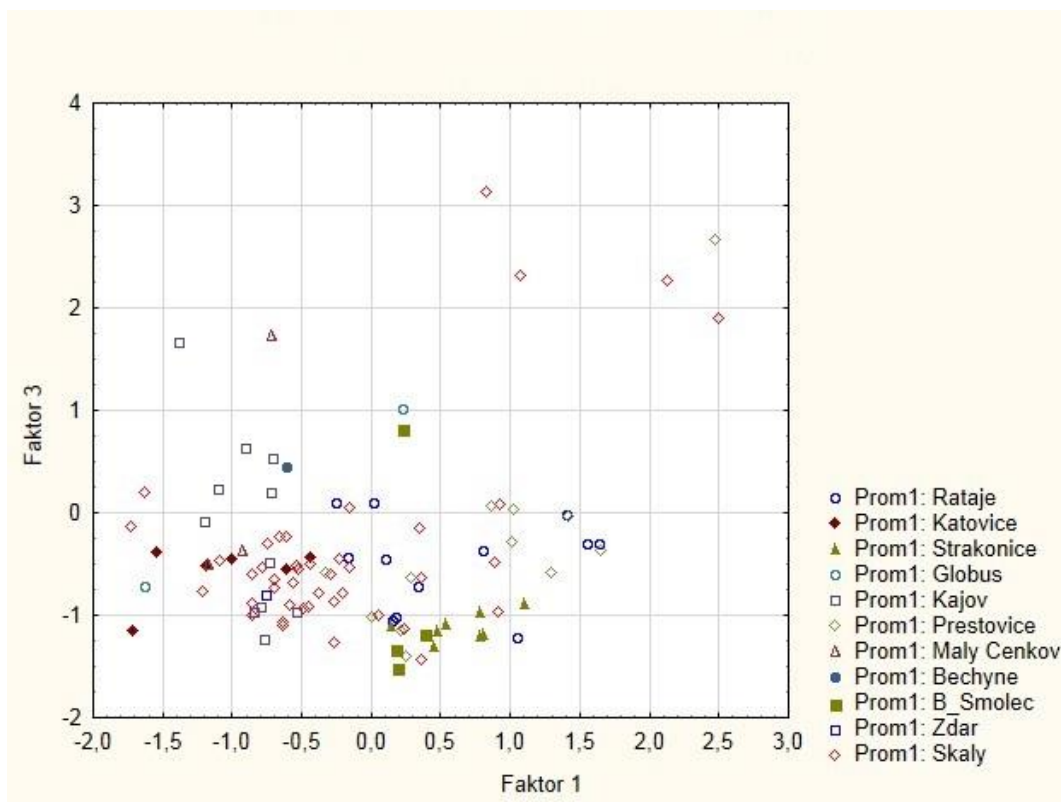
Jako v případě jednotlivých prvků i nyní byla faktorová skóre porovnávána mezi sebou a pro lepší vizualizaci byly použity bodové diagramy. Při porovnání faktorových skóre všech vzorků ze všech lokalit byly diagramy opět velmi nepřehledné, proto byly odstraněny body patřící vzorkům z Třísova, jejichž rozptyl byl mimořádný. Tím ale bylo dosaženo jen malého úspěchu, protože většina zbylých lokalit nevytvářela jasně oddělitelné skupiny bodů a diagramy byly stále dosti nepřehledné (Graf 11 a 12). Viditelné uskupení v obou diagramech tvoří tři vzorky z Bechyňské Smoleče, ale jeden vzorek (Bech. Smoleč 3; viz Tab. 1) se z této skupinky vymyká. První diagram, porovnávající skóre prvního a druhého faktoru ukazuje, že polovina katovických a jeden budějovický vzorek (Katovice 2, Katovice 4, Katovice přeslen, ČB Globus 2; viz Tab. 1) se významně odlišuje od všech ostatních vzorků. Druhý budějovický vzorek se pak nápadně podobá vybočujícímu vzorku z Bechyňské Smoleče (ČB Globus 1, Bech. Smoleč 3; viz Tab. 1). Relativně blízké jsou si také vzorky z Novosedel u Kájova, sice se nedá mluvit o plně ucelené skupině a možná by se zde dalo spíše uvažovat o dvou oddělených podskupinách, ale soudržnost těchto vzorků je, například v porovnání s Přešťovicema, znatelná. Rozptyl skalských vzorků je také značný, ale i přes to je zde pozorovatelný jimi tvořený shluk, z kterého naprosto vybočují dva vzorky (Skály obj. I 25, Skály obj. I 26; viz Tab. 1). Naprosto nekoherentně se jeví vzorky z Přešťovic, jejichž skóre mají velký rozptyl v rámci obou použitých faktorů. V případě druhého diagramu, kde jsou porovnávána skóre prvního a třetího faktoru, se uskupení víceméně opakují, ale přibývá zde skupinka strakonické keramiky a ke skalským outsiderům přibývají další dva vzorky (Skály obj. I 32, Skály obj. I 39; viz Tab. 1).

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	-0,080787	-0,788011	0,217519
K	0,217392	0,624118	0,012377
Ca	0,430377	-0,770226	-0,188380
Ti	-0,752141	0,000138	0,450230
Mn	0,101681	-0,150694	0,753404
Fe	-0,120765	0,144166	0,711584
Zn	0,825058	-0,221807	0,199126
Ba	0,916251	0,053947	-0,005894
Expl.Var	2,349886	1,699334	1,399317
Prp.Totl	0,293736	0,212417	0,174915

Tabulka 2. Faktorové zátěže všech vzorků



Graf 11. Skóre faktorů 1 a 2 všech lokalit mimo Třísova



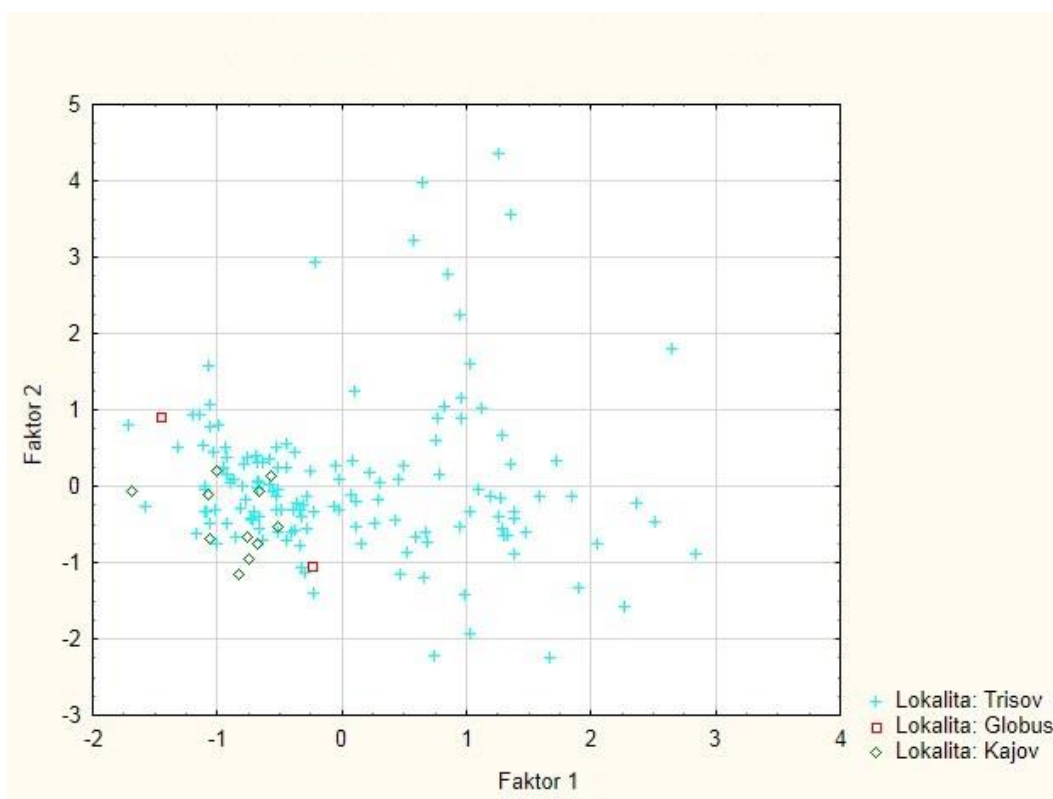
Graf 12. Skóre faktorů 1a 3 všech lokalit mimo Třisova

Jak je ale vidět, shluky, pokud už jsou utvořeny, se často vzájemně překrývají. Proto i zde byly vzorky rozděleny do menších skupin podle regionů, totožných s předchozím dělením při porovnávání jednotlivých prvků. Pro každou menší skupinu byla znovu provedena faktorová analýza, za účelem zjištění zátěží pro dané regiony a z nich pak vypočítána nová faktorová skóre.

Z krumlovských vzorků vyšly tři faktory s vlastní hodnotou vyšší než jedna. V diagramech se ale jejich porovnávání příliš nelišilo, proto k dalším účelům poslouží pouze diagram porovnávající skóre prvního a druhého faktoru (Graf 13). Je zde opět vidět vzájemná rozdílnost budějovických vzorků a v celku přesvědčivé uskupení vzorků z Novosedel, z kterého vybočuje pouze jeden vzorek (Kájov II 3; viz Tab. 1).

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	-0,084134	0,809338	0,195763
K	0,050299	-0,709029	0,090532
Ca	0,499943	0,715622	-0,191358
Ti	-0,794529	-0,110403	0,407591
Mn	0,029716	0,028553	0,878395
Fe	-0,383183	-0,126879	0,372577
Zn	0,874634	0,109482	0,170458
Ba	0,916245	-0,067503	0,015894
Expl.Var	2,643029	1,715510	1,188967
Prp.Totl	0,330379	0,214439	0,148621

Tabulka 3. Faktorové zátěže vzorků z Českokrumlovska a Českých Budějovic



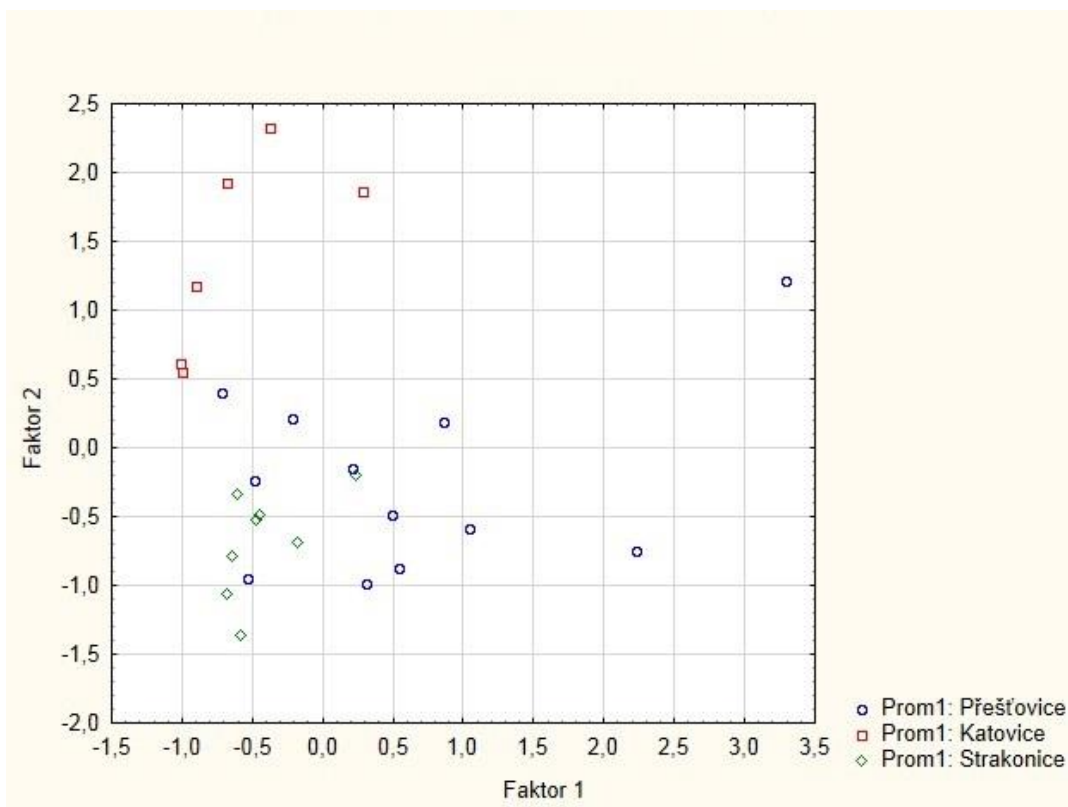
Graf 13. Skóre faktorů 1 a 2 krumlovské skupiny

Pro keramiku ze Strakonicka opět vyšly tři faktory s vlastní hodnotou větší než jedna. Z diagramu (Graf 14), porovnávacího skóre prvního a druhého faktoru je patrné, že přinejmenším mezi katovickou a strakonickou keramikou je rozdíl. Přešťovický soubor je dosti nesoudržný, což bylo patrné již při porovnávání všech lokalit (Graf 11 a 12). Jsou zde ale dva vzorky, které vybočují extrémně (Přešťovice 1, Přešťovice 10; viz Tab. 1) a jsou to právě ty dva vzorky, které vykazovaly v prvním případě značné

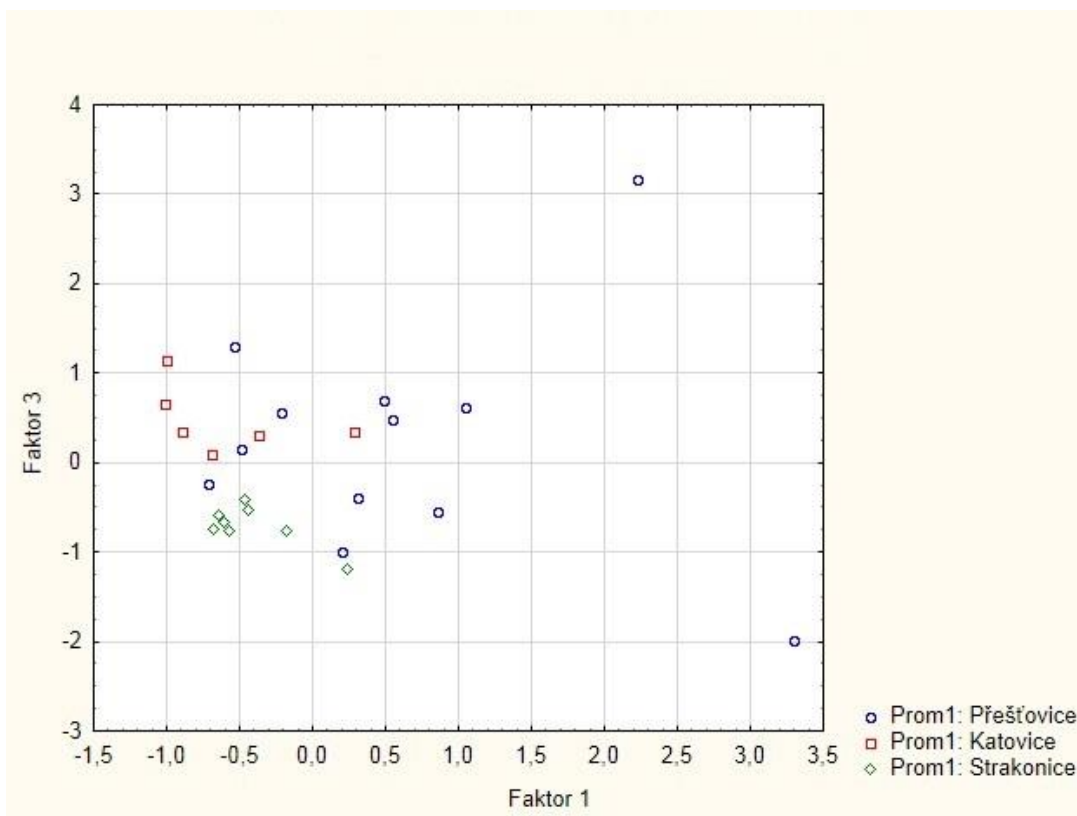
hodnoty síry vápníku a zinku, a v druhém manganu a zinku. Z hlediska druhého faktoru je pak dosti odlišitelná keramika z Katovic a to nejen od ostatních lokalit, ale ve velké míře i mezi sebou. Nejpřesvědčivější uskupení tvoří vzorky ze Strakonice a to především z hlediska prvního faktoru. Diagram porovnávající faktor 1 a 3 (Graf 15), ukazuje, že podle třetího faktoru jsou si vzorky dost podobné, ale opět se vymykají ty dva přešťovické.

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	0,215291	0,742587	-0,210635
K	-0,180189	-0,663234	-0,413089
Ca	0,857245	0,148781	-0,032751
Ti	-0,239089	0,868778	0,137556
Mn	0,772878	-0,114465	0,465112
Fe	0,128272	0,001496	0,923770
Zn	0,803753	-0,419906	0,106821
Ba	0,477208	-0,742707	0,254866
Expl.Var	2,358391	2,509264	1,381051
Prp.Totl	0,294799	0,313658	0,172631

Tabulka 4. Faktorové zátěže Strakonicka



Graf 14. Skóre faktorů 1 a 2 strakonické skupiny

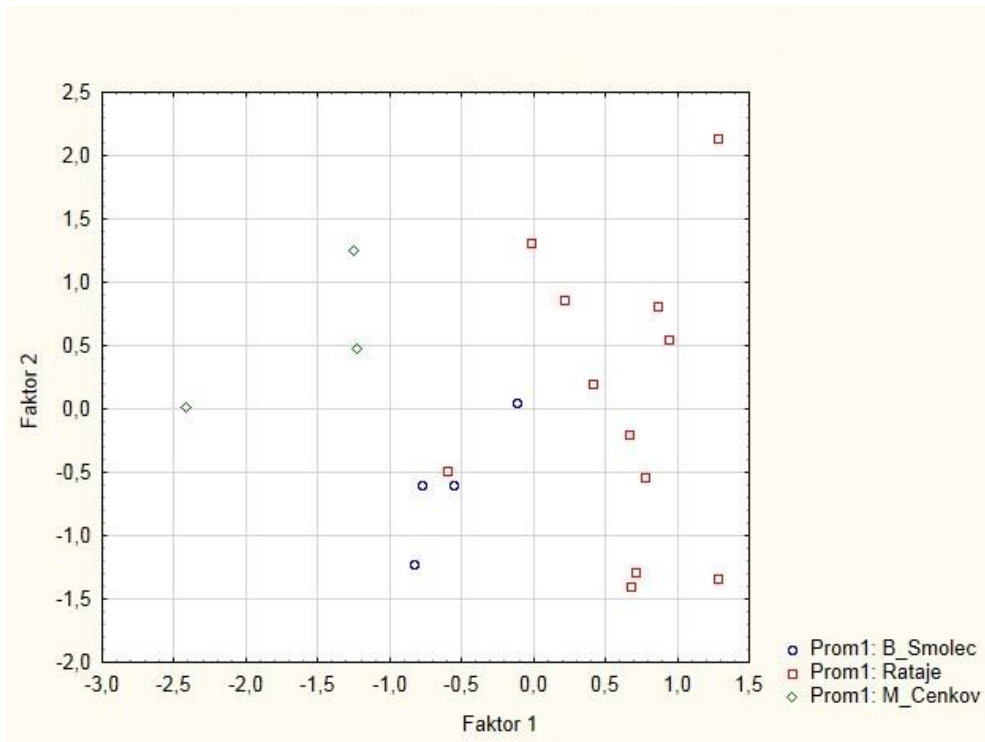


Graf 15. Skóre faktorů 1 a 3 strakonické skupiny

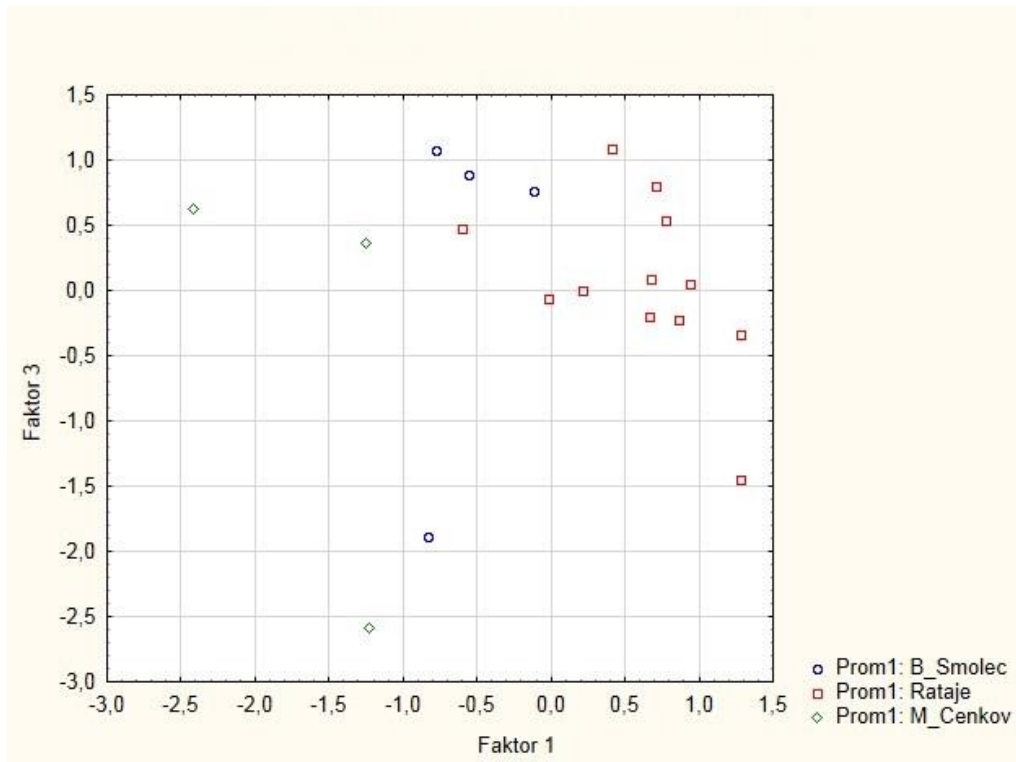
V bechyňské skupině se jako použitelné jeví opět tři faktory. Z porovnání skóre prvního a druhého faktoru (Graf 16) je znát, že vzorky z Malého Čenkova se odlišují od ostatních lokalit nejvýrazněji, ale je zde i nutno dodat, že vytváří spíše širší shluk a jsou i vzájemně odlišné, především v rámci faktoru 2. Faktor 1, na druhou stranu, spojuje dva vzorky (Malý Čenkov 1, Malý Čenkov 2; viz Tab. 1). Pro lepší vymezení čenkovské keramiky by jistě pomohlo navýšení počtu vzorků, kterého se snad dočkáme, až na lokalitě proběhne systematický výzkum. První faktor také v celku zřetelně odděluje vzorky z Ratají a Bechyňské Smoleče. Jeden ratajský vzorek (Rataje III 2; viz Tab. 1), ale jakoby patřil spíše ke smolečským. Označit tento vzorek za import je ale více než problematické, zejména proto, že vzorky nejsou časově analogické. Smolečská keramika byla identifikována, jako pocházející z časného latěnu a keramika z Ratají z latěnu, spíše, pozdního. Zajímavá je také roztržitost ratajských vzorků z hlediska druhého faktoru, pro který jsou typické vysoké zátěže draslíku a titanu, což je pochopitelné, protože hodnoty draslíku se ve vzorcích mění až o 100% a titan zhruba v polovině vzorků nebyl vůbec detekován. Z hlediska třetího faktoru (Graf 17) se ratajská keramika jeví soudržněji a více se z ní vyčleňuje pouze jeden vzorek (Rataje I 1; viz Tab. 1) Ze souboru Smoleče výrazně vystupuje pouze jeden vzorek (Bechyňská Smoleč 3; viz Tab. 1), který se mírně odlišoval už v rámci faktoru 2 (Graf 16). Nově se také objevil výrazný outsider čenkovského souboru (Malý Čenkov 2; viz Tab. 1).

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	-0,838872	0,238749	0,072004
K	-0,028644	-0,876115	0,087462
Ca	0,721359	0,410184	0,000361
Ti	-0,326132	0,756662	0,038094
Mn	0,192911	-0,382121	-0,695730
Fe	-0,177227	0,210342	-0,844692
Zn	0,728864	-0,174165	0,486685
Ba	0,626330	-0,526552	0,075363
Expl.Var	2,323405	2,063218	1,454372
Prp.Totl	0,290426	0,257902	0,181796

Tabulka 5. Faktorové zátěže Bechyňska



Graf 16. Skóre faktorů 1 a 2 bechyňské skupiny



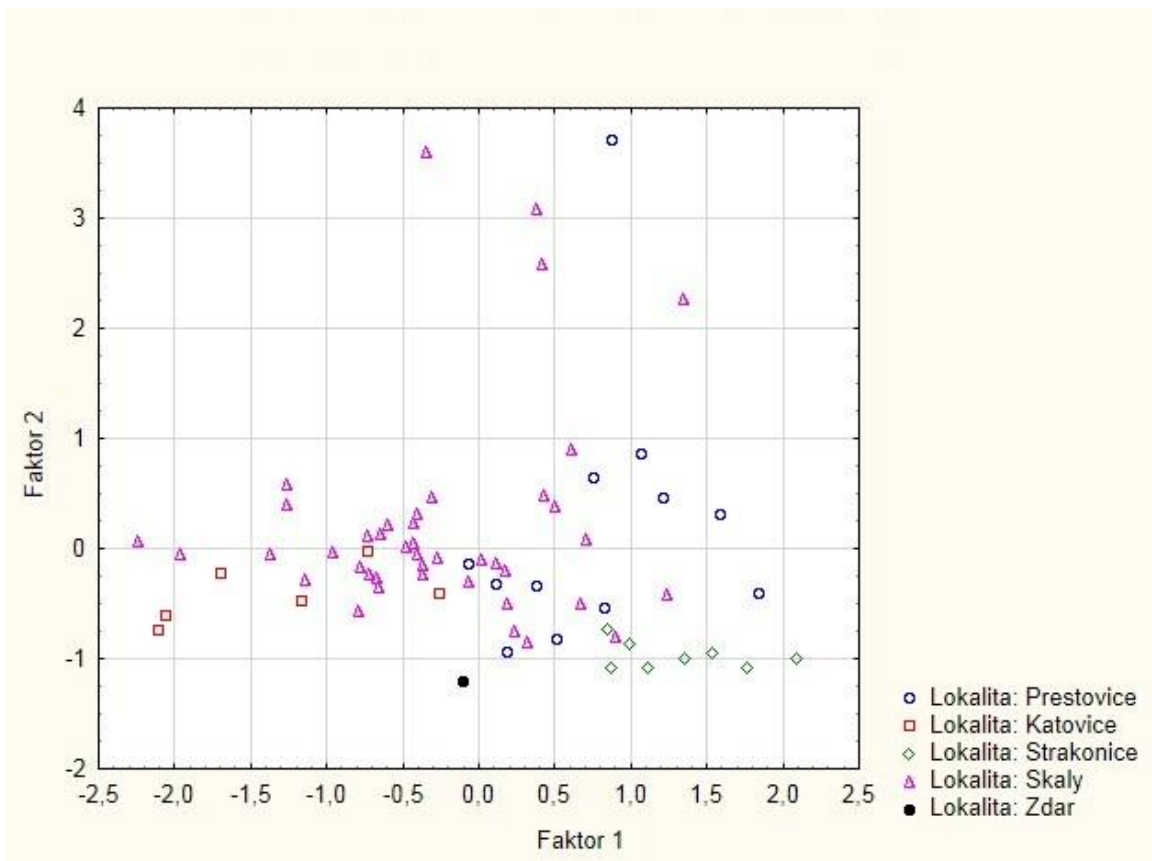
Graf 17. Skóre faktorů 1 a 3 bechyňské skupiny

Jak již bylo předestřeno, nerovnoměrnost zastoupení vzorků lokalit Písecka byla příliš velká, a proto byly zdejší výsledky postupně porovnávány s výsledky ostatních skupin.

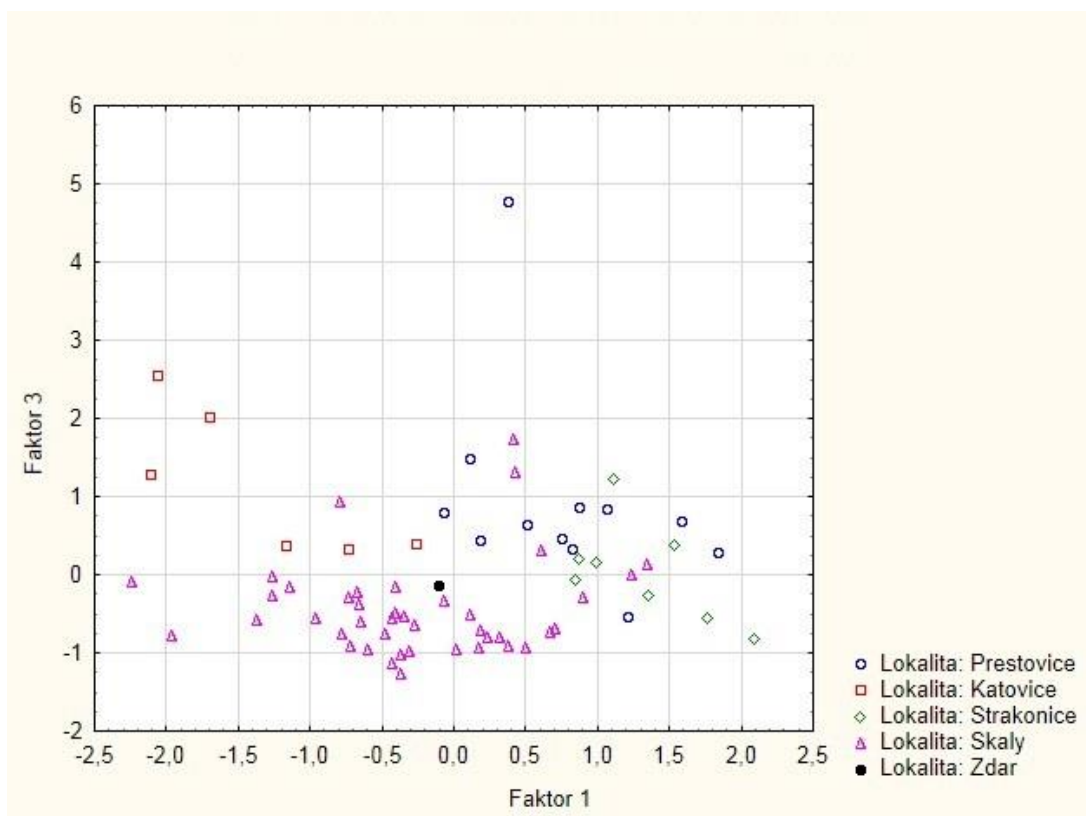
Prvně byla písecká skupina porovnána s geograficky nejbližším Strakonickem. Zde největší rozptyl vzorků způsobuje vždy faktor 1, ale i zde je pozorovatelná jistá koncentrace skalských vzorků. Faktor 2 spojuje vzorky více, ale o to výrazněji jsou zde vidět vzorky, které se vymykají (Skály 25, Skály 26, Skály 32, Skály39; viz Tab. 1) (Graf 17). Připomeňme, že vzorek Skály 26, je ten který vykazoval nadměrné hodnoty hned tří prvků, síry, manganu a zinku. Také byla znovu potvrzena odlišnost jednoho z přešťovických vzorků (Přešťovice 10; viz Tab. 1), která byla patrná už z porovnávání strakonické skupiny (Graf 14 a 15). Vzorek ze Žďáru se umístil na okraj skalského souboru. Z hlediska třetího faktoru (Graf 18.), se více vyčleňují tři skalské vzorky (Skály 3, Skály 14, Skály 25; viz Tab. 1) a opět je zde potvrzena odlišnost tentokrát druhého z přešťovických vzorků (Přešťovice 1; viz Tab. 1)

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	-0,045001	-0,032411	0,850876
K	0,734979	-0,230755	-0,104483
Ca	0,212026	0,158678	0,801493
Ti	-0,826731	-0,072880	-0,152500
Mn	0,131698	0,830734	0,172660
Fe	-0,031802	0,909150	-0,065093
Zn	0,436890	0,541291	0,369180
Ba	0,730589	0,464134	0,124786
Expl.Var	2,013647	2,109879	1,586469
Prp.Totl	0,251706	0,263735	0,198309

Tabulka 6. Faktorové zátěže Písecka a Strakonicka



Graf 17. Skóre faktorů 1 a 2, Písecko a Strakonicko

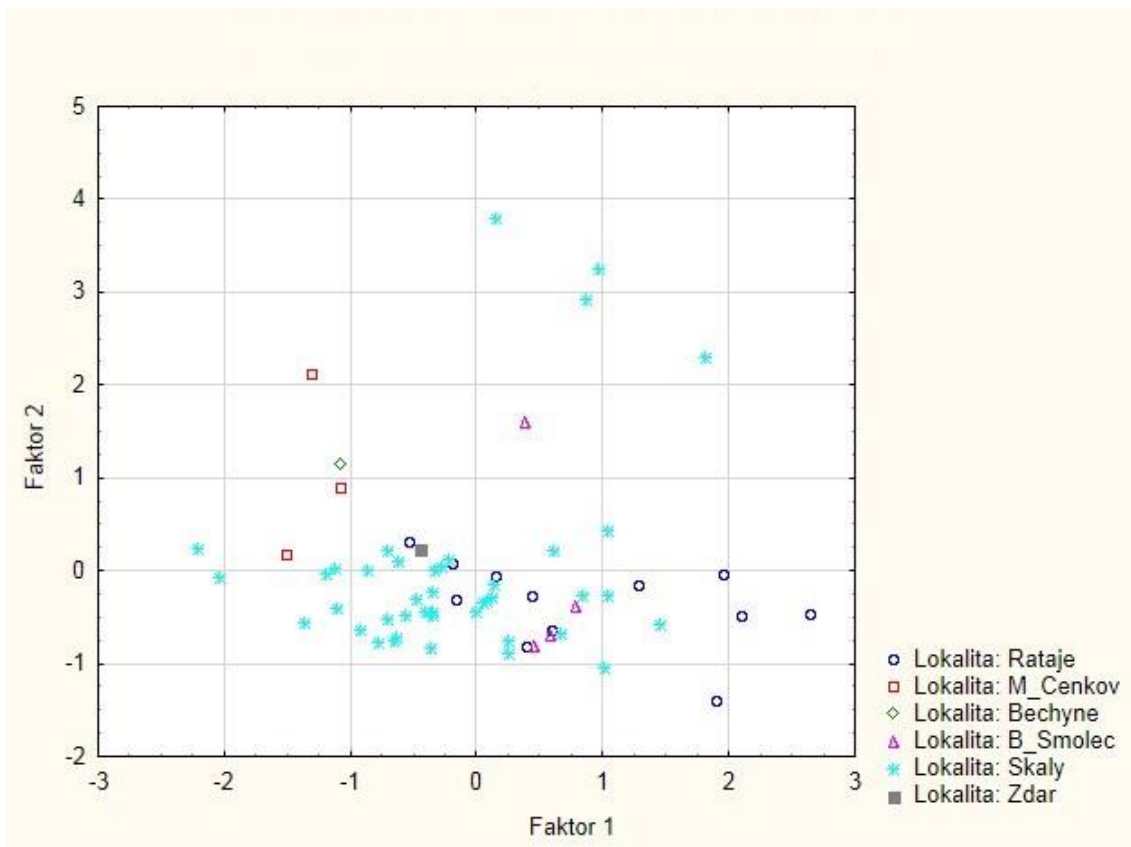


Graf 18. Skóre faktorů 1 a 3, Písecko a Strakonicko

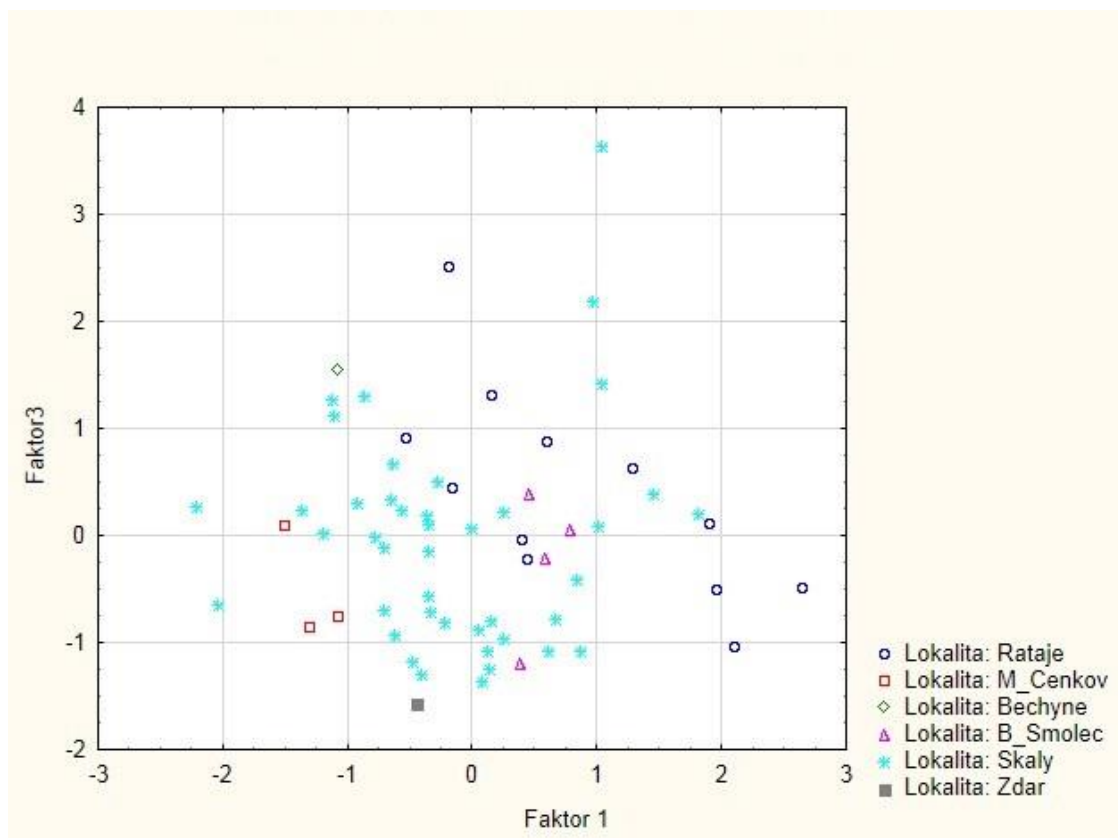
Vzájemné porovnání písecké a bechyňské skupiny prakticky nepřineslo nic nového. Skóre prvního a druhého faktoru jen potvrdily výsledky porovnání se Strakonickem (Graf 19). Faktor 3 pak vnesl do diagramu (Graf 20) spíše chaos, i když je pozorovatelné, že možné koncentrace skalských vzorků jsou tvořeny vzorky, jejichž faktorové skóre se blíží hodnotám -1 a 0,4. Také je zde znovu vidět, že vzorky z Bechyňska tvoří jakési shluky, ale Rataje tomuto trendu nepodléhají.

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	-0,092322	0,572223	0,354407
K	0,551643	0,184478	-0,586167
Ca	0,253025	0,088129	0,873065
Ti	-0,814094	0,020673	-0,050317
Mn	0,165317	0,778587	-0,086109
Fe	0,025819	0,815583	0,056205
Zn	0,493790	0,445934	0,350404
Ba	0,855498	0,091092	0,179993
Expl.Var	2,043306	1,848195	1,399724
Prp.Totl	0,255413	0,231024	0,174966

Tabulka 7. Faktorové zátěže Písecka a Bechyňska



Graf 19. Skóre faktorů 1 a 2, Písecko a Bechyňsko

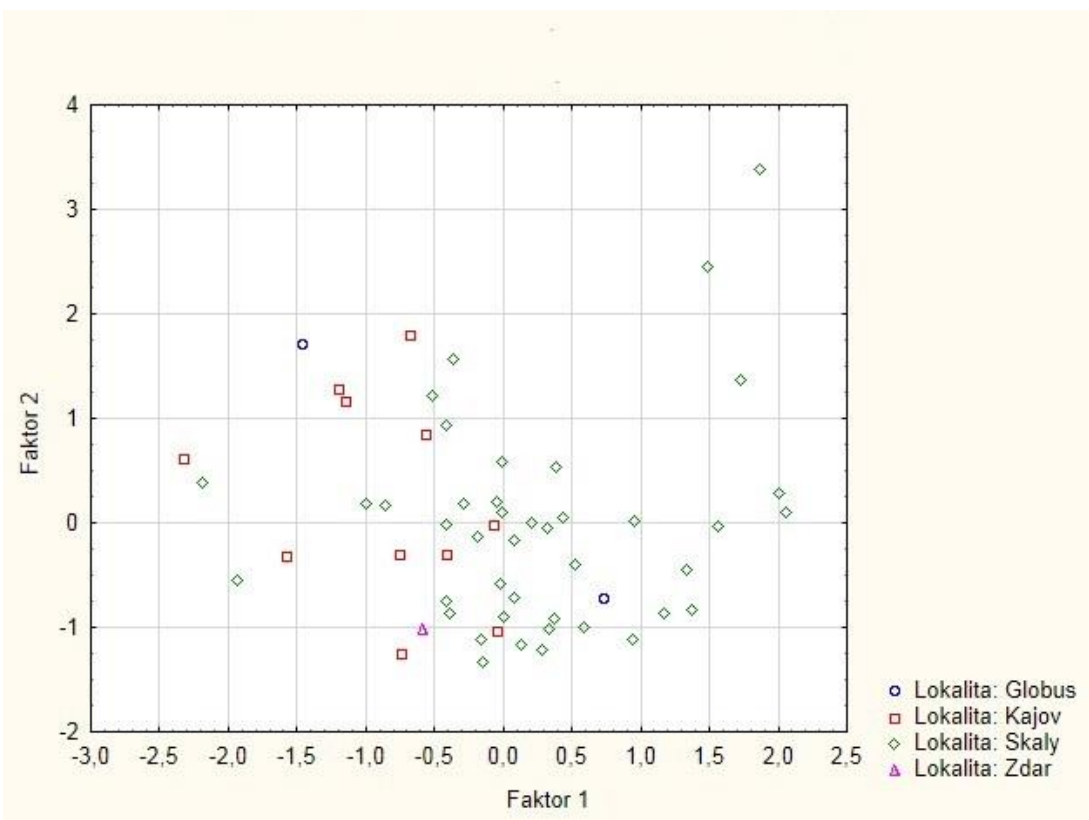


Graf 20. Skóre faktorů 1 a 3, Písecko a Bechyňsko

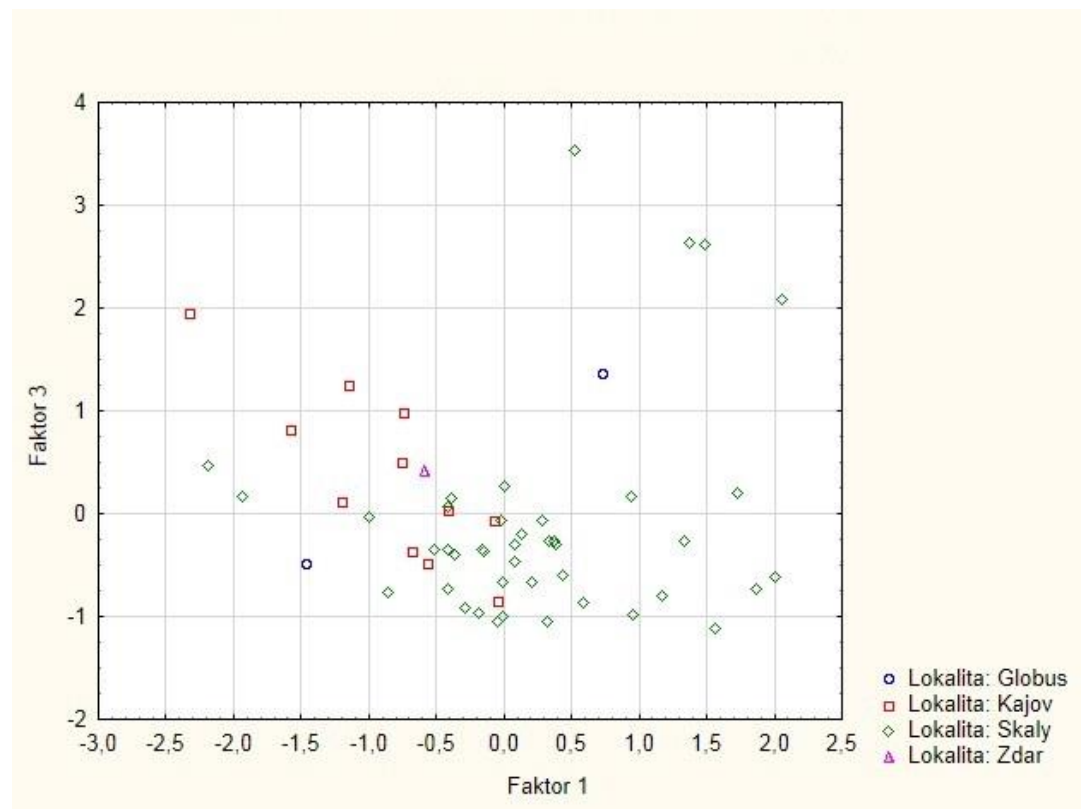
Při porovnání písecké a krumlovské skupiny, byly za účelem vyšší přehlednosti vypuštěny vzorky z Třísova. Z výsledných diagramů (Graf 21 a 22) je znát, že majoritní soubory, tedy Novosedly a Skály, se do značné míry překrývají. Zajímavé také je, že rozptyl skalských vzorků, i když je jich podstatně více, je zhruba stejný, jako u vzorků z Novosedel u Kájova. Vzpomeneme-li pak diagram týkající se pouze krumlovské skupiny (Graf 11), můžeme si představit, že v porovnání s Třísovem nebude rozptyl skalských vzorků zas tak výrazný.

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
S	-0,044306	0,638097	0,503018
K	0,286955	-0,560233	0,360579
Ca	0,205151	0,876314	0,053219
Ti	-0,856063	-0,009259	0,107128
Mn	0,264555	0,000811	0,721976
Fe	0,016864	0,081908	0,836777
Zn	0,504628	0,300039	0,430412
Ba	0,810778	0,111778	0,310146
Expl.Var	1,841521	1,598269	1,900244
Prp.Totl	0,230190	0,199784	0,237531

Tabulka 8. Faktorové zátěže Písecka, Českých Budějovic a Novosedel u Kájova



Graf 21. Skóre faktorů 1a 2, Písecko a Českokrumlovsko



Graf 22. Skóre faktorů 1a 3, Písecko a Českokrumlovsko

8.4. Interpretace

Faktorová analýza ukázala, že mezi jednotlivými lokalitami existují rozdíly, které se ale liší svou výrazností. Porovnání všech lokalit se neukázalo jako dobrým prostředkem k odhalení odlišností, protože výsledkem byl jeden velký shluk bodů, v kterém se obtížně rozeznávaly potenciální menší shluky, což napovídá, že jihočeská keramika si je vzájemně podobná. Při rozdělení souborů do menších skupin se už začaly projevovat i drobnější rozdíly, ale ani zde většinou nedošlo k vytvoření jasně vymezených, nepřekrývajících se shluků.

O českokrumlovské skupině lze říci, že z hlediska třísovských vzorků je zajímavé husté uskupení, překrývající se s novosedelskými vzorky. Mohlo by to naznačovat jejich společný původ? Vzdálenost obou lokalit nečiní vzdušnou čarou ani 15 km, navíc se předpokládá jejich současnost. Tudíž je možno zvážit šanci, že právě tato keramika pochází z jedné dílny. Otázkou zůstává, z které ze zmíněných lokalit může pocházet, ale vzhledem k tomu, že v Novosedlech je archeologicky doložena hrnčířská pec a zdejší shluk je v celku úzký, na rozdíl od třísovského, lze uvažovat spíše o novosedelské produkci, která pravděpodobně využívala nějaký ustálený zdroj hlíny. Velký rozptyl třísovského souboru by mohl být zapříčiněn například různorodostí zdrojů hlíny, používané k místní výrobě, tedy za předpokladu, že zde nějaká lokální produkce byla. Tento předpoklad je vysoký, alespoň dle mého mínění, už jen proto, že se jedná o oppidum, které jistě mělo vyšší spotřebu keramického zboží, než běžné sídliště typu Novosedly, proto se nemohlo spoléhat pouze na jeho import. Třísovští hrnčíři jistě potřebovali více zdrojů hlíny a vzhledem k tomu, že blízké okolí oppida leží na třech různých horninách (viz geologická mapa ČR), je možné, že i zde vyrobená keramika se může chemicky dosti lišit. Dále je nutno vzít v potaz, že zde jistě probíhal také obchod a některé vzorky mohou pocházet úplně odjinud, což by mohl naznačovat i zmíněný diagram (Graf 11). Výrazný rozdíl dvou vzorků z Českých Budějovic je těžké interpretovat a velkým přínosem by bylo navýšení jejich počtu. Možná by jeden, nebo oba vzorky mohly být importem, ale zde se skutečně pohybujeme v rovině čirých spekulací.

Ve strakonické skupině je největší překážkou chronologie, protože keramika z Katovic by měla být starší, možná proto se jeví jako nejodlišnější, a tudíž nesoučasná s přešťovickou a strakonickou keramikou. Současnost vzorků z Přešťovic a Strakonice není také zcela jistá, ale alespoň je možná. A z analýzy je jasné, že použitý materiál při

výrobě se lišil. Strakonický soubor je, oproti přešťovickému, mnohem soudržnější a lze tedy předpokládat, že většina vzorků byla vyrobena z jediného zdroje hlíny. Naopak u přešťovické keramiky, byla k výrobě použita hlína z různých zdrojů, lokalita se nachází v blízkosti nivních sedimentů, dále jsou zde časté sedimenty jílu, písku a šterku a podstatná část zdejšího okolí leží na horninách metagranitu a pararule (viz geologická mapa ČR). Použití různých zdrojů hlíny by mohlo naznačovat, že spotřeba keramiky zde byla vyšší a tudíž zde bylo více hrnčírů, případně, že část vzorků jsou importy. Druhému předpokladu odpovídají minimálně dva vzorky, které do tohoto souboru očividně nezapadají. Také by mohlo být možné, že přešťovické vzorky spadají do širšího časového úseku, než ty strakonické, a tím pádem zde ani nemuselo být více hrnčírů, ale keramika se liší zkrátka proto, že v průběhu času se zdroje hlíny vyčerpávaly a měnily.

Bechyňskou skupinu taktéž zasahuje problém chronologie, vzorky z Bechyňské Smoleče byly datovány spíše do časného latěnu, zatímco ratajské a čenkovské vzorky do pozdějších období. Nejvíce vyčleněné jsou vzorky z Čenkova, bohužel jich je jen velmi málo a tak je jejich interpretace obtížná. Minimálně se ale dá říci, že výrobní materiál nebyl totožný s materiálem používaným na ratajském sídlišti. Ratajské vzorky vykazují podobnou rozpolcenost, jako tomu bylo u již zmíněných vzorků z Přešťovic a proto je zde možná podobná interpretace. Ratajské okolí leží taktéž na nivních sedimentech a pararule, a dále na pískovcích (viz geologická mapa ČR). Je tedy opodstatněné předpokládat, že i místní zdroje hlíny se mohou a mohly vzájemně lišit.

Při porovnání souboru ze Skal s lokalitami strakonické a bechyňské skupiny si lze všimnout, že vzorky jsou rozptýleny snad jen o něco málo více, než je tomu v případě Přešťovic a Ratají, což je dáno i tím, že vzorků ze Skal je podstatně více. Nicméně i tato lokalita leží na území, v jehož podloží se nachází opět nivní sedimenty, písky, jíly a pararula (viz geologická mapa ČR), tudíž i zde se místní zdroje hrnčírského materiálu patrně lišily. Když pak ještě vzpomeneme, že onen rozptýl vzorků nebyl o moc větší, než rozptýl vzorků z Novosedel u Kájova, které se vůči třísovské keramice jevíly značně koherentně, můžeme o něco jistěji předpokládat, že většina vzorků ze Skal je místní produkce. Na druhou stranu jsou zde čtyři vzorky, které jeví velkou odlišnost a lze je označit potenciálními importy.

9. Závěr

Metoda XRF prokázala schopnost odhalit chemické rozdíly při nedestruktivním výzkumu jihočeské grafitové keramiky doby laténské. Mezi vzorky byly odhaleny i potenciální importy, u kterých se ale nepodařilo, snad s výjimkou novosedelské keramiky na Třísově, určit místo původu. Potenciální importy jsou dokladem obchodních aktivit doby laténské, kdy obchodním artiklem byla keramika, případně zboží, kterému keramické nádoby sloužily jako obal. Toto tvrzení ale nevyklučuje ani teorii o současném obchodu se surovým grafitem. Nicméně pro další ověření těchto tvrzení, by bylo vhodné tuto metodu kombinovat s některou z přesnějších analytických metod, používaných pro studium chemického složení keramiky. V tomto smyslu by jistě přispěla neutronová aktivační analýza (NAA). Na výsledcích obou metod by pak bylo dobré určit kritéria, kdy je možné využít nedestruktivní povahy XRF a kdy už je nezbytné přejít k destruktivním metodám. Velkým přínosem by pak bylo určení a analýza samotných zdrojů hrncířských materiálů, ale to je spíše přáním, než reálnou možností.

V budoucnu by zřejmě bylo vhodnější zaměřit se zprvu na projekty XRF, zkoumající menší regiony, s menším počtem lokalit, s prokazatelnější současností a o rovnoměrnějších počtech vzorků, za účelem statisticky spolehlivějších výsledků. Postupem času pak začít porovnávat tyto regiony i mezi sebou a třeba vytvořit databázi laténské, případně i keramiky z jiných období. Tato databáze by se nemusela a nejspíš ani neměla opírat pouze o výsledky metody XRF, ale spíše o širší spektrum chemických analytických metod, mezi kterými by byly i ty, které dokážou měřit prvky s lehkým protonovým číslem. Databáze jako taková, by jistě byla přínosem pro studium provenience a výrobních postupů keramiky a dále by mohla vnést více světla do problematiky obchodních tras a vztahů mezi lokalitami a regiony.

Jako ulehčení začínajícím uživatelům pXRF spektrometrů v poli české archeologie, by jistě dobře posloužil manuál, sepsaný zkušenějšími vědci. Takový manuál by měl obsahovat popis postupu měření, přípravy vzorků, příklady možných interpretací na již zpracovaných souborech a především rady, čeho se vyvarovat a na co si dát pozor.

10. Seznam použité literatury

Bakraji, E. H. – Abboud, R. – Issa, H. 2014: Provenance Study of Archaeological Ceramics from Syria Using XRF Multivariate Statistical Analysis and Thermoluminescence Dating, Journal of Ceramics Vol. 2014, Article ID 681017.

Břeň, J. 1966: Třisov. Keltské oppidum. Národní muzeum, Praha.

Centeno, S. A. – Williams, V. I. – Little, N. C. – Speakman, R. J. 2012: Characterization of surface decorations in Prehispanic archaeological ceramics by Raman spectroscopy, FTIR, XRD and XRF, Vibrational Spectroscopy 58, 119 – 124.

Čapek, L. – Čekalová, M. – Říha, J. 2013: Středověká keramika z Českých Budějovic a možnosti jejího archeometrického studia, Archaeologica Historica 38, 525 – 542.

Frankel, D. – Webb, J. M. 2012: Pottery production and distribution in prehistoric Bronze Age Cyprus. An application of pXRF analysis, Journal of Archaeological science 39, 1380 – 1387.

Gluscock, M. D. 2010: Comparison and Contrast Between XRF and NAA: Used for Characterizations of Obsidian Sources in Central Mexico, X- Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology, edited by M. S. Shackley, pp. 161–192. Springer, New York.

Gogolková, K. 2009: XRF analýza. Zlín

Goren, Y. – Mommsen, H. – Klinger, J. 2011: Non-destructive provenance study of cuneiform tablets using portable X-ray fluorescence (pXRF), Journal of Archaeological Science 38, 684 – 696.

Hlava, M. 2006: Tuhová keramika z oppida Staré Hradisko a pozdně laténská tuhová keramika na Moravě. Nepublikovaný rukopis disertační práce, Masarykova univerzita Brno.

Hložek, M. 2008: Encyklopedie moderních metod v archeologii. Praha.

Horáková-Jansová, L. 1955: Laténská tuhová keramika v Čechách a na Moravě. Památky Archeologické 46, s. 134 – 186.

Hunt, A. M. W. - Speakman, R. J. 2015: Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics, Journal of Archaeological Science 53, 1 – 13.

Ikeoka, R. A. et al. 2012: PXRF and multivariate statistics analysis of pre-colonial pottery from northeast of Brazil, X – ray Spectrometry 41, 12 – 15.

Michálek, J. 1990: Pozdně laténský sídlištní objekt u Strakonice, Archeologické výzkumy v jižních Čechách 7, s. 7 – 50.

Michálek, J. 1998: Akce muzea středního Pootaví ve Strakoniciích v letech 1994 – 1998, Výzkumy v Čechách 1998, s. 204 – 269.

Neustupný, E. 1979: Vektorová syntéza sídlištní keramiky – Vector synthesis of finds from settlement sites, Archeologické rozhledy 31, 55–74.

Neustupný, E. 2005: Syntéza struktur formalizovanými metodami – vektorová syntéza, Příspěvky k archeologii 2, s. 127 – 152. Plzeň.

Ownby, M. F. 2012: The Use of Portable X – ray Fluorescence Spectrometry for Analyzing Ancient Ceramics, Archaeology Southwest Magazine Vol. 26, No. 2.

Petáková, Z. – Rajlich, P. – Stejskal, M. 2008: Příspěvek k poznání chemického složení jihočeských grafitů, Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy 48, 27 – 31.

Procházka, V. – Petáková, Z. – Thomová, Z. – Laufek, F. 2011: Suroviny pro výrobu jihočeské keramiky bohaté grafitem v několika prehistorických a historických obdobích, Archeologické výzkumy v jižních Čechách 24, 299 – 315.

Shackley, M. S. 2010: Is There Reliability and Validity in Portable X – ray Fluorescence Spectrometry (PXRF)?, the SAA archaeological record Vol. 10, No. 5, 17 – 20.

Shackley, M. S. 2011: X – ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. Springer.

Speakman, R. J. et al. 2011: Sourcing ceramics with portable XRF spectrometers? A comparison with INAA using Mimbres pottery from the American Southwest, Journal of Archaeological Science 38, 3483 – 3496.

Terenzi, C. et al. 2010: Characterization of elemental and firing-dependent properties of Phlegrean ceramics by non-destructive ED-XRF and NMR techniques, Journal of Archaeological Science 37, 1403 – 1412.

Waldhauser, J. 2001: Encyklopedie Keltů v Čechách. Praha

11. Seznam internetových zdrojů

www.geologicke-mapy.cz

12. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Tabulky

Tabulka 1. Naměřené hodnoty všech vzorků ze všech lokalit

Příloha č. 2 – Grafy

Graf 23. Vápník proti křemíku

Graf 24. Hliník proti draslíku

Graf 25. Mangan proti zinku

Graf 26. Mangan proti zinku

Příloha č. 3 – Obrázková

Obrázek 1. Keramika z Třísova

Obrázek 2. Keramika z Novosedel u Kájova

Obrázek 3. Keramika z Českých Budějovic

Obrázek 4. Keramika z Ratají

Obrázek 5. Keramika z Přešťovic

Obrázek 6. Keramika ze Skal

13. Přílohy

Příloha č. 1 - Tabulky

Vzorek	č.m.	Lehké prvky											K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba	
		Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba									
Třisov 1	#1	46,651	16,423	21,432	0,036	2,236	5,313	0	0,128	5,692	0,049	0,21								
Třisov 2	#2	34,325	22,243	28,133	0,023	1,752	4,59	0	0,201	6,552	0,057	0,17								
Třisov 3	#3	55,365	9,735	13,336	0,142	1,621	14,502	0,062	0,122	3,434	0,015	0,049								
Třisov 4	#4	47,384	18,41	18,285	0,031	1,382	3,66	0,381	0,229	7,502	0,038	0,103								
Třisov 5	#5	55,624	13,327	14,158	0,031	1,668	6,251	0,319	0,285	4,459	0,017	0,091								
Třisov 6	#6	58,477	13,786	16,323	0,075	1,77	1,915	0,577	0,349	5,619	0,009	0,057								
Třisov 7	#7	59,473	10,843	17,143	0,1	1,866	4,887	0	0,168	3,501	0,035	0,096								
Třisov 8	#8	44,623	13,163	25,962	0,046	1,663	8,076	0	0,627	3,873	0,028	0,115								
Třisov 9	#9	53,47	13,531	19,316	0,036	1,522	5,32	0	0,232	4,718	0,036	0,126								
Třisov 10	#10	43,281	13,986	20,52	0,154	1,836	11,447	0	0,114	5,081	0,032	0,109								
Třisov 11	#11	39,182	20,01	24,835	0,023	1,653	4,964	0,096	0,209	6,123	0,046	0,129								
Třisov 12	#12	39,905	22,24	21,977	0,047	1,95	3,74	0,079	0,912	6,362	0,029	0,127								
Třisov 13	#13	38,475	19,24	25,868	0,058	2,182	5,314	0,11	0,187	6,515	0,042	0,104								
Třisov 14	#14	40,767	17,986	24,114	0,028	1,43	6,04	0,086	0,766	5,8	0,039	0,141								
Třisov 15	#15	44,221	17,932	26,484	0,058	2,509	1,683	0,48	0,498	5,051	0,011	0,052								
Třisov 16	#16	36,379	18,865	20,195	0,068	1,543	10,171	0,416	0,093	9,151	0,031	0,094								
Třisov 17	#17	48,26	18,202	20,682	0,044	2,127	1,706	0,551	0,647	5,958	0,01	0,063								
Třisov 18	#18	51,297	15,553	22,037	0,113	1,305	1,958	0,412	0,209	5,417	0,013	0,055								
Třisov 19	#19	43,355	20,551	20,844	0,036	1,352	3,899	0,489	0,133	6,918	0,019	0,082								
Třisov 20	#20	42,074	16,196	28,095	0,016	1,839	5,486	0	0,094	4,296	0,023	0,147								
Třisov 21	#21	47,048	11,635	16,505	0,173	1,199	17,533	0	0,174	3,647	0,028	0,088								
Třisov 22	#22	41,353	14,305	18,877	0,255	1,506	15,409	0	0,145	4,904	0,041	0,127								
Třisov 23	#23	40,787	12,522	18,534	0,079	0,9	19,836	0	0,181	4,751	0,021	0,09								
Třisov 24	#24	38,637	12,437	19,112	0,12	1,409	23,56	0	0,371	3,052	0,026	0,113								
Třisov 25	#25	39,93	21,403	25,157	0,074	2,208	3,061	0,735	0,365	5,871	0,014	0,066								
Třisov 26	#26	36,928	23,263	24,374	0,02	2,026	3,304	0,644	0,817	6,492	0,02	0,065								
Třisov 27	#27	46,966	18,768	22,238	0,049	2,291	1,576	0,518	0,455	5,246	0,011	0,057								
Třisov 28	#28	41,526	13,222	18,149	0,102	1,684	19,933	0	0,662	3,671	0,02	0,078								
Třisov 29	#29	53,061	16,282	19,601	0,04	1,929	1,412	0,572	0,447	4,872	0,011	0,062								
Třisov 30	#30	47,962	20,676	19,364	0,039	2,667	4,008	0,53	1,062	5,357	0,014	0,053								
Třisov 31	#31	46,143	20,167	18,926	0,092	1,966	2,298	0,578	0,376	7,771	0,015	0,063								
Třisov 32	#32	47,538	22,124	15,963	0,104	1,818	1,908	0,613	0,261	7,574	0,019	0,06								

Tabulka 1. Naměřené hodnoty všech vzorků ze všech lokalit

Vzorek	č.m.	Lehké prvky												
		Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba			
Třisov I 33	#33	44,542	23,39	17,598	0,077	1,839	1,406	0,652	0,649	8,262	0,022	0,059		
Třisov I 34	#34	43,234	23,504	18,121	0,071	1,841	2,926	0,446	0,591	7,535	0,024	0,06		
Třisov I 35	#35	37,308	27,194	18,933	0,102	1,707	2,039	0,772	0,67	8,955	0,014	0,066		
Třisov I 36	#36	46,76	21,079	16,532	0,063	1,634	2,353	0,593	1,202	7,911	0,02	0,064		
Třisov I 37	#37	39,926	26,16	18	0,075	1,848	2,743	0,512	0,194	7,956	0,014	0,057		
Třisov I 38	#38	48,536	18,167	20,75	0,081	2,191	1,076	0,36	0,142	6,925	0,016	0,051		
Třisov I 39	#39	49,675	18,891	18,612	0,053	2,176	1,784	0,43	0,294	6,552	0,012	0,053		
Třisov I 40	#40	40,42	25,763	18,251	0,077	1,854	1,84	0,57	0,147	8,864	0,027	0,065		
Třisov I 41	#41	45,299	21,792	17,922	0,061	1,972	2,036	0,493	0,38	7,976	0,013	0,06		
Třisov I 42	#42	49,571	17,111	21,371	0,067	2,061	1,94	0,311	0,415	5,72	0,009	0,059		
Třisov I 43	#43	43,408	21,602	21,872	0,07	2,072	1,781	0,331	0,192	6,508	0,016	0,062		
Třisov I 44	#44	49,617	14,454	19,979	0,053	1,802	7,078	0,144	0,665	3,857	0,025	0,09		
Třisov I 45	#45	43,126	18,682	22,37	0,035	2,242	5,527	0,149	0,076	5,201	0,026	0,125		
Třisov I 46	#46	30,294	27,379	24,406	0,033	2,636	6,34	0,274	0,1	6,823	0,022	0,075		
Třisov I 47	#47	58,73	11,188	15,821	0,032	1,791	1,227	0,886	0,13	8,332	0,007	0,067		
Třisov I 48	#48	42,017	19,026	22,694	0,033	1,792	5,517	0,154	0,392	6,107	0,031	0,127		
Třisov I 49	#49	53,278	16,496	17,75	0,058	1,857	1,218	0,439	1,112	6,068	0,018	0,082		
Třisov I 50	#50	40,285	14,081	25,885	0,154	2,11	10,601	0	0,895	3,766	0,059	0,138		
Třisov I 51	#51	34,082	23,543	25,587	0,043	2,558	5,967	0,157	0,113	6,015	0,019	0,12		
Třisov I 52	#52	42,405	20,587	15,33	0,043	1,919	8,012	0,382	0,19	7,695	0,016	0,102		
Třisov I 53	#53	50,203	16,883	20,851	0,089	1,7	1,656	0,455	0,352	6,198	0,01	0,055		
Třisov I 54	#54	47,593	21,034	15,709	0,094	1,476	2,174	0,575	0,497	8,654	0,015	0,065		
Třisov I 55	#55	52,767	16,607	15,943	0,037	1,743	2,313	0,507	0,417	8,53	0,018	0,066		
Třisov I 56	#56	51,04	16,682	17,873	0,042	1,814	1,631	0,438	0,565	8,259	0,015	0,076		
Třisov I 57	#57	49,811	17,521	20,262	0,066	2,172	1,443	0,708	0,546	5,753	0,01	0,05		
Třisov I 58	#58	40,456	21,016	19,496	0,039	1,98	4,072	0,409	0,306	8,692	0,017	0,152		
Třisov I 59	#59	49,733	17,995	17,142	0,037	1,985	1,861	0,544	0,202	8,558	0,011	0,058		
Třisov I 60	#60	47,217	18,605	22,111	0,051	2,234	1,315	0,56	0,419	5,85	0,013	0,061		
Třisov I 61	#61	48,502	18,068	20,472	0,043	2,265	1,243	0,466	0,921	6,02	0,014	0,068		
Třisov I 62	#62	34,623	17,327	29,701	0,071	1,922	9,546	0	0,402	3,973	0,018	0,104		
Třisov I 63	#63	51,965	16,25	19,332	0,079	2,223	1,377	0,597	0,194	6,218	0,011	0,054		
Třisov I 64	#64	33,56	19,753	35,232	0,011	1,928	4,72	0	0,092	3,362	0,03	0,122		

Tabulka 1. (pokračování)

Vzorek	č.m.	Lehké prvky	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba
Třísov I 65	#76	31,914	20,629	38,26	0,008	1,956	1,227	0,348	0,101	4,183	0,007	0,048
Třísov I 66	#77	38,88	23,258	26,588	0,032	2,533	0,596	0,417	0,371	5,961	0,018	0,064
Třísov I 67	#78	40,521	23,076	25,263	0,045	2,231	0,5	0,362	0,514	6,093	0,015	0,063
Třísov I 68	#79	40,267	21,783	24,835	0,043	2,408	1,487	0,82	1,417	5,205	0,016	0,06
Třísov I 69	#80	38,933	19,061	24,398	0,082	1,664	7,956	0	0,289	5,893	0,023	0,121
Třísov I 70	#81	40,095	18,754	26,781	0,038	2,008	4,59	0	0,156	5,485	0,028	0,15
Třísov I 71	#82	37,175	19,25	23,758	0,067	2,496	8,56	0	0,275	5,494	0,038	0,141
Třísov I 72	#83	49,807	18,902	15,505	0,026	2,175	2,185	0,294	0,26	7,773	0,011	0,086
Třísov I 73	#84	48,345	18,233	21,007	0,046	2,309	1,703	0,631	0,335	5,738	0,009	0,049
Třísov I 74	#85	33,47	28,61	25,042	0,039	1,988	1,465	0,442	0,114	7,352	0,015	0,072
Třísov I 75	#86	16,294	44,146	25,541	0,026	1,891	1,995	0,392	0,236	6,889	0,035	0,116
Třísov I 76	#87	44,36	21,257	20,481	0,06	1,722	1,368	0,426	0,686	7,529	0,016	0,071
Třísov I 77	#88	41,31	18,769	20,859	0,095	1,849	8,044	0,112	0,175	5,034	0,033	0,126
Třísov I 78	#89	48,917	16,711	21,737	0,082	2,011	1,743	0,411	0,412	6,685	0,011	0,063
Třísov I 79	#90	48,482	18,215	20,972	0,066	2,187	1,622	0,323	1,003	5,207	0,017	0,074
Třísov I 80	#91	42,886	19,189	25,66	0,049	2,167	1,1	0,794	1,225	5,29	0,013	0,069
Třísov I 81	#92	47,443	18,888	20,55	0,069	2,412	1,744	0,652	0,252	5,994	0,012	0,053
Třísov I 82	#93	48,016	17,908	21,643	0,063	2,028	1,827	0,369	0,366	5,942	0,013	0,057
Třísov I 83	#94	50,222	16,638	18,016	0,037	2,264	1,137	0,729	0,389	7,924	0,009	0,074
Třísov I 84	#95	47,71	18,32	20,98	0,066	1,95	1,393	0,523	0,651	6,771	0,01	0,055
Třísov II 1	#96	39,583	15,542	25,203	0,015	1,823	9,042	0	0,052	5,754	0,015	0,08
Třísov II 2	#97	37,402	23,205	25,247	0	2,804	3,014	0,107	0,104	6,149	0,025	0,121
Třísov II 3	#98	50,206	14,414	23,287	0,025	1,946	4,179	0	0,05	5,374	0,03	0,155
Třísov II 4	#99	36,435	18,017	25,314	0,028	2,084	10,555	0	0,094	5,855	0,024	0,094
Třísov II 5	#100	46,796	19,702	21,223	0,012	1,985	2,461	0,197	0,276	6,011	0,008	0,061
Třísov II 6	#101	31,44	26,782	25,316	0,051	2,642	3,723	0,419	0,293	7,341	0,015	0,064
Třísov II 7	#102	39,773	18,792	18,055	0,076	1,542	9,497	0,181	0,14	7,67	0,032	0,137
Třísov II 8	#103	37,108	23,52	25,068	0,011	3,139	2,31	0	0,083	6,274	0,041	0,117
Třísov II 9	#104	42,266	26,605	18,421	0,057	1,776	2,175	0,481	0,214	6,599	0,011	0,062
Třísov II 10	#105	41,203	21,446	23,173	0,03	1,92	2,336	0,404	0,681	7,444	0,01	0,075
Třísov II 11	#106	38,589	16,719	34,069	0,006	1,905	3,358	0	0,057	4,15	0,017	0,108
Třísov II 12	#107	44,182	17,948	25,207	0,017	2,876	4,433	0	0,114	2,528	0,024	0,088

Tabulka 1. (pokračování)

Vzorek	č.m.	Lehké prvky	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba
Třísov II 13	#108	44,716	19,148	19,277	0,043	2,098	3,699	0,644	0,22	6,679	0,025	0,073
Třísov II 14	#109	29,707	28,465	24,53	0,026	1,867	3,935	0,401	0,184	8,168	0,022	0,099
Třísov II 15	#110	35,52	20,366	31,578	0,01	1,833	4,041	0,138	0,032	5,332	0,015	0,107
Třísov II 16	#111	43,314	14,726	23,559	0,099	1,608	10,1	0	0,068	4,011	0,029	0,119
Třísov II 17	#112	38,371	23,077	22,585	0,03	2,88	3,235	0	1,043	6,354	0,041	0,142
Třísov II 18	#113	43,227	21,686	24,301	0,021	2,248	2,853	0,312	0,104	4,025	0,026	0,099
Třísov II 19	#114	41,973	17,214	30,693	0,007	1,615	2,126	0,133	0,071	4,905	0,011	0,071
Třísov II 20	#115	47,986	13,886	22,414	0,027	1,748	6,289	0	0,285	5,29	0,044	0,182
Třísov II 21	#116	38,552	16,153	33,718	0,013	1,703	4,232	0	0,202	4,392	0,024	0,126
Třísov II 22	#117	48,443	17,578	23,567	0,059	2,78	1,024	0,1	0,201	4,545	0,016	0,104
Třísov II 23	#118	46,625	18,586	19,935	0,056	1,73	3,493	0,652	0,195	6,028	0,012	0,073
Třísov II 24	#119	42,699	23,009	20,194	0,032	1,807	3,487	0,378	0,429	6,317	0,01	0,074
Třísov II 25	#120	45,402	18,141	23,998	0,095	2,024	1,421	0,362	0,053	7,492	0,017	0,075
Třísov II 26	#121	43,242	16,686	25,821	0,022	1,782	6,328	0,421	0,227	4,071	0,03	0,09
Třísov II 27	#122	40,364	21,124	23,603	0,039	1,754	3,17	0,449	0,114	6,654	0,023	0,13
Třísov II 28	#123	28,763	27,873	32,857	0,071	2,137	1,514	0,524	0,091	4,202	0,015	0,076
Třísov II 29	#124	40,38	20,468	25,6	0,016	1,911	3,532	0	0,164	5,668	0,035	0,125
Třísov II 30	#125	46,532	16,239	20,591	0,022	2,627	5,553	0	0,124	6,014	0,033	0,164
Třísov II 31	#126	33,924	19,154	34,64	0	2,039	4,732	0	0,093	4,227	0,028	0,136
Třísov II 32	#127	49,282	17,656	20,356	0,026	1,787	2,549	0,335	0,439	5,759	0,013	0,098
Třísov II 33	#128	47,679	17,09	18,899	0,055	1,872	3,615	0,373	0,324	7,023	0,025	0,111
Třísov II 34	#129	47,45	17,681	22,784	0,008	2,34	2,884	0,137	0,357	4,936	0,016	0,115
Třísov II 35	#130	37,52	23,969	23,824	0,037	2,058	2,81	0,35	0,216	6,483	0,043	0,138
Třísov II 36	#131	48,552	19,057	21,028	0,05	2,222	2,76	0,269	0,347	4,558	0,007	0,072
Třísov II 37	#132	46,016	19,159	18,989	0,068	1,954	3,601	0,487	0,262	7,314	0,018	0,082
Třísov II 38	#133	40,929	18,035	27,266	0,027	2,156	4,168	0	0,687	4,687	0,034	0,161
Třísov II 39	#134	48,281	18,093	21,238	0,055	1,798	2,804	0,389	0,322	5,718	0,019	0,079
Třísov II 40	#135	52,983	17,053	20,638	0,022	1,635	1,939	0,243	0,099	3,669	0,013	0,076
Třísov II 41	#136	48,88	18,276	21,661	0,007	1,592	2,711	0,258	0,316	3,897	0,022	0,074
Třísov II 42	#137	52,84	16,403	16,139	0,094	2,052	2,472	0,541	0,183	6,572	0,005	0,054
Třísov II 43	#138	47,153	19,239	20,494	0,113	1,942	2,733	0,562	0,249	5,799	0,01	0,056
Třísov II 44	#139	45,935	20,498	19,542	0,017	1,856	3,619	0,344	0,252	5,18	0,012	0,086

Tabulka 1. (pokračování)

Vzorek	č.m.	Lehké prvky	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba
Třísov II 45	#140	47,822	18,916	21,693	0,092	2,866	2,139	0,526	0,089	5,196	0,009	0,053
Třísov II 46	#141	30,525	26,735	35,069	0,036	2,295	0,964	0,431	0,068	2,867	0,01	0,059
Třísov II 47	#142	57,197	14,985	19,329	0,066	2,334	0,522	0,414	0,058	4,062	0,006	0,043
Třísov II 48	#143	53,533	14,781	18,823	0,017	2,086	3,449	0,218	0,471	4,983	0,019	0,068
Třísov II 49	#144	53,27	18,097	17,13	0,087	2,065	2,327	0,377	0,172	4,576	0,014	0,064
Třísov II 50	#145	38,794	27,606	18,159	0,076	1,575	2,312	0,796	0,203	8,458	0,011	0,044
Třísov II 51	#146	42,773	21,448	23,181	0,073	2,356	1,647	0,469	0,788	5,344	0,011	0,079
Třísov II 52	#147	56,954	15,747	17,109	0,041	2,324	0,708	0,39	0,064	5,115	0,008	0,028
Třísov II 53	#148	47,429	19,122	20,089	0,045	2,036	3,447	0	0,713	4,546	0,026	0,133
Třísov II 54	#149	47,954	18,588	25,472	0,035	1,375	1,493	0,132	0,084	3,984	0,01	0,051
Třísov II 55	#150	27,363	27,226	35,457	0,02	2,536	0,661	0,495	0,053	4,852	0,015	0,09
Třísov II 56	#151	39,458	23,601	21,834	0,014	3,247	2,456	0,324	0,091	5,455	0,025	0,108
Rataje I 1	#152	58,414	9,788	20,426	0	2,211	2,365	0	0,426	5,174	0,02	0,152
Rataje I 2	#153	47,007	13,658	24,589	0,008	2,775	2,993	0	0,059	6,444	0,017	0,172
Rataje I 3	#154	61,487	9,035	19,372	0,007	2,075	2,233	0,193	0,043	4,161	0,024	0,08
Rataje I 4	#155	42,795	13,368	30,618	0,033	1,752	3,349	0,178	0,065	6,271	0,015	0,108
Rataje I 5	#156	37,793	16,369	34,616	0	2,174	2,733	0	0,027	4,441	0,016	0,149
Rataje I 6	#157	33,873	22,544	30,778	0	1,816	2,992	0,171	0,134	6,156	0,021	0,06
Rataje I 7	#158	36,511	18,64	30,969	0,005	1,845	3,421	0	0,039	6,368	0,019	0,09
Rataje I 8	#159	18,763	35,006	35,163	0	2,384	1,16	0	0,051	6,024	0,028	0,15
Rataje II 1	#160	59,912	9,141	17,116	0,03	1,645	2,588	0,394	0,048	7,335	0,016	0,101
Rataje III 1	#41	36,499	20,244	27,711	0,026	1,539	4,887	0,391	0,072	7,375	0,018	0,112
Rataje III 2	#42	54,007	12,294	24,589	0,031	2,049	1,671	0	0,086	4,742	0,016	0,09
Rataje III 3	#43	43,962	15,718	26,394	0,019	2,252	3,644	0	0,088	6,667	0,017	0,121
ČB Globus 1	#163	45,581	18,576	19,287	0,025	2,153	1,723	0	0,128	11,322	0,002	0,119
ČB Globus 2	#166	54,532	13,015	20,467	0,04	1,104	2,769	0,298	0,12	6,259	0,001	0,042
Kájov I 1	#169	54,987	13,531	19,756	0,044	2,266	1,909	0	0,028	5,924	0,007	0,055
Kájov I 2	#170	61,602	10,587	17,78	0,007	1,981	1,147	0	0,03	5,726	0,005	0,046
Kájov I 3	#171	51,593	14,146	20,469	0,023	2,139	2,077	0,16	0,05	7,064	0,007	0,052
Kájov II 1	#172	34,83	21,749	30,789	0,045	2,126	4,352	0,431	0,03	4,447	0,014	0,052
Kájov II 2	#173	39,236	21,382	26,744	0,029	2,259	1,798	0,702	0,068	6,612	0,017	0,045
Kájov II 3	#174	42,245	18,818	20,354	0,039	1,757	2,271	0,73	0,024	11,706	0,01	0,056

Tabulka 1. (pokračování)

Vzorek	č. m.	Lehké prvky	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba
Kájov II 4	#175	56,911	11,379	16,841	0,054	1,773	2,736	0,368	0,213	8,531	0,007	0,066
Kájov II 5	#176	35,728	21,334	29,12	0,013	2,325	1,36	0,459	0,152	8,179	0,009	0,067
Kájov II 6	#177	45,199	19,11	21,011	0,022	1,901	4,291	0,613	0,197	6,108	0,009	0,051
Kájov II 7	#178	32,822	22,037	31,108	0,012	2,295	2,703	0,595	0,105	6,949	0,014	0,065
Kájov II 8	#179	39,193	20,99	30,357	0,039	1,65	2,005	0,362	0,044	4,487	0,016	0,063
Přešovice 1	#180	45,061	16,102	17,799	0,111	2,44	10,384	0,104	0,5	4,072	0,031	0,093
Přešovice 2	#181	41,076	19,535	21,895	0,02	1,983	6,371	0	0,41	5,539	0,022	0,147
Přešovice 3	#182	41,178	21,297	25,789	0,052	2,87	2,565	0,299	0,058	5,157	0,014	0,063
Přešovice 4	#183	55,576	11,851	20,977	0,026	1,999	4,056	0	0,193	3,246	0,017	0,086
Přešovice 5	#184	53,557	13,511	17,478	0,033	2,821	4,384	0,112	0,076	5,809	0,013	0,088
Přešovice 6	#185	36,255	23,371	25,055	0,014	2,81	3,543	0	0,194	7,163	0,018	0,102
Přešovice 7	#186	45,368	17,673	22,042	0,021	1,831	4,764	0	0,325	5,441	0,02	0,133
Přešovice 8	#187	44,178	17,138	23,23	0,022	3,01	4,933	0	0,161	5,023	0,022	0,12
Přešovice 9	#188	44,676	18,529	20,323	0,031	2,318	5,343	0	0,054	6,122	0,025	0,162
Přešovice 10	#189	40,454	17,793	21,865	0,034	1,73	5,639	0	0,984	8,735	0,037	0,178
Přešovice 11	#190	44,806	20,54	18,344	0,024	1,698	5,748	0,091	0,053	5,657	0,011	0,097
Přešovice 12	#191	37,658	22,256	24,76	0,018	1,782	7,692	0	0,263	4,249	0,017	0,075
Malý Čenkov 1	#45	51,182	16,069	21,333	0,036	1,709	1,555	0,473	0,026	5,835	0,011	0,055
Malý Čenkov 2	#46	46,104	15,798	21,796	0,026	1,648	0,818	0,13	0,13	13,448	0,005	0,064
Malý Čenkov 3	#47	50,253	16,335	22,781	0,064	2,328	1,057	0,42	0,033	5,806	0,009	0,063
Bechyňě zhradník #48	#48	48,902	18,302	17,635	0,041	1,999	4,548	0,535	0,286	6,468	0,02	0,055
Bech. Smoleč 4	#49	43,536	17,067	30,709	0,023	1,796	2,064	0	0,035	4,259	0,017	0,095
Bech. Smoleč 1	#50	38,199	20,191	31,988	0,038	2,22	2,169	0	0,054	4,187	0,017	0,101
Bech. Smoleč 2	#51	35,454	21,298	35,255	0,034	2,073	1,514	0	0,05	3,334	0,016	0,095
Bech. Smoleč 3	#52	48,152	15,659	20,686	0,032	2,542	1,923	0	0,278	9,289	0,01	0,084
Žďár	#24	45,951	18,927	24,882	0,043	2,793	1,22	0,447	0,06	4,247	0,009	0,062
Katovice 1	#25	52,079	13,561	23,541	0,052	1,672	1,693	0,105	0,061	6,457	0,011	0,066
Katovice 2	#26	54,892	16,483	16,714	0,119	1,527	2,526	0,377	0,028	6,039	0,01	0,038
Katovice 3	#27	46,564	21,106	21,48	0,044	2,023	2,148	0,426	0,21	4,856	0,009	0,041
Katovice 4	#29	51,396	14,324	18,835	0,055	1,585	6,184	0,546	0,041	5,669	0,019	0,048
Katovice 5	#30	37,879	21,467	29,264	0,059	2,257	1,865	0,302	0,048	5,86	0,009	0,089
Katovice přeslen	#31	52,474	14,416	22,361	0,056	1,178	3,113	0,458	0,027	4,447	0,009	0,034

Tabulka 1. (pokračování)

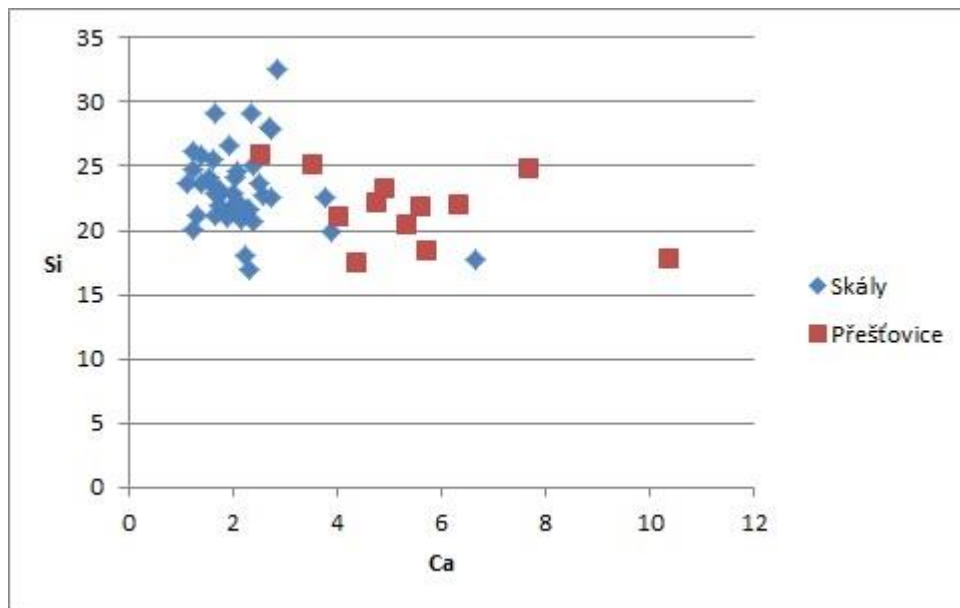
Vzorek	č.m.	Lehké prvky	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba
Strakonice VI 1	#32	44,495	21,784	24,468	0,021	3,326	1,112	0	0,031	4,337	0,024	0,105
Strakonice VI 2	#33	41,435	22,562	24,596	0,042	2,747	2,363	0	0,071	4,508	0,014	0,074
Strakonice VI 3	#34	42,599	19,18	27,597	0,069	2,334	2,763	0	0	3,798	0,02	0,126
Strakonice VI 4	#35	42,413	19,301	25,803	0,031	2,764	4,262	0	0,082	4,223	0,013	0,121
Strakonice VI 5	#36	43,716	21,706	23,742	0,027	2,925	2,337	0	0,031	4,575	0,017	0,089
Strakonice VI 6	#37	41,799	22,584	25,783	0,028	3,201	1,406	0	0,052	4,329	0,019	0,097
Strakonice VI 7	#38	53,999	16,075	20,233	0,039	2,425	2,138	0	0,028	4,347	0,017	0,102
Strakonice VI 8	#39	54,786	15,645	20,558	0,028	2,117	2,101	0	0,031	4,104	0,017	0,108
Skály obj. I 1	#57	49,333	16,826	23,172	0,017	2,608	1,734	0,214	0,03	5,323	0,007	0,066
Skály obj. I 2	#58	46,84	17,882	22,62	0,024	1,325	2,738	0,324	0,061	6,88	0,014	0,07
Skály obj. I 3	#59	42,32	19,414	27,861	0,051	1,669	2,73	0,299	0,023	4,662	0,018	0,068
Skály obj. I 4	#60	52,004	16,299	20,086	0,015	2,071	1,235	0,389	0,079	6,531	0,01	0,074
Skály obj. I 5	#61	50,558	15,618	24,171	0,013	2,388	1,555	0,24	0,099	4,784	0,016	0,07
Skály obj. I 6	#62	49,699	16,405	22,771	0,015	2,012	2,571	0,182	0,122	4,968	0,013	0,076
Skály obj. I 7	#63	51,62	16,759	21,098	0,009	2,203	1,663	0,279	0,095	5,613	0,01	0,087
Skály obj. I 8	#64	53,725	15,546	21,808	0,01	1,58	2,049	0,253	0,087	4,435	0,015	0,063
Skály obj. I 9	#65	51,312	15,94	20,898	0,013	1,929	2,154	0,344	0,142	5,438	0,012	0,082
Skály obj. I 10	#66	44,893	18,341	25,856	0,01	2,426	1,4	0,241	0,06	5,73	0,017	0,07
Skály obj. I 11	#67	53,685	12,285	24,113	0	1,551	2,052	0,228	0,126	4,929	0,013	0,078
Skály obj. I 12	#68	41,897	18,969	29,155	0,017	1,542	2,34	0,221	0,023	5,138	0,012	0,071
Skály obj. I 13	#69	60,278	11,398	17,017	0,023	1,873	2,33	1,187	0,068	5,21	0,015	0,066
Skály obj. I 14	#70	51,758	12,899	17,72	0,032	1,695	6,671	0	0,102	6,351	0,023	0,121
Skály obj. I 16	#72	43,414	18,46	22,629	0,035	1,911	3,768	0	0,156	7,318	0,02	0,132
Skály obj. I 17	#73	34,57	27,188	26,117	0,011	2,146	1,233	0,446	0,025	6,763	0,021	0,087
Skály obj. I 18	#74	49,041	17,326	23,519	0,007	2,03	1,616	0,588	0,069	5,005	0,008	0,084
Skály obj. I 19	#75	45,686	19,709	25,462	0,007	2,285	1,615	0,192	0,059	4,005	0,012	0,076
Skály obj. I 20	#76	49,464	16,698	22,74	0	1,886	1,758	0,278	0,092	6,265	0,009	0,077
Skály obj. I 21	#77	55,382	15,219	18,133	0,026	1,979	2,248	0,613	0,062	5,311	0,01	0,066
Skály obj. I 22	#78	49,925	17,385	22,962	0,008	1,476	2,013	0,463	0,103	5,208	0,008	0,058
Skály obj. I 23	#79	52,924	13,031	21,616	0,02	2,167	1,919	0	0,058	6,32	0,011	0,112
Skály obj. I 24	#80	48,528	18,026	22,846	0,02	2,107	1,662	0,229	0,128	5,882	0,008	0,073
Skály obj. I 25	#81	51,414	16,719	21,898	0,007	1,567	1,739	0,274	0,064	5,243	0,007	0,07

Tabulka 1. (pokračování)

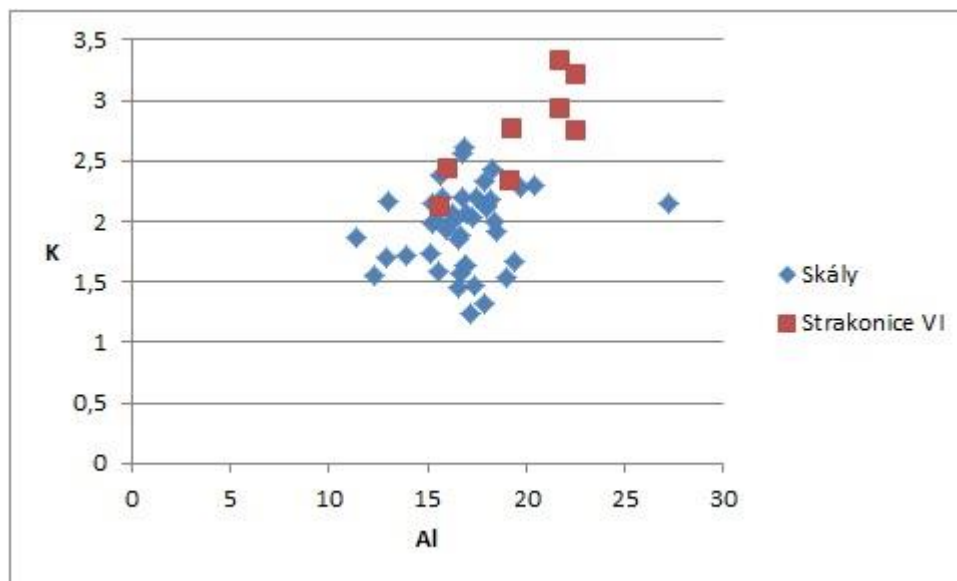
Vzorek	č.m.	Lehké prvky	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Ba
Skály obj. 26	#82	46,949	15,488	19,987	0,072	2,018	3,902	0,098	0,485	8,767	0,06	0,115
Skály obj. 27	#83	44,972	16,79	21,672	0,035	2,565	2,263	0	0,214	9,317	0,066	0,107
Skály obj. 28	#84	44,033	18,412	25,026	0,018	2,003	2,387	0,417	0,218	5,417	0,015	0,063
Skály obj. 29	#85	47,647	15,153	26,679	0,013	1,728	1,935	0,235	0,084	5,252	0,015	0,077
Skály obj. 31	#87	46,395	17,989	24,746	0	2,139	1,236	0,341	0,114	5,483	0,008	0,068
Skály obj. 32	#88	50,599	16,852	20,725	0,023	1,643	2,411	0,165	0,218	5,647	0,013	0,086
Skály obj. 33	#89	41,766	17,883	29,161	0,007	2,33	1,654	0,106	0,246	5,902	0,02	0,084
Skály obj. 34	#90	41,408	18,217	21,647	0,033	2,175	2,316	0,289	0,975	10,154	0,021	0,115
Skály obj. 35	#91	51,541	16,517	21,182	0,014	1,858	1,309	0,992	0,066	5,364	0,006	0,066
Skály obj. 36	#92	48,445	17,172	23,613	0,013	1,246	2,525	0,38	0,085	5,916	0,014	0,073
Skály obj. 37	#93	52,728	15,22	23,653	0,01	2,149	1,398	0	0,102	4,341	0,018	0,084
Skály obj. 38	#94	52,184	16,522	21,004	0,009	1,449	1,907	0,301	0,098	5,17	0,01	0,067
Skály obj. 39	#95	49,523	17,007	22,183	0,01	1,636	2,103	0,267	0,071	5,827	0,012	0,075
Skály obj. 40	#96	49,433	16,994	23,618	0,008	2,066	1,133	0,259	0,141	5,262	0,008	0,063
Skály obj. 41	#97	45,223	15,722	21,972	0,02	2,202	2,176	0	0,896	9,48	0,017	0,119
Skály obj. 42	#98	51,293	13,928	24,68	0,009	1,724	2,071	0,095	0,1	4,737	0,017	0,091
Skály obj. 44	#100	35,217	20,447	32,572	0,026	2,298	2,872	0	0,02	4,803	0,021	0,125
Skály obj. 45	#101	43,519	17,495	27,967	0,015	2,202	2,696	0	0,025	4,137	0,014	0,103

Tabulka 1. (pokračování)

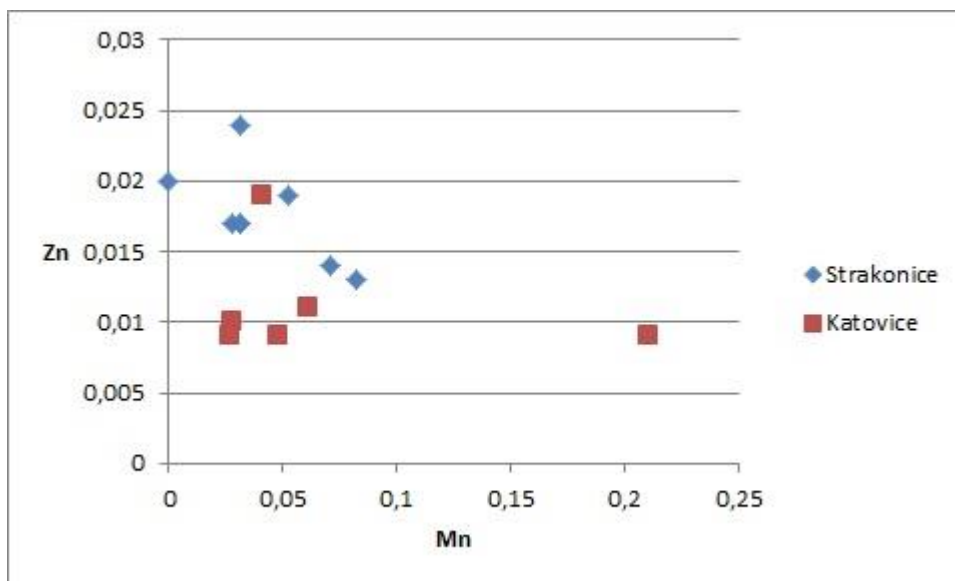
Příloha č. 2 - Grafy



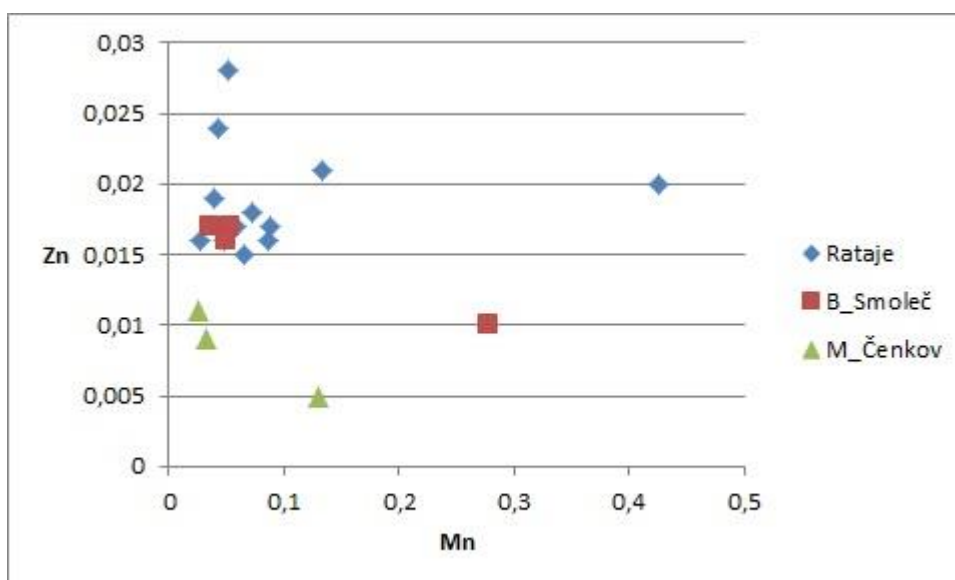
Graf 23. Vápník proti křemíku



Graf 24. Hliník proti draslíku



Graf 25. Mangan proti zinku

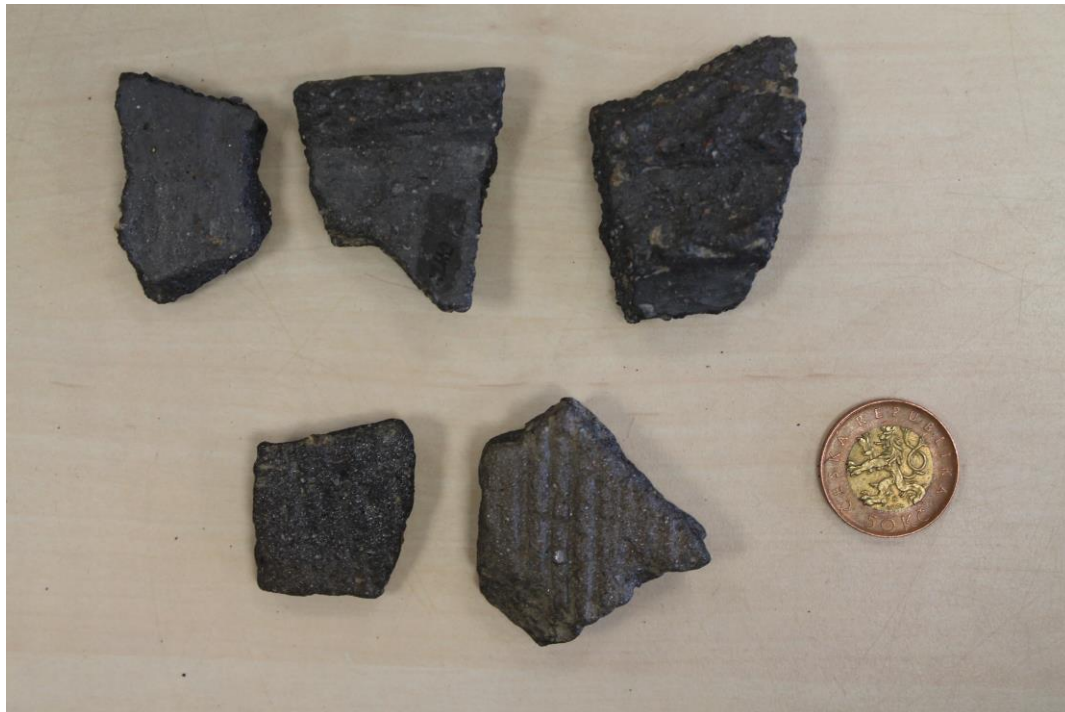


Graf 26. Mangan proti zinku

Příloha č. 3 – obrázková



Obrázek 1. Keramika z Třisova



Obrázek 2. Keramika z Novosedel u Kájova



Obrázek 3. Keramika z Českých Budějovic



Obrázek 4. Keramika z Ratají



Obrázek 5. Keramika z Přešťovic



Obrázek 6. Keramika ze Skal