

### 3 POPIS METODY UŽITÉ PRO ZPRACOVÁNÍ RANĚ STŘEDOVĚKÉ KERAMIKY

Vzhledem k celkovému zaměření této publikace byly podrobněji a komplexně zpracovány a vyhodnoceny vybrané keramické soubory z lokality Kostice – Zadní hrůd vztahující se k době povelkomoravské a mladohradištní, na jejichž příkladech se podařilo vytvořit smysluplnou metodiku práce s tímto druhem archeologického pramene.

Ke zpracování raně středověkých keramických souborů byla užita zavedená archeologická metoda založená na analýze a syntéze archeologického kontextu. Metoda byla definována ve známých pracích E. Neustupného (1986; 1997; 2007) a J. Macháčka (2001a; 2007). Základními kroky této metody je analýza archeologického kontextu, neboli souboru archeologických pramenů, a následná syntéza, jejímž cílem je spojování prvků vyčleněných analýzou do archeologických struktur, které odrážejí zákonitosti obsažené v pramenech.

Jednotlivé kroky použité metody ke zpracování keramických souborů včetně validace jsou podrobně popsány na příkladech konkrétních dat v rámci samostatných kapitol této práce. Následuje teoretický popis užité archeologické metody.

#### 3.1 Analýza archeologického kontextu

Při analytickém procesu je třeba archeologické prameny transformovat ve formalizovaná archeologická data, dochází tak k rozkladu (analýze) archeologického kontextu na části dvojího druhu: entity a kvality (Neustupný 1986, 532–537). Podle E. Neustupného rozumíme entitami strukturující prostorové prvky (objekty), kterými mohou být např. region, hrob, pohřebiště, sídlištní jáma, ale i koncentrace kamenné industrie, nádoba, střep apod. Kvality pak představují vlastnosti entit. Může jimi být určitá výzdoba na nádobě, počet okrajů určitého druhu v jednom objektu, rozměry nádoby, dokonce rozloha hradiště nebo přítomnost či absence milodarů ve výbavě hrobu apod. (Neustupný 1986, 532–537; Macháček 2007, 16).

Podstatou analytické fáze archeologické metody je deskripce archeologických pramenů, při které vytváříme systém entit a kvalit, obecně nazývaný deskriptivním systémem. Výsledkem analýzy by tedy měl být podrobný, ale pokud možno smysluplný deskriptivní systém, zaznamenávající formalizovaným způsobem informace o určitém souboru archeologických pramenů. Deskriptivní systém má většinou podobu tabulky, kde řádky tvoří entity a sloupce představují kvality systému. Proto jako moderní nástroj archeologické deskripce v dnešní době často používáme relační databáze, jejichž základem jsou databázové tabulky, navzájem propojené relačními spojeními. Pomocí databází snadno a prakticky vytváříme datový model, který navrhujeme na základě archeologické analýzy (Macháček 2007, 16).

V rámci disertační práce A. Balcárkové, z níž vychází podstatná část této knihy, byl vytvořen podrobný deskriptivní systém pro popis povelkomoravské a mladohradištní keramiky v kontextu oblasti dolního Podyjí (viz tab. 19–53), přitom tento systém byl prozatím aplikován na analýzu keramických celků z lokality Kostice – Zadní hrůd a Mikulov – zámek (Balcárková 2016; Balcárková – Kalhous 2016, 117–180). Deskriptivní systém vychází z prací a navazuje na metodiku J. Macháčka (2001a, 2007) a R. Procházky (Procházka – Peška 2007), jejichž systémy deskripce rozšiřuje o znaky nové, charakteristické pro keramiku povelkomoravského a mladohradištního období vymezeného regionu. Jedná se o silně formalizovanou soustavu keramických znaků a tento systém je možné, s drobnými úpravami, použít i k analýze keramiky z jiných regionů. Deskriptivní systém zahrnuje informace o morfologických a technologických vlastnostech keramiky, včetně jejich základní kvantifikace. Entity představují většinou nálezové celky keramiky, které pocházejí z výplní jednotlivých sídlištních objektů. Jako nálezový celek je ovšem v naší práci vnímána také keramika z jednotlivých kulturních vrstev, které vytvářely standardní stratigrafie, jako například v prostoru horního nádvoří v Mikulově, tyto keramické celky však byly zpracovány a vyhodnoceny

v rámci dílčí studie (*Balcárková 2016*, 365–407; *Balcárková – Kalhous 2016*, 128–136). Kvality zastupují konkrétní vlastnosti keramiky, např. charakter použitého keramického materiálu, typy motivů výzdoby a jejího umístění na nádobě, a to zvláště u výzdoby ryté i plastické, dále tvary ukončení okraje, tvary hrdla a forma přechodu hrdla nádoby v plece či výduť.

Výsledkem analýzy je komplexní databáze, představující primární deskriptivní systém, ze kterého filtrujeme potřebná data a informace o celkovém charakteru souboru archeologických pramenů. V rámci analytického procesu také vytváříme přehledné tabulky se základní kvantifikací sledovaných znaků na keramice a připravujeme si tak data pro fázi syntézy. Vzniká souhrnný přehled zastoupených keramických znaků v náleзовých celcích, jejichž míra zastoupení je většinou vyjádřena v procentech, méně často pouhým konstatováním přítomnosti, či absence určitého znaku. Rozložené a formalizované archeologické prameny ve formě deskriptivního systému slouží jako podklad pro syntézu archeologických struktur.

Primární deskriptivní systém je ovšem příliš obsáhlý. Pro potřeby syntézy využívající metod vícerozměrných statistických analýz je nutné systém zjednodušit, aby byla zachována stabilita výsledků. Na podkladě základních kvantifikačních tabulek byly vybrány pouze keramické znaky s vysokou vypovídací hodnotou, vystihující charakter souboru v souladu s primárními otázkami výzkumu (podmínky pro výběr keramických kvalit se pokusíme nastínit v rámci kap. 4.2.2). Stejně tak je nutné snížit počet analyzovaných případů, tedy entit primárního systému. Vzniká tak zjednodušená, přehledná sumarizační tabulka typologických keramických znaků neboli druhotný deskriptivní systém, představující vstupní data pro statistickou analýzu archeologických pramenů. Entity a kvality druhotného systému představují stejné atributy jako v případě primárního deskriptivního systému, dochází pouze k jejich redukci. Primární a druhotný deskriptivní systém s konkrétními příklady blíže popisuje samostatná kapitola věnovaná analýze a syntéze keramiky z Kostic – Zadního hrůdu (kap. 4.2).

### 3.2 Syntéza archeologických struktur

K vyhledání struktur v archeologických pramenech lze použít řadu metod vícerozměrných statistických analýz, k nimž patří např. korespondenční analýza, faktorová analýza, multidimenzionální škálování, diskriminační analýza, mimo jiné také analýza hlavních komponent (PCA – *Principal Component Analysis*). Multivariační statistické analýzy obecně pomáhají redukovat rozsáhlý počet hodnocených kvalit/proměnných určitého souboru a usnadňují interpretaci velkého souboru dat (*Baxter 1994*, 16; *Macháček 2007*, 17; *Neustupný 2007*,

140). Metody vícerozměrných statistických analýz je vhodné použít ke zpracování objemnějších souborů archeologických pramenů skládajících se z náleзовých celků se statisticky reprezentativním množstvím analyzovaných nálezů. Při aplikaci těchto metod na méně početné soubory dochází zpravidla ke statistické chybě a náhodnému vytváření struktur (*Macháček 2007*, 17; *Neustupný 2007*, 136, 140). Syntézu menších neboli statisticky nestabilních souborů keramiky lze provést méně složitým způsobem, pomocí základního statistického vyhodnocení a kvantifikace zastoupených keramických znaků. Pro syntézu početného souboru keramiky mladší doby hradištní z lokality Kostice – Zadní hrůdu byla vybrána metoda analýzy hlavních komponent (dále jen PCA), která je ze všech multivariačních analýz optimálním řešením pro zpracování většího množství archeologických dat. Ve formě deskriptivního systému analýza PCA zcela využívá informaci v něm obsaženou a pomocí výpočetního algoritmu této analýzy získáváme poměrně jednoznačné a logicky pochopitelné výsledky (*Macháček 2007*, 17; *Neustupný 2007*, 140). Na stejný soubor dat z lokality Kostice – Zadní hrůdu byla v další fázi aplikována tzv. shluková neboli clusterová analýza, využívající a doplňující v tomto případě výsledky dosažené metodou PCA.

Metoda PCA je založena na vektorové syntéze archeologických struktur vyhledávající v archeologických datech pravidelnosti, nenáhodnosti a struktury, které by měly odrážet zákonitosti chování lidí v minulosti. Podle teorie E. Neustupného by lidé v minulosti nevytvářeli žádné struktury, kdyby se při vytváření své kultury nechovali zákonitě; entity a kvality jejich hmotné kultury by byly rozděleny zcela náhodně a jen těžko bychom dnes v archeologických pramenech hledali souvislosti a rozuměli jejich podstatě (*Neustupný 1986*, 537–538; *1997*, 237–258; *2007*, 137–145).

Analýza PCA při vyhledávání pravidelností, nenáhodností a struktur primárně pracuje s deskriptivním systémem (v našem případě s druhotným deskriptivním systémem), ze kterého se v rámci této analýzy stává tzv. deskriptivní matice. V řádcích deskriptivní matice se nacházejí jednotlivé případy neboli entity původního deskriptivního systému. Sloupce deskriptivní matice pak představují proměnné neboli deskriptory (původní kvality systému; *Baxter 1994*, 48, 85–89; *Neustupný 1997*, 242–243; *2007*, 141–143; *Macháček 2001a*, 29; *2007*, 17–18).

Na tomto místě je třeba uvést, že entity naší deskriptivní matice povětšinou představují soubory keramiky z kompletních výplní sídlištních jam, a to i v případě, že výplně jam byly výrazněji zvrstveny. I když pro ně používáme označení náleзовý celek, jedná se v souladu s teorií S. Vencla spíše o tzv. pseudocelky (*Vencel 2001*, 594–598). Podle našeho názoru mají přesto svůj analytický potenciál, který je dán skutečností, že se sídlištní jáma v určitém konkrétním časovém okamžiku

zcela zaplnila a mladší artefakty se do ní již nedostávaly vůbec, nebo jen ve značně omezené míře jako tzv. infiltrované nálezy (Nováček 2003, 131). Se S. Venclem naopak plně souhlasíme v hodnocení výpovědního potenciálu zvrstvení výplně sídlištních jam, které je sice všeobecně považováno za stratigrafii, ve skutečnosti se však jedná pouze o pseudostratigrafii nebo stratigrafii smíšeného typu, v nichž se původní vrstvy střídají s redeponovanými pseudovrstvami. V praxi většinou nejsme schopni odlišit odpad v primární poloze od odpadů druhotně a vícenásobně přemístěných (Vencel 2001, 604–606, 610; více k problematice geneze výplně sídlištních jam v rámci kap. 4.1). Z těchto důvodů pro nás jednotlivé vrstvy z výplně sídlištních objektů nepředstavují entity, které by se daly smysluplně statisticky vyhodnocovat. Pracujeme proto pouze s obsahy celých sídlištních jam (resp. s nálezy z plošných vrstev v klasických souvrstvích mimo zahloubené objekty).

Výpočty z matice nejprve získáváme korelační koeficienty, které vyjadřují závislost mezi jednotlivými proměnnými (deskriptory). Korelační koeficienty je nutno uspořádat do korelační matice, ze které vypočítáváme na sobě nezávislé tzv. vlastní vektory a z nich následně i faktory. Výsledkem výpočtů je matice faktorových koeficientů neboli faktorových zátěží (viz tab. 62). Faktory vyjadřují jisté hromadné závislosti a určují, které proměnné (deskriptory) v matici spolu nenáhodně korelují. Pomocí faktorových zátěží zjišťujeme, jak je určitá proměnná typická pro každý z faktorů, definují se tak vlastnosti faktorů. Čím vyšší je hodnota faktorové zátěže, tím více je proměnná charakteristická pro daný faktor. Nižší hodnoty blízké nule nejsou pro faktor významné. Faktorové koeficienty (zátěže) nabývají kladných i záporných hodnot (od -1 do 1). Statistickou významnost faktorových koeficientů (zátěží) určuje badatel sám na základě stanovených kritérií a položených otázek. Spodní hranici významnosti obvykle stanovují faktorové koeficienty s absolutní hodnotou 0,1 a menší, koeficienty s vysokými kladnými a zápornými absolutními hodnotami 0,9 a 0,8 bývají pro faktor vždycky významné. Proměnné (deskriptory) s vysokými kladnými hodnotami faktorových koeficientů stojí v protikladu k proměnným s vysokými zápornými hodnotami a je pro ně typický jejich opak. Některé faktory tudíž můžou být tzv. bipolární, kdy se významné faktorové koeficienty nacházejí na kladné i záporné straně faktoru, jeden faktor tak může definovat dvojí vlastnosti opačného charakteru. Většinou však vlastnosti faktoru určují významné faktorové koeficienty s vysokými hodnotami buď jen na kladné, nebo jen na záporné straně faktoru, faktory pak bývají tzv. monopolární. Jako poslední v řadě výpočtů v rámci analýzy PCA stojí matice faktorových skóre. Hodnoty faktorových skóre určují, jak moc je každý z faktorů typický pro případy deskriptivního systému. Jinými slovy, čím vyšší bude absolutní hodnota faktorového skóre, kladná či

záporná, tím více bude určitý případ (objekt, v mém případě sídlištní objekt, jakožto nálezy celku keramiky) typický pro kladnou či zápornou stranu faktoru. Těmito výpočty de facto zjišťujeme nenáhodné struktury obsažené v datech (Baxter 1994, 85–89; Neustupný 1997, 242–243; 2007, 141–143; Shennan 1997, 265–307; Macháček 2001a, 29; 2007, 17–18).

Stěžejním výstupem analýzy PCA aplikované na syntézu keramického souboru je matice faktorových koeficientů neboli faktorových zátěží, určující vlastnosti faktorů, které na podkladě vlastností proměnných popisují charakter keramiky. Prostřednictvím faktorů objektivně zjišťujeme, které keramické znaky spolu souvisejí a objevují se v sídlištních kontextech převážně pospolu. To zcela usnadňuje výslednou interpretaci souboru. Analýza PCA vypočítává maximálně tolik faktorů, kolik se vytvoří vektorů z korelační matice. Finální počet faktorů je však nutné snížit, abychom zabránili náhodnému spojování proměnných a náhodnému vytváření struktur. Snažíme se při tom vyloučit pouze nevýznamné faktory, které by ve výsledném řešení mohly způsobovat nepřehlednost či šum, dochází tak současně k redukci proměnných (deskriptorů) z původní deskriptivní matice, přicházíme o méně statisticky významné proměnné a množství proměnných se zpřehledňuje. Stanovení počtu faktorů je velice důležitým krokem v procesu analýzy PCA, příliš malé množství zvolených faktorů může způsobit ztrátu důležitého faktoru a ovlivnit tak celkové výsledky, proto se při výběru množství faktorů musíme řídit určitými pravidly. O počtu faktorů zpravidla rozhodují vysoké hodnoty vlastních čísel (viz tab. 61). Každému vlastnímu vektoru (tedy faktoru) připadá jedno vlastní číslo a vyšší hodnoty těchto čísel (větší než 1) odpovídají významným faktorům. Dále se vybírají ty faktory, jejichž vlastní čísla vysvětlují více než 5 % celkového rozptylu korelační matice (viz tab. 61). Ve většině případů se však rozhodujeme na základě výrazného poklesu hodnot mezi dvěma po sobě jdoucími faktory, což zřetelně znázorňuje graf vlastních čísel (graf 93; Baxter 1994, 85–89; Neustupný 1997, 241; 2007, 141–142; Shennan 1997, 265–307; Macháček 2007, 18). Při výběru výsledného počtu faktorů v rámci analýzy PCA bychom neměli opomenout ani jedno z těchto kritérií a nejlépe bychom měli vybírat na základě jejich kombinace. Praxe však dokazuje, že rozhodnutí může být podmíněno pouze jedním kritériem.

V konečné fázi syntézy byla získaná data podrobena clusterové (shlukové) analýze. Tato analýza je založena na vyhledávání skupin bodů, které jsou maximálně podobné a leží co nejbližší vedle sebe, současně by však tyto body měly být co nejvíce vzdálené bodům z jiných skupin (Baxter 1994, 154–169; Macháček 2001a, 31; 2007, 18–19). Prostřednictvím této analýzy nacházíme v početném souboru dat cluster (shluky), které soustřeďují podobné či navzájem související vlastnosti

keramiky a vytvářejí tak na první pohled neviditelnou strukturu obsaženou v datech. Analýza pracuje také na principu entit a kvalit uspořádaných do deskriptivní matice. Vstupní data tvořily hodnoty faktorových skóre zastupující kvality systému, které primárně vypočítává analýza PCA a které vyjadřují závislosti mezi vybranými faktory a případy (nálezovými celky keramiky z jednotlivých sídlištních objektů) druhotného deskriptivního systému (viz tab. 63), entitou této analýzy pak byly opět celé nálezové soubory keramiky z jednotlivých sídlištních jam (nálezové celky keramiky/případy). Cílem clusterové analýzy bylo v keramickém souboru z Kostic vyhledat skupiny podobných sídlištních objektů na základě charakteristik vyplývajících z analýzy PCA, tedy na základě vlastností faktorů, de facto na základě charakteru keramiky, kterou objekty obsahovaly.

V rámci shlukové či clusterové analýzy lze použít více metod analýzy dat, některé jsou však méně vhodné pro analýzu archeologických dat (Baxter 1994, 154–169; Shennan 1997, 220–222; Macháček 2007, 18). K nejčastěji užívaným metodám v rámci tohoto druhu analýzy archeologických dat patří metoda podle Warda – tzv. hierarchická aglomerativní metoda. Wardova metoda podmiňuje proces slučování, její pravidla zajišťují vznik co nejhomogennějších shluků (clusterů) přibližně stejné velikosti. Míru vzdálenosti shluků lze také ovlivnit, např. umocněnou euklidovskou vzdáleností. Výsledky clusterové analýzy pak zobrazuje dendrogram – aglomerativní hierarchický strom, znázorňující vznik hierarchické struktury shluků (graf 94; Baxter 1994, 161–165; Shennan 1997, 221–222; Macháček 2001a, 31–32; 2007, 18–19). Dendrogram nabízí více možností interpretace, zobrazuje hned několik možností shlukování analyzovaných případů. Ke shlukování dochází v několika krocích (následných úrovních), jednotlivé případy (nálezové celky keramiky ze sídlištních objektů) stojí na začátku samostatně, postupně se v rámci jednotlivých kroků spojují s dalšími případy nebo již vytvořenými skupinami na základě vzájemné podobnosti. Proces shlukování vždy ukončuje jedna velká skupina, kterou tvoří všechny

analyzované případy. Jen sám badatel určuje, ve kterém kroku je počet shluků nejsmysluplnější, rozhodnutí většinou vychází z externích dat, evidence či empirie, výsledný počet shluků určujeme již na základě validace dat (Macháček 2007, 19).

### 3.3 Validace formálních struktur

Výsledkem archeologické syntézy za použití vícerozměrných statistických analýz jsou pouhé matematicko-statistické výpočty, které v sobě ukrývají abstraktní či formální struktury odrážející zákonitosti obsažené v archeologických pramenech. Formální struktury vznikají na základě formalizovaného deskriptivního systému. Naším cílem je prostřednictvím použité metody syntézy tyto struktury v datech a výpočtech rozeznat a patřičně je interpretovat. Samotné interpretaci ovšem předchází validace formálních struktur, tedy ověření věrohodnosti a spolehlivosti našich výsledků statistické analýzy. Validací zjišťujeme, nakolik jsou zjištěné struktury významné. Archeologická data validujeme většinou na základě tzv. externí evidence, tedy pomocí dat, která nevstupovala do statistické analýzy, nebyla součástí deskriptivní matice, tudíž jsou zcela nezávislá, ale souvisí s analyzovaným souborem archeologických pramenů (Neustupný 1997, 243; 2007, 144; Macháček 2007, 19–20). K externím datům mohou patřit např. ostatní nálezy z inventáře objektu nebo funkční interpretace sídlištního objektu, stratigrafie vrstev nebo kontextů a další faktory. Věrohodnost výsledků vícerozměrné statistické analýzy můžeme ověřit jiným validačním postupem, a to opět metodami statistického testování. Mezi nejpoužívanější patří např. chí-kvadrát test nezávislosti nebo neparametrický Kolmogorov-Smirnovův test pro dva nezávislé výběry. Pro statistické testování však potřebujeme data určitého typu a rozsahu, která splňují podmínky tohoto druhu testování; archeologická data pro statistické testování většinou nejsou vhodná (Macháček 2007, 19–20).