

## Percepce technologické variability na příkladu neolitického sídliště v Bylanech<sup>1</sup>

Perception of technological variability on the example  
of Neolithic settlement site in Bylany

Klára Neumannová – Richard Thér – Petr Květina – Tomáš Hrstka

### Abstrakt

Cílem článku je úvaha nad přístupy k analýze a vyhodnocení technik výroby keramiky, jestliže má taková analýza sloužit k lepšímu pochopení vazby mezi technologií a společností, která je jejím nositelem. Úvahy jsou rozvinuty nad příkladem keramiky z neolitického sídelní lokality Bylany (kultura s lineární keramikou, LBK). Technologická variabilita na vybrané lokalitě je zkoumána ve vztahu k chronologické a prostorové diverzitě. Základní metodou pro popis technologických znaků je vizuální makroskopická analýza, která je následně zpřesňována a validována mikroskopickými technikami. V článku se zamýšlíme nad možnostmi a limity užívaných analytických technik s ohledem na povahu studovaných pramenů. Zdůrazňujeme význam technik umožňujících kvantitativní vyhodnocení technologických znaků. Ty jsou klíčové při snaze pochopit povahu jednotlivých technologických skupin. Donedávna byly možnosti kvantitativních přístupů spíše teorií než běžně dostupnou praxí. Komplexní kvantitativní analýza byla nepředstavitelná zejména kvůli časovým nárokům spojeným s jejím provedením. Vývoj elektronové skenovací mikroskopie a technik automatické analýzy mikroskopických snímků přináší nové možnosti pro uchopení povahy technologické variability. Umožňuje zachytit analyzované vzorky keramiky ve vícerozměrném prostoru relevantních proměnných a díky tomu interpretovat technologické chování výrobců s důrazem na jejich záměrně volené postupy.

### Abstract

This article presents the development of the technological analysis of pottery on the large Neolithic settlement at Bylany (Czech Republic). The aim of the study is to identify technological chains and interpret the relations between technology and social characteristics of the settlement. Technological variability is examined in relation to chronological and spatial diversity of settlement areas. The approach is based on visual examination of macroscopic features coupled with a validation of observed phenomena by microscopic analysis. The analysis is focused not only to define technologically distinctive groups of pottery but also to reveal nature of this groups. For this reason, the emphasis is placed on quantification of observed phenomena. So far the quantitative approaches were more a theory than viable praxis. Until recently, complex quantitative analysis was not imaginable without enormous time consuming effort, so that the traditional classificatory approach masking the nature of the technological variability and inhibiting the analysis of its dynamics has been at least partially dictated by the nature of analytical techniques either macro- or microscopic. Development of techniques of automated image and SEM-EDS analysis brings new possibilities for understanding of the nature of the technological variability. It allows to locate pottery samples in the multidimensional space of relevant variables and interpret, where intentions and accents of the potters in terms of technological behaviour were.

**Klíčová slova:** Bylany – neolit – kultura lineární keramiky – technologie keramiky – techniky vytváření keramiky – suroviny pro výrobu keramiky – modální mineralogická analýza – skenovací elektronová mikroskopie – makroskopická analýza

**Key words:** Bylany – Neolithic – Linearbandkeramik Culture – pottery technology – pottery forming techniques – ceramic raw materials – modal mineralogical analysis – scanning electron microscopy – macroscopic analysis

<sup>1</sup> Tato práce vznikla v rámci projektu „Variabilita technologie neolitické keramiky jako ukazatel sociální identity“ podpořeného Grantovou agenturou České republiky, číslo projektu: 14-07062S.

## Technologie jako prostředek k poznání neolitické společnosti?

Neolitická keramika z období LBK je v prostředí střední Evropy studována především s ohledem na chronologickou a areálovou variabilitu vyjádřenou formální odlišností tvarů a stylu provedení lineární výzdoby. Tyto proměnné jsou považovány za potenciální ukazatele původní sociální identity prvních zemědělců, a to v úrovni domácností i regionálních skupin (Pavlů 2014). Stranou této skupiny otázek zůstávají vlastnosti keramiky odrážející výběr keramických surovin, techniky vytváření a výpal. Jejich studium je odsouváno do vyčleněné skupiny technologických analýz, která pouze ozvláštňuje archeologické zpracování souboru uplatněním přírodovědných metod bez snahy o integraci obou přístupů. Vzájemné propojení komplikuje především nekompatibilita měřítek, ve kterých oba typy analýzy probíhají. Separace studia keramiky z pohledu stylu (co je vyrobeno) a z pohledu technologie výroby (jak je to vyrobeno) uměle rozštěpuje tyto přirozeně vzájemně propojené domény.

Možnost integrace obou přístupů nabízí tzv. makroskopická technologická analýza. Jde o metodu, která studuje technologické znaky patrné v měřítku viditelném pouhým okem, popřípadě s pomocí optických přístrojů s malým zvětšením. Základní výhodou analýzy je její nedestruktivní charakter a rychlost, což umožňuje aplikaci na velké množství vzorků. Rozsah analýzy je klíčový pro možnost adekvátního pohledu na technologii jako prostředku sociální komunikace (k pojetí technologie jako nástroje sociální komunikace viz např. Berg 2007; Dobres – Hoffman 1994; Dobres 2000; Gosselain 1992, 1998; Haudricourt 1987; Leeuw – Torrence 1989; Leeuw 1993; Lemonnier 1992, 1993; Pfaffenberger 1992; Sillar – Tite 2000; Skibo – Schiffer 2008; Stark 1998), pohledu, který je platformou pro integraci technologické analýzy s poznatky „stylistickými“.

Výrobní postupy přitom mohou být stejně různorodé jako tvar či výzdoba a studium jejich variability je prostředkem k uchopení technologie jako jedné z rovin sociální reality.

Lidské smysly jsou výkonným analyzátozem, dokážou vnímat vizuální informaci komplexně a roz-



Obr. 1 Přehled ploch A a F z lokality Bylany u Kutné Hory s vyznačenými stavebními komplexy, jež jsou vzorkovány. – Fig. 1 The A and F sectors of the Bylany site (in the Kutna Hora district), with marked house complexes that were selected for sampling.

lišit drobné nuance. Pozorování prostým zrakem je ovšem značně limitováno v možnostech přesného popisu a interpretace sledovaných rozdílů a podobností, takže musí být vhodně doplněno mikroskopickými a instrumentálními metodami, a také experimentální replikací, které ve vzájemné kombinaci umožňují stanovit příčiny sledovaných jevů.

Tento komplexní přístup ke studiu technologie keramiky, který je někdy označován jako „antropologická interpretace keramických souborů“ (Roux 2010), je rozšířený hlavně ve frankofonních oblastech (Livingstone-Smith 2007, Roux – Courty 1998). Pro štipanou industrii existuje už delší tradice, jejím zakladatelem je *André Leroi-Gourhan* (1945, 1971). Tato metodika je aplikovaná na keramiku systematictěji hlavně v posledních letech (Gomart 2014, Manem 2010, Roux 1995) zejména díky pozitivním výsledkům na poli etnoarcheologie (Gosselain 2000, Livingstone-Smith 2007).

Postup výroby, který se odráží v technologických znacích, bývá zpravidla stabilnější než styl založený především na vizuálních vlastnostech přímo přenositelných nápodobou výrobků (Roux 2010, Gelbert 2003, Gosselain 2000). Motorické dovednosti jsou předávány v procesu učení z významné části neuvědoměle. Pouze část lidského chování je založena na diskurzivních praktikách – většina je na úrovni praktického vědomí. Praktické vědomí představuje komplexní a hluboce zakotvené vazby mezi myslí, tělem a prostředím, které se předávají procesem učení, aniž by se staly objektem uvažování a tedy i volby, zda je nadále vykonávat či změnit (Bourdieu 1977, 17–19; Giddens 1984, 41–49). Proto jsou naučené pohyby a gesta považovány za jeden z nejkonzervativnějších aspektů lidského chování. Ke konzervatismu též přispívá fakt, že technologické řetězce nejsou souborem nezávislých prvků. Pokud se změní jeden z prvků, je ovlivněn celý proces a to se netýká pouze technologického řetězce samotného, ale též způsobu užívání výrobních předmětů v daném sociálním kontextu (cf. *Skiibo – Schiffer* 2008, 9–10). Studium výrobních procesů tak doplňuje studium keramiky o jevy, jejichž šíření a změna probíhá jinými mechanismy kulturního přenosu, než šíření a změna stylu, což vytváří teoretické předpoklady k lepšímu pochopení sociálního prostředí, ve kterém byla keramika vyráběna a užívána.

Cílem tohoto článku je diskuze možností a mezi technologické analýzy nad vybranými problémy vycházejícími ze snahy porozumět variabilitě ve výrobě keramiky na neolitickém sídlišti v Bylanech. To je typickým příkladem lokality, kde velké množství odkrytých archeologických objektů a půdorysů domů (v současnosti 144) v navzájem složitých stratigrafických situacích vyžadovalo ustavení metodiky pro vytvoření relativní chronologie lokality (*Soudský 1962, Soudský – Pavlů 1972*). Pro účely odlišení

jednotlivých chronologických etap trvání sídliště byla ve své době vyvinuta unikátní multikriteriální metodologie založená na vzájemně nezávislých proměnných. Patřily k nim klasická i nepřímá vertikální stratigrafie, klasická i nepřímá horizontální stratigrafie a statistické hodnocení ryté lineární výzdoby na keramice. Tímto způsobem se postupně v průběhu čtyřiceti let analýz podařilo odlišit nejdříve 25 sídelních fází založených primárně na proměnách stylu keramické výzdoby (*Pavlů – Rulf – Žápotocká 1986, 352–355; Pavlů 1989*) až po definování šesti chronologických period, které mapují trendy v celkovém vývoji osídlení robustnějším způsobem (*Pavlů 2000, 239*). Obě dosud používané časové posloupnosti jsou založeny na předpokladu přímé chronologické vazby mezi domy a obsahem přílehlých jam.

Výjimečně obsáhlý a kvalitní soubor neolitické LBK keramiky z Bylan umožňuje pracovat s dostatečným objemem dat a zároveň s možností vzorkovat konkrétní vybrané časové a prostorové úseky. Pro tuto práci byl vybrán keramický materiál pocházející z hlavních ploch A a F areálu Bylany 1 (*obr. 1*). Současně byl výběr souborů podmíněn odlišným datováním příslušných stavebních komplexů, aby byla zajištěna jejich chronologická různorodost.

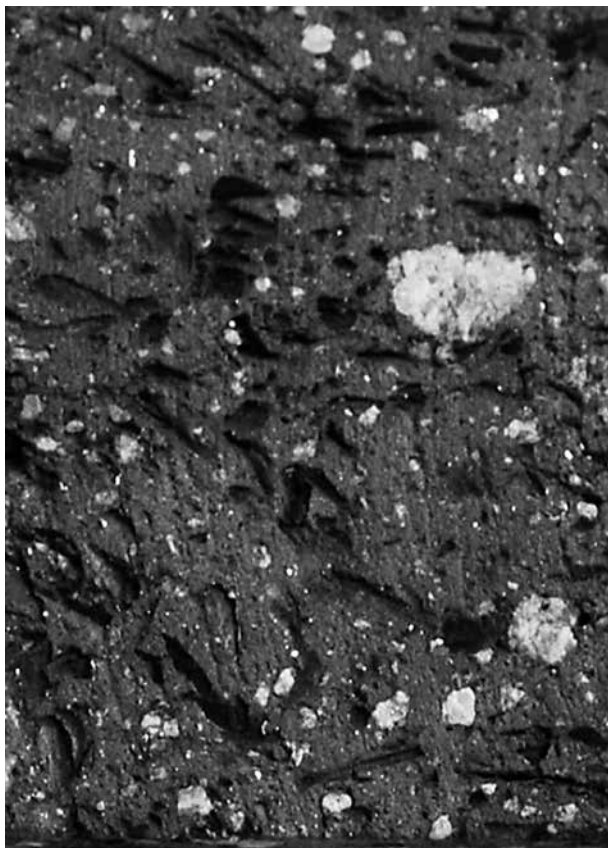
## Metodika makroskopické analýzy uplatněné při analýze keramiky na neolitickém sídlišti v Bylanech

Z šesti hlavních chronologických intervalů na lokalitě byly vybrány tři – první, třetí a šestý. Z každého časového úseku byly zvoleny soubory jam, které jsou přiřazené k půdorysu domu (tzv. „housecomplex“ – viz *Soudský 1962, Soudský – Pavlů 1972*). Střepty jsou sjednoceny tak, že fragmenty, které patřily původně k jedné nádobě, mají stejné inventární číslo a je možné s nimi pracovat jako s jedním jedincem (*Bollong 1994*). U každého jedince jsou zaznamenávány znaky pro celý technologický řetězec výroby, od výběru materiálu až po výpal. Kromě technik samotných je popisována i míra určitelnosti znaků, pro následné rozlišení míry spolehlivosti a jednoznačnosti určení.

V představení metody makroskopické analýzy se budeme soustředit na dvě témata, respektive fáze technologického řetězce: přípravu keramických hmot a techniky vytváření.

Charakteristika keramických hmot je přízvušně možností makroskopické analýzy. Hlavní popisované znaky keramického materiálu se vztahují k aplastickým složkám keramické hmoty, které označujeme termínem inkluze<sup>1</sup>. Inkluze jsou rozděleny

<sup>1</sup> Termín inkluze používáme dle zvyklostí v keramické petrografii jako pojem označující obecně neplastickou



Obr. 2 Tangenciální výbrus střepu inv. č. 2 64 169 z lokality Bylany. – Fig. 2 Tangential section of the sherd no. 2 64 169 from the Bylany site.

na dva základní okruhy – organického a anorganického původu.

Původní organický materiál se (ve většině případech) ve formě inkluze nedochoval v důsledku vyhoření během výpalu. Přesto jsou pozůstatky přítomnosti organické složky patrné často i pouhým okem na povrchu nebo na lomu nádob v podobě otisků a pórů (obr. 2). Podíl organické složky v keramice byl odhadnut na základě porovnání s referenčními experimentálními vzorky. Zaznamenáváme je ve třech kategoriích. První kategorie zahrnuje střepy, na kterých nejsou viditelné stopy přítomnosti organiky (0–10 %). Hranice 10 % byla stanovena na základě vlastních experimentů, kde malé množství jemnější organické příměsi bylo jen velmi těžko patrné a odpovídalo přibližně 0–10 % (kravského hnoje). Dalšími kategoriemi jsou intervaly 10–30 % (označené jako 20 %) a nad 30 % organické příměsi (označené jako 30 %).

složku keramických hmot. Pro neplastickou minerální složku záměrně přidanou při přípravě hrncířské hmoty používáme pojem ostřivo ve shodě s užitím tohoto termínu v technologii keramiky (cf. Rice 1987, Hamer – Hamer 2004, Quinn 2013).

Jednotlivé vlastnosti anorganických inkluzí (typ, podíl, frakce, tříděnost, distribuce) jsou zaznamenávány samostatně a jejich vzájemnou kombinací vznikají kategorie komplexní. Komplexních kategorií rozlišujeme na doposud studovaném materiálu pět (obr. 3).

1. Jemná hmota. Materiál nevykazuje pravidelnou přítomnost makroskopicky pozorovatelných zrn.
2. Hmota s nízkým podílem hrubých zrn. Podíl zrn je do 5 %.
3. Hmota s podílem 5–10 % zrn netříděného písku se zastoupením všech velikostí písků a drobného štěrku.
4. Jemnozrnná hmota s podílem zrn do 1 mm vyšším než 10 %.
5. Hrubozrnná hmota s podílem zrn vyšším než 10 %. Zrna často přesahující velikostí 1 mm.

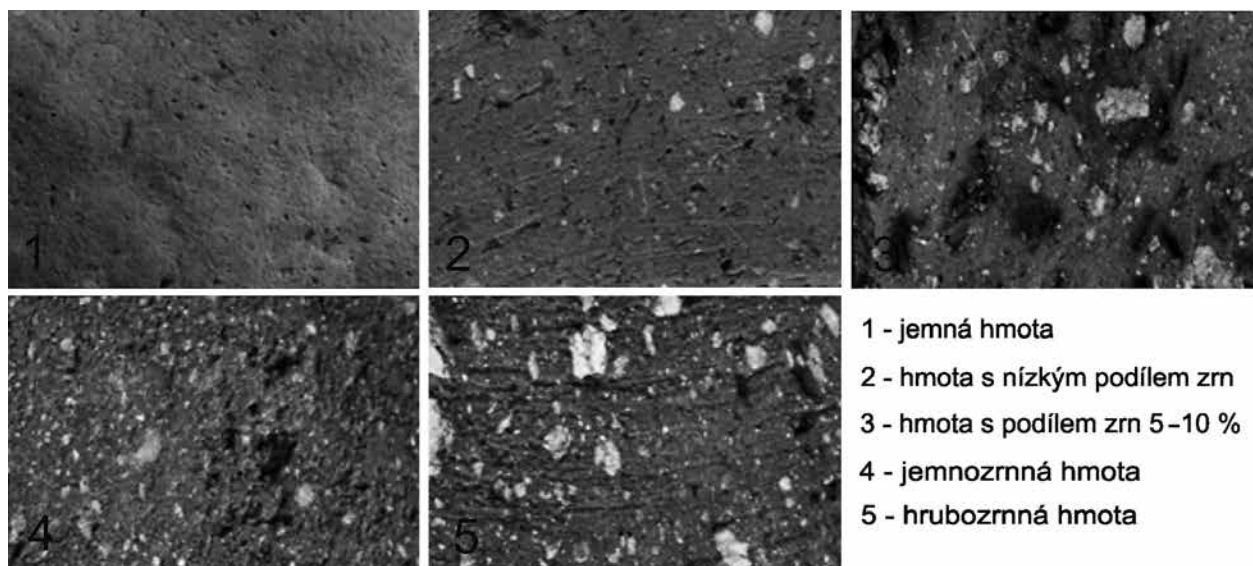
Popis technik vytváření vychází z etnograficky běžně dokumentovaných postupů. Třídění technik zohledňuje čtyři základní hlediska:

- a) vytváření objektu z jednoho kusu nebo ze segmentů,
- b) typ deformace, který je použit při tvarování polotovaru nádoby či segmentu (deformace přerušovaným tlakem, rolováním, smykem, s využitím rotační kinetické energie...),
- c) tvar segmentu (váleček, plátek, pásek...),
- d) způsob propojení segmentů (namačkování, přesazování...).

Definovány jsou makroskopicky určitelné znaky jako možné důsledky uplatnění jednotlivých technik pozorovatelné na fragmentech vytvářené keramiky. Mezi základní typy znaků patří:

- a) pozice a morfologie lomů – odkazuje na přítomnost segmentů, jejich tvar, způsob propojení a uspořádání v tělese nádoby,
- b) mikrostruktura keramické hmoty pozorovatelná na lomech – usměrnění, orientace a forma mikrostruktury odkazují na typ deformace, který byl použit při tvarování nádoby,
- c) morfologie povrchů keramických fragmentů – především odchylky od ideální plochy povrchu nádoby, které lze charakterizovat tvarem a pravidelností, mohou odrážet jak segmentovou stavbu nádoby, tak typ deformace použitý při jejím tvarování,
- d) tloušťka stěny a její variabilita – rytmus a forma odchylek od ideální tloušťky nebo pravidelné nerovnoměrnosti tloušťky v různých částech nádoby odráží podobné jevy jako zmiňovaná morfologie povrchu.

Znaky související s technikami vytváření nádob nejsou na všech fragmentech rozeznatelné stejně



Obr. 3 Kategorie komplexních materiálových tříd pro makroskopickou analýzu. – Fig. 3 The complex paste types categories for macroscopic analysis.

měrou, proto jsou jednotliví jedinci kategorizováni do stupňů dle jejich výpovědní hodnoty. Na prvním stupni mohou být sledované jevy mnohovýznamové, např. není možné jednoznačně určit, zda je povrchová nerovnost pozůstatkem spoje mezi segmenty či náhodným jevem, nebo je forma mikrostruktury na lomu spíše tušená než jasně patrná. Na druhém stupni je alespoň některý ze znaků jednoznačně určitelný. Analýza se opírá o jedince zařazené do druhého stupně určitelnosti znaků.

Vyšší vypovídající hodnotu mají keramické fragmenty, na nichž je možné jednotlivé jevy sledovat ve vzájemných kombinacích. Vyhodnocením asociací jednotlivých znaků vznikají komplexní kategorie. Jejich rozpoznatelnost v jednotlivých případech je indexována dle výše zmíněných stupňů 1 a 2.

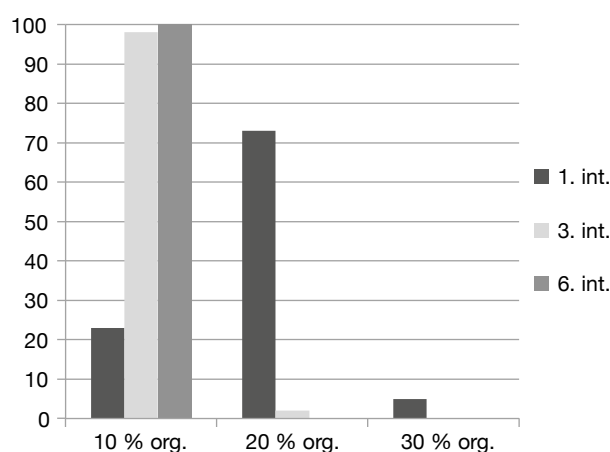
### Vyhodnocení stávajících výsledků makroskopického studia technologie

Makroskopická analýza složení keramické hmoty byla vyhodnocována ve dvou základních okruzích zahrnujících přítomnost organických a anorganických příměsí pro vzorkované intervaly osídlení lokality.

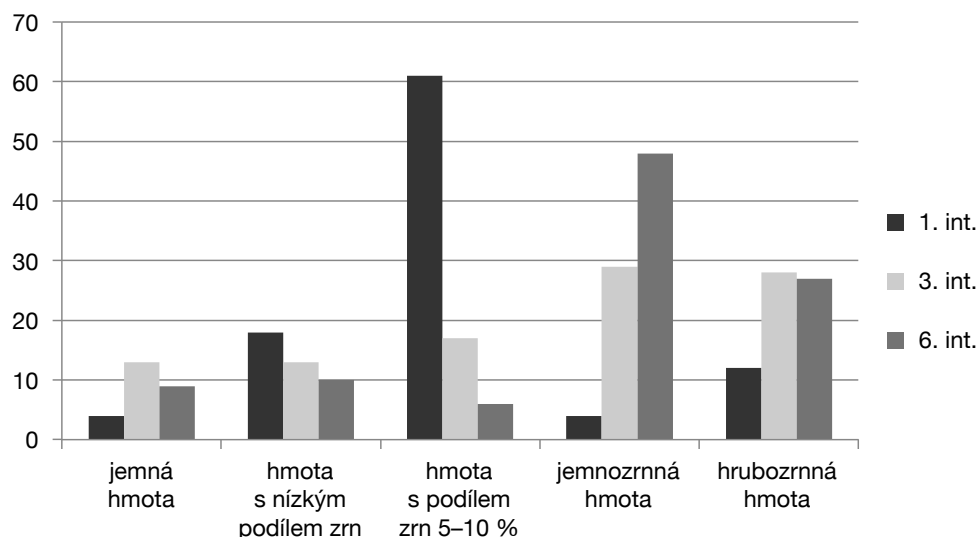
Přítomnost organické příměsi je typická pro nejstarší chronologické období na lokalitě (obr. 4), kde převládá podíl kolem 20 %. V pozdějších fázích je využití organické příměsi sporadické (v intervalu 0–10 %), převládá přítomnost anorganických inkluzí.

První dvě kategorie hmot z hlediska přítomnosti anorganických inkluzí (jemný materiál a materiál

s nízkým podílem hrubých zrn) lze charakterizovat jako více či méně tříděné jemné keramické materiály. Vyskytují se častěji (13 a 9 %) v pozdějších fázích osídlení lokality (obr. 5). V těchto fázích jemné hmoty vykazují v průměru lepší tříděnost než ve fázi nejstarší. Tato tendence však není příliš výrazná. Výraznější rozdíly jsou viditelné v zastoupení zrnitých hmot (tab. 1). U nejstarší periody je typická kategorie s podílem zrn mezi 5 a 10 %, která je identifikována u více než 60 % keramiky. Vyšší podíl zrn byl zaznamenán jen u cca 10 % jedinců. U pozdějších fází je situace opačná. Kategorie s nižším podílem zrn se pomalu vytrácí (3. perioda: 18 %, 6. perioda:



Obr. 4 Procentuální zastoupení organických inkluzí pro 1., 3. a 6. chronologický interval. – Fig. 4 The relative frequency of the organic inclusions for the 1st, 3rd and 6th chronological intervals.



Obr. 5 Procentuální zastoupení anorganických inkluzí pro 1., 3. a 6. chronologický interval. – Fig. 5 The relative frequency of the inorganic inclusions for the 1st, 3rd and 6th chronological intervals.

jen 6 %). Naopak narůstá přítomnost hmot s více jak 10% podílem makroskopicky pozorovatelných inkluzí. Vedle narůstání podílu inkluzí se posiluje preference jemnějších frakcí aplastických složek. Ve 3. periodě je rovnoměrně zastoupená jemnější u hrubší frakce zrn (29 vs. 28 % jedinců), zatímco u 6. periody se objevuje tendence využívat jemnější frakci zrn (48 vs. 27 % jedinců).

Tab. 1 Procentuální zastoupení anorganických inkluzí. – Tab. 1 The relative frequency of inorganic inclusions.

%	1. int.	3. int.	6. int.
jemná hmota	4	13	9
hmota s nízkým podílem zrn	18	13	10
hmota s podílem zrn 5–10 %	61	17	6
jemnozrná hmota	4	29	48
hrubozrná hmota	12	28	27

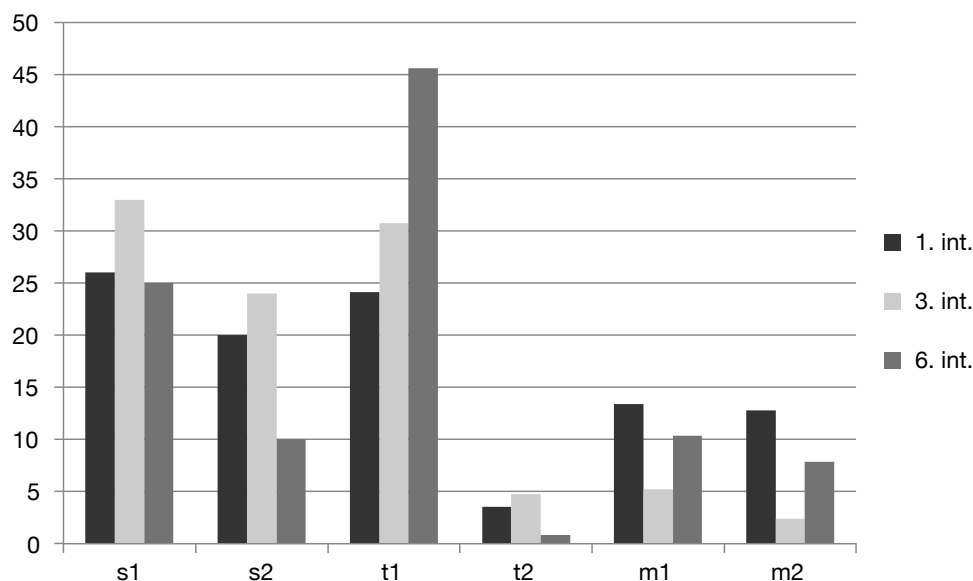
Asociace znaků vytváření keramiky tvoří tři základní komplexní kategorie, které jsou vždy rozděleny do dvou stupňů podle vypovídající hodnoty určených znaků.

První skupina znaků (T) zahrnuje jako základní znaky vysokou míru usměrnění inkluzí a protažení porů v úhlu většinou mírně vykloněném od osy paralelní se stěnou nádoby. S touto formou mikrostruktury se váže malá (spíše rovnoměrná) tloušťka stěn nádob a absence dalších výrazných znaků vytváření. Kategorie T1 představuje tenkostěnnou keramiku bez dalších znaků vytváření, zatímco kategorie T2 označuje fragmenty, u kterých bylo možné idenfi-

kovat typickou mikrostrukturu. Znaky sledované v této kategorii jsou mnohovýznamové a odkazují na širokou rodinu technik využívajících převážně kolmý tlak na stěnu nádoby popřípadě smykovou deformaci. Uvažovat můžeme jak o vymačkávání, tak tlačení do formy, vytloukání nebo vytahování. Následná úprava povrchu zahladila potenciální povrchové znaky odlišující tyto techniky. Vysvětlení charakteristické zešikmení usměrněné struktury bude předmětem dalšího studia.

Osovým znakem další skupiny (M) jsou nepravidelné odchylky v tloušťce stěny či pravidelněji se vyskytující plošně ekvidimenzionální mělké sníženiny v kombinaci s absencí pozůstatků spojů segmentů a silnější tloušťkou stěny. Do kategorie M1 jsou zahrnuty střepty, které nenesou znaky stavby ze segmentů a mají nepravidelnou silnější stěnu. Kategorie M2 zahrnuje jedince, u kterých jsou patrné pravidelněji se vyskytující sníženiny. Sledované znaky odkazují na techniky využívající převážně kolmého diskontinuitního tlaku prstů, tedy vymačkávání. Vyloučit nelze ani stavbu z plátek, ovšem spoje segmentů typické pro tuto techniku nebyly ve studovaných souborech sledovány. Podobných povrchových znaků lze ovšem docílit i přepracováním válečků ve stěně nádoby.

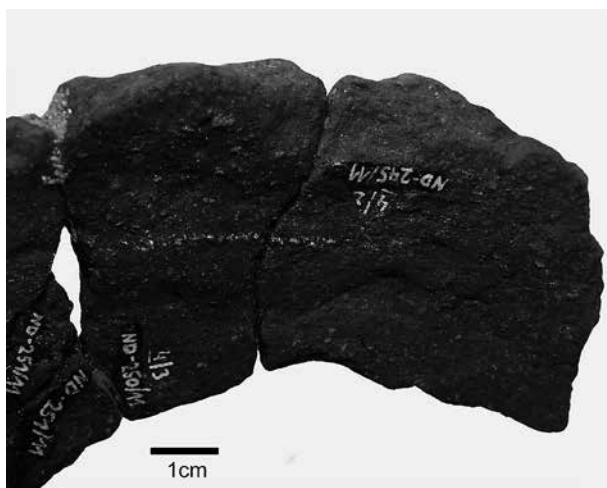
Hlavním rysem poslední skupiny znaků (S) je zvlněný až svinutý tvar mikrostruktury (ve tvaru písmene S) pozorovatelný na svislém lomu kombinovaný s pravidelně se opakujícími výstupky v ploše svislých lomů (s rozestupem zhruba 1,5 cm). Tyto znaky se často vyskytují spolu s nepravidelnostmi v tloušťce stěny tvořenými horizontálně orientovanými mělkými sníženinami a vyvýšeninami protáh-



Obr. 6 Procentuální zastoupení komplexních kategorií vytváření nádob pro 1., 3. a 6. chronologický interval. – Fig. 6 The relative frequency of the complex categories of the forming techniques for the 1st, 3rd and 6th chronological intervals.

Tab. 2 Procentuální zastoupení komplexních kategorií vytváření nádob. – Tab. 2 The relative frequency of the complex categories of the forming techniques.

%	1. int.	3. int.	6. int.
s1	26	33	25
s2	20	24	10
t1	24	31	46
t2	4	5	1
m1	13	5	10
m2	13	2	8



Obr. 7 Fragment LBK keramiky z lokality Nové Dvory. – Fig. 7 A fragment of an LBK pottery sherd from the Nové Dvory site (in the Kutná Hora district), in the close vicinity of the Bylany site.

lého tvaru (obr. 7). Spíše ojediněle jsou rozpoznány též kontaktní plochy segmentů, které jsou taktéž horizontálně orientované. Řazení do kategorií S1 a S2 v tomto případě souvisí s dochovaností a tím pádem interpretovatelností pozorovaných znaků. Do kategorie S1 náleží případy, ve kterých mohou pozorované jevy pouze zdánlivě připomínat znaky charakteristické pro tuto skupinu, kdežto případy v kategorii S2 vykazují znaky, jejichž záměna s jinými jevy je nepravděpodobná. Pokud jsou znaky dobře čitelné, tak jednoznačně odkazují k uplatnění válečkové techniky. Další detaily, především tvarově složitá morfologie spojů mezi segmenty, pravidelně se opakující lineárně uspořádané ekvidimenzionální sníženiny ve stěně nádoby a trendy ve formě mikrostruktury, dovolují bližší specifikaci techniky. Jeví se, že válečky byly při prvotním zapracování do stěny nádoby výrazně transformovány tlakovou a smykovou deformací, což způsobilo zvětšení plochy spojů mezi segmenty. Tento postup nazýváme technikou *rytmicky namačkaného válečku*<sup>2</sup>.

Ve studovaných souborech je výrazně zastoupená kategorie T1 (tab. 6), která je však z pohledu technik vytváření těžko interpretovatelná. Skutečnost, že lépe interpretovatelné případy tvoří menšinu studovaných souborů, je ostatně charakteristická pro makroskopickou technologickou analýzu. Je potřeba s ní počítat jako s objektivním limitem této metody

<sup>2</sup> Technika, která odpovídá fr. termínu „*colombin avec la pression digitale discontinuée*“, užitému pro popis jedné z technik identifikované na neolitickém materiálu z Francie z lokality Cuiry-les-Chaudardes (Gomart 2014).

(viz srovnání zastoupení kategorie T1 a T2); (tab. 2). Zvyšování podílu tenkostěnných nádob v průběhu vývoje sídliště lze v této fázi výzkumu hypoteticky spojit se změnami ve využívání technik vytváření (tab. 2). Kategorie M může reprezentovat rodinu stejných technik vytváření jako kategorie T, ovšem v hrubějším provedení. Proto nepřekvapuje zvýšení podílu této kategorie v 6. periodě (10 a 17 %), které může souviset se zmíněným zvyšováním podílu tenkostěnných nádob. Technika *rytmicky namačkávaného válečku* reprezentovaná kategorií S, je stabilně zastoupena ve všech fázích (tab. 2). Ústup podílu dobře interpretovatelné kategorie S2 v 6. periodě může souviset s ústupem válečkové techniky ve prospěch technik alternativních, nebo s její transformací do podoby, která zanechává méně výrazné, či méně časté makroskopicky určitelné znaky.

Obecně lze říci, že znaky technik vytváření nádob jsou lépe rozpoznatelné v 1. periodě, a to zejména díky popularitě keramických hmot ostřených organickými materiály. Makroskopické póry totiž zviditelňují formu mikrostruktury. Roli může hrát i vývoj stylu či důrazu na úpravu povrchu. Do jaké míry jsou tedy pozorované změny zapříčiněny vývojem technik vytváření, a do jaké míry ovlivněny jinými faktory (volbou keramické hmoty, úpravou povrchu), bude předmětem dalšího studia.

## Problémy studia technologické variability s využitím makroskopické analýzy

Metoda makroskopické technologické analýzy je klíčovým nástrojem pro prvotní strukturování variability vlastností souvisejících s postupem výroby a v této fázi ji považujeme za nezastupitelnou. Jako samostatná metoda je ovšem v řadě aspektů limitující. Její limity jsou úměrné (a) pozorovatelnosti jednotlivých znaků prostým okem a (b) možností jejich exaktního popisu.

Abychom tyto limity správně pochopili a adekvátně zohlednili ve studiu technologie a jejích změn, je potřeba posoudit technologické znaky jako typ kulturní informace. Z tohoto úhlu pohledu shledáváme mechanické členění znaků podle toho, k jakým fázím technologického řetězce se váží, nebo dokonce jejich sdružení do jednoho indiferentního celku (např. při vytváření petrografických skupin), jako neplodné pro porozumění povaze technologické variability. Pokud je naším cílem studium jevů způsobujících technologickou diverzitu a její změny v čase, je třeba definovat skupiny znaků s odlišným potenciálem pro jejich imitaci v procesu kulturního přenosu. Tato perspektiva nechává vyčlenit tři skupiny znaků (cf. *Gosselain 2000, 189; Thér – Mangel 2014, 26*).

## Signifikantní sensorické vlastnosti keramiky

Sensorické vlastnosti jsou patrné, aniž by pozorovatel byl přítomen procesu výroby. Poznání těchto vlastností tedy nevyžaduje přímé učení od výrobce. Patří k nejdynamičtěji se šířícím znakům. Přenos znalostí stojících za těmito vlastnostmi nevyžaduje nutně přenos technologických procesů tyto vlastnosti zapříčiňujících.

## Vlastnosti závislé na technologických idejích předávaných přímým učením

Přenos vlastností této kategorie vyžaduje vazbu učitel – žák. Spadá sem většina technologických procesů: výběr a zpracování keramických surovin, techniky vytváření, výpal nebo aplikace doplňkových materiálů na povrch keramiky i úpravy povrchu keramiky. Efekty těchto technik jsou sice mnohdy dobře pozorovatelné na povrchu keramiky, ale jejich příčiny v řadě případů nejsou evidentní. Ani v tomto případě však nemapujeme rozšíření produkce konkrétního hrnčíře nebo dílny, ale rozšíření technologických gest.<sup>3</sup> Šíření těchto znaků nemá tak dynamický potenciál jako v případě první kategorie, neboť se váže na učení konkrétní řemeslné tradici, do které většinou jedinec musí vrstvat od útlého věku, aby (často nevědomě) dospěl k výrazu konzistentnímu s danou technologickou tradicí. Protože v řadě případů jde o vlastnosti zároveň spadající do první kategorie, je třeba se při analýze soustředit na ty vlastnosti, které nemají žádné významné důsledky pro sensorické vlastnosti keramiky, to znamená, že je jejich imitace bez přímého učení nepravděpodobná nebo zcela nemožná.

## Vlastnosti nezávislé na technologickém řetězci/záměru hrnčíře, tedy vlastnosti kulturně nepřenositelné

Od druhé kategorie lze tyto vlastnosti velmi těžko odlišit. Díky naučeným tvarům, technikám formování, úpravám povrchu a zdobení, ale i způsobům prospekce a zpracování surovin, jde vliv kulturního přenosu až na úroveň chemického složení výrobku. Proto je třeba hledat způsoby, jak rozlišit petrografické či chemické komponenty, které hrnčíř ovlivňuje svým výběrem od komponent, které nemají významný vliv na žádané vlastnosti surovin, a tudíž s výběrem hrnčíře nesouvisí.

Rozlišení mezi první a druhou kategorií znaků zavání rozlišením mezi stylistickými a technologic-

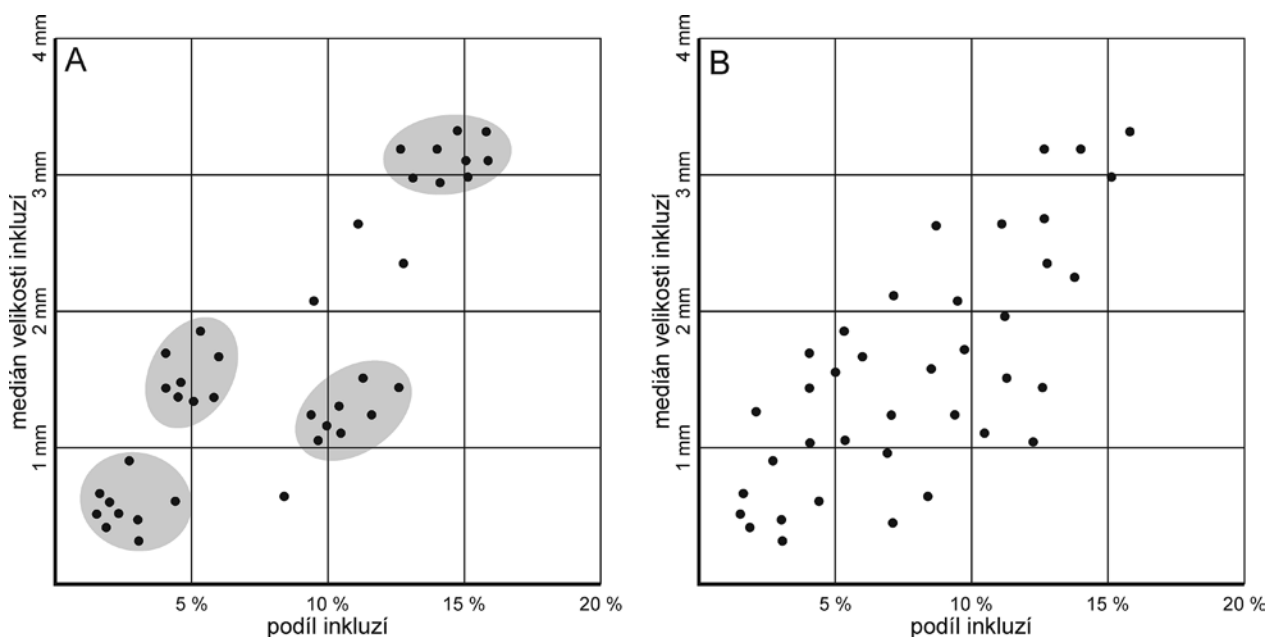
<sup>3</sup> Pokud nejsme schopni jednoznačně identifikovat konkrétní hrnčířský nástroj.



kými vlastnostmi. Takové rozlišení považujeme za neúčinné. Receptura keramické hmoty může být stejně tak otázkou stylu, jako je provedení výzdoby otázkou technologie (Salanova 2000; Shanks – Tilley 1987, 92–95). Tato skutečnost nabádá k integraci stylistických a technologických studií keramiky.

Zjevné limity makroskopické analýzy spočívají v tom, že je omezena na znaky představující senzorní vlastnosti keramiky. Teoreticky vše, co makroskopickou analýzou studujeme, počínaje charakterem inkluzí, texturou materiálu a konče barvou, patří do první kategorie znaků, tedy znaků, které jsou zachytitelné na výrobcích zrakem, čichem, sluchem či hmatem a lze je tedy, alespoň teoreticky, imitovat bez přímého učení od výrobce. Samozřejmě je možné mezi senzorními vlastnostmi rozlišovat podle toho, jak je pravděpodobné, že se stanou předmětem imitace, tedy podle toho, jak významně ovlivňují celkový charakter výrobku a jeho funkci. Tvar, výzdoba a úprava povrchu budou k imitaci daleko náchylnější než nuance v textuře keramické hmoty nebo orientace mikrostruktury na lomu střepu. Stanovení „významnosti“ znaků je už však věcí interpretace a ztrácí na objektivitě nezaujatého pozorování. To,

že je tvar důležitější senzorní vlastností než textura, může být pouze naší „kulturní fixací“, vycházející z toho, že jsme v čím dál větší míře zvyklí věci vidět, aniž bychom je zakoušeli hmatem. Rozumným kompromisem se zdá být odlišování senzorních znaků určitelných na povrchu a na lomu keramiky. Cílem výroby je kompletní nádoba bez viditelných lomů, čili cílem imitace jsou vlastnosti patrné na celé nádobě, nikoliv na jejích fragmentech. Ovšem pokud někoho zaujmou funkční vlastnosti cizích výrobků (např. rychlost ohřevu obsahu nádoby při vaření), je sám výrobcem keramiky a nemá možnost pozorovat výrobu přímo, pak bude pravděpodobně studovat i to, co se skrývá pod povrchem nádob a co je patrné např. na lomu střepu. Ačkoliv je to přístup připomínající moderní analytické „inženýrské“ myšlení a intuitivně jej považujeme za anachronický při úvahách o změnách v technologii neolitické keramiky, nelze jej a priori vyloučit. Nakonec je tu kategorie senzorních znaků, u kterých, s pravděpodobností hraničící s jistotou, můžeme tvrdit, že imitovány nebyly. To jsou znaky vzniklé v důsledku nedokonalého provedení výrobních operací. V našem případě především residua kontaktních ploch mezi jednot-



Obr. 8 Modelový příklad demonstrující problematičnost vyhodnocení semikvantitativních klasifikací. V grafech je simulována distribuce keramických jedinců na základě podílu a velikosti inkluzí. Použití semikvantitativní klasifikace (mřížka obou grafů) rozčlení zastoupené případy v obou grafech na 10 kategorií. Pokud je distribuce dat rámcově podobná, bude podobné i vyhodnocení. Teprve přesná kvantifikace obou parametrů vyjeví charakter distribuce, v prvním případě existenci několika shluků, většinou překračujících hranice zvolených semikvantitativních kategorií, v druhém případě rovnoměrné rozložení dat. – Fig. 8 A theoretical example demonstrating the limits of the semi-quantitative approach. The plots exhibit a simulated distribution of pottery fragments based on the proportions and size of the inclusions. The use of semi-quantitative categorisation (a grid) sorts the examples in both plots into 10 categories. If the distribution is generally similar then the results will also be very similar. Only the use of precise quantification can reveal the exact character of the distribution: the existence of several groups of examples, usually crossing border of semi-quantitative categories, in the first case, and even distribution of data, in the second case.

livými segmenty, ze kterých byly nádoby stavěny. Pokud nechceme být neužitečně formální, tak můžeme tyto znaky zařadit též do druhé kategorie.

Dalším problémem makroskopické analýzy jsou její limity v možnostech zachytit znaky představující spojité kvantitativní proměnné. To se týká především složení keramických hmot, ale také např. tvaru nádob. Vezměme si jednoduchý příklad podílu a frakce inkluzí obsažených v keramické hmotě. Obě proměnné jsou svojí povahou spojité, nicméně makroskopická analýza je jako spojité není schopna vyhodnotit. Její přesnost se zastavuje na ordinální či semikvantitativní klasifikaci podílu a velikosti inkluzí vytvářející mřížku, ve které je škála jedinečných hodnot zachycena (*obr. 8*). Takto vzniklé třídy nazýváme analytické. Jejich stanovení evokuje existenci tříd kulturních. Kulturními třídami nazýváme myšlenkové koncepty vymezující v myslích neolitických výrobců keramiky jednotlivé receptury a výrobní postupy, v tomto případě receptury směsí hrnčířského těsta. Řada autorů pak nevědomě postulují přímý vztah mezi znakem (analytickou třídou) a označovaným (kulturní třídou) ve způsobu formulace výsledků analýzy, např. to, že bylo 20 % keramiky, bylo vyrobeno z keramických hmot ostřených 10–20 % písku frakce do 1 mm ještě neznamená, že hrnčíř vyráběl pětinu své produkce z materiálu se specifickou recepturou. Pokud na takovou otázku chceme odpovědět, tak nám kategorické zachycení technologické variability k tomu neposkytuje prostředky. Pouze užitím metod, které umožňují přesnější kvantifikaci znaků (pro analýzu textury keramických hmot např. *Velde – Druc 1999*, 182–202; *Velde 2005*; *Quinn 2013*, 103–105; *Thér 2015*, 215; pro komplexní mineralogickou analýzu např. *Knappett a kol. 2011*), jsme schopni spolehlivě řešit otázku, zda vůbec můžeme o kulturních třídách hovořit a jaké jsou povahy. Taková analýza otevírá teoretické možnosti studia mechanismů kulturního přenosu, tedy otázek, zda za změnami, které v technologii pozorujeme, stojí náhodná variace způsobená chybami v imitaci, kulturním drift nebo záměrné změny v důsledku individuálního učení či přímá imitace vlastností výrobků či modelů chování (k mechanismům kulturního přenosu např. *Boyd – Richerson 1985*; *Henrich – McElreath 2003, 2007*).

## Využití elektronové skenovací mikroskopie pro řešení otázek spojených s technologickou variabilitou

Současný technologický vývoj nabízí širší a širší možnosti, jak analyticky uchopit archeologickou keramiku. O aplikaci konkrétních analytických technik bychom však měli vždy uvažovat v kontextu řešených otázek. Aplikace pěti moderních sofistiko-

vaných metod na pět archeologických střepů nepřinese pro poznání nic nového, pokud nebudeme mít jasno, čeho chceme analýzou oněch pěti střepů docílit. V následujícím textu bychom chtěli demonstrovat potenciál jedné z dynamicky se rozvíjejících technik – elektronové skenovací mikroskopie (SEM) – právě v kontextu výše zmiňovaných aspektů studia technologických změn a diverzity. Budeme se soustředit především na schopnost analytického rozlišení mezi výše navrženými kategoriemi, konkrétně mezi vlastnostmi závislými a nezávislými na technologických idejích v kombinaci s uchopením variability pomocí kvantitativních technik.

Vývoj elektronové skenovací mikroskopie dospěl do stádia, kdy je možné na elektronových mikroskopech provádět automatickou modální mineralogickou analýzu, která umožňuje přesné stanovení distribuce a podílu jednotlivých minerálů ve studovaném vzorku (např. *Hrstka 2008*). V průběhu analýzy skenuje mikroskop definovanou plochu povrchu vzorku, či povrch vzorkuje v definovaných liniích v určitém rozlišení. V průběhu analýzy dochází k automatizovanému výpočtu velikosti jednotlivých minerálních klastů a identifikaci jejich minerálního složení založeném na měřeném chemickém složení. Výstupem analýzy může být mineralogická mapa vzorku ve zvoleném rozlišení, modální tabulka podílu jednotlivých minerálů založeném na podílu povrchu zrn daného minerálu vůči celkovému povrchu řezu vzorkem, či přímo hmotnostní zastoupení jednotlivých minerálních fází na základě přepočtu hustot a plochy.

Jednou z výhod této analýzy, oproti např. tradiční petrografické analýze využívající optickou mikroskopii nebo rentgenové difrakční práškové analýze, která určí podíl minerálů v celém vzorku bez ohledu na jejich texturní vztahy a granulometrii, spočívá v tom, že lze sledovat zastoupení minerálů ve vztahu k velikosti zrn inkluzí. To teoreticky umožňuje vyhodnocovat kvantitativně mineralogii jednotlivých frakcí keramického materiálu.

Jaký má tato skutečnost význam z hlediska výše diskutované problematiky? Představme si modelový příklad keramické produkce na neolitickém sídlišti. Na sídlišti existuje několik podomáckých výrobců keramiky. Každý z nich (ať už jde o jednotlivce nebo skupiny) využívá svůj zdroj keramických materiálů v okolí sídliště, ovšem znalost technologických postupů se nepředává pouze vertikálně z rodičů na děti, ale zároveň napříč mezi generacemi nepřibuzných výrobců a horizontálně mezi výrobcí stejné generace. Existuje tak sdílená znalost technologických postupů, ke které navíc přispívá směna partnerů mezi jednotlivými domácnostmi. V rámci sdílených technologických postupů jsou předávány i receptury hrnčířské hmoty. Receptury jsou dvě: pro určité typy

nádoby se používá neostřená hlína a pro jiné hlína ostřená. Kulturní třída ostřeného materiálu je ale značně vágní. Z hlediska požadovaných vlastností do značné míry nehraje roli, kolik ostřiva je přimícháno, v jaké frakci, a jak bude ostřivo tříděné. Výsledkem je velká variabilita textur materiálů. Variabilita směsí a užívání lokálních surovin způsobí, že na nízké úrovni rozlišení si je všechna keramika podobná, kdežto při zvýšení rozlišení každý střep představuje odlišnou petrografickou skupinu. K tomu, abychom byli schopni odlišit mezi variabilitou způsobenou využíváním různých lokálních zdrojů materiálu a variabilitou způsobenou různými recepturami keramických hmot, je nutné vliv textury materiálu omezit. To lze učinit užitím relativního zastoupení minerálů ve vybrané frakci inkluzí, která je dostatečně přítomna ve všech srovnávaných materiálech.

Ovšem to je pouze teorie. Při uplatnění na konkrétní archeologický materiál budou působit potenciální rušivé proměnné:

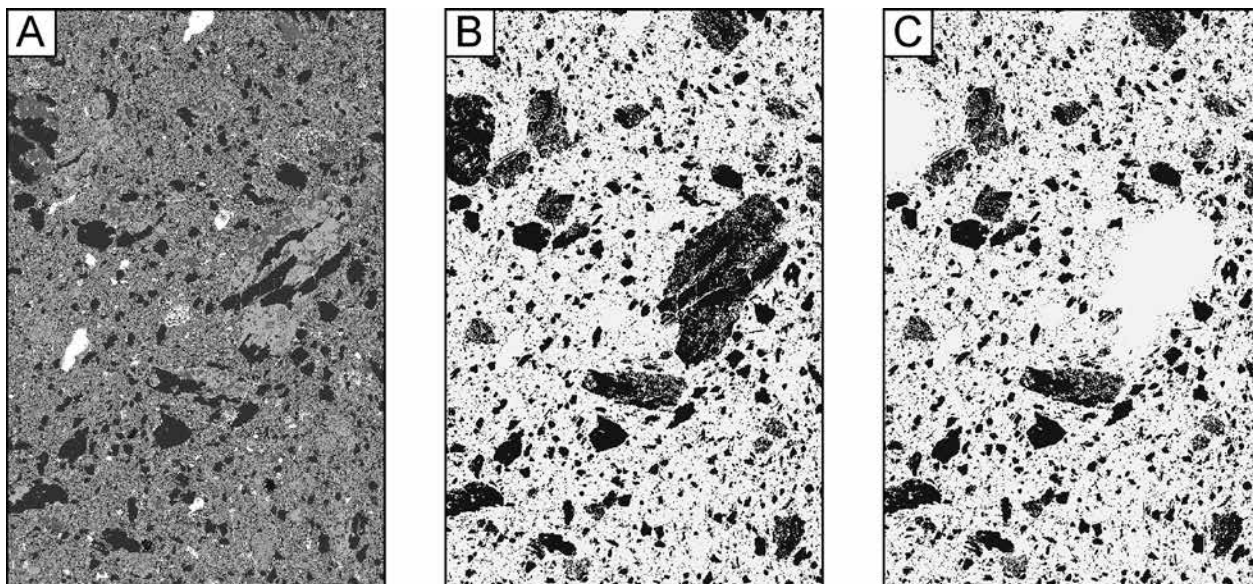
- Mineralogická variabilita využívaného lokálního zdroje může být srovnatelná nebo vyšší než variabilita mezi jednotlivými zdroji, takže není možné dělat automatické rovnítko mezi počtem mineralogických skupin a počtem využívaných zdrojů.
- Zdroje jednoho výrobce se mohou měnit v průběhu času, takže není možné dělat automatické rovnítko mezi počtem zdrojů a počtem výrobců.
- Datování keramiky není natolik spolehlivé a podrobné, abychom s jistotou vyčlenili a analyzovali chronologicky homogenní úrovně.

d) S tím souvisí i potenciálně komplikovaná deponiční historie keramických souborů, takže není možné se bezstarostně opřít o chronologicko-prostorové jednotky jako o soubory odrážející spotřebu keramiky (natož samozřejmě výrobu) v jednom čase na jednom místě.

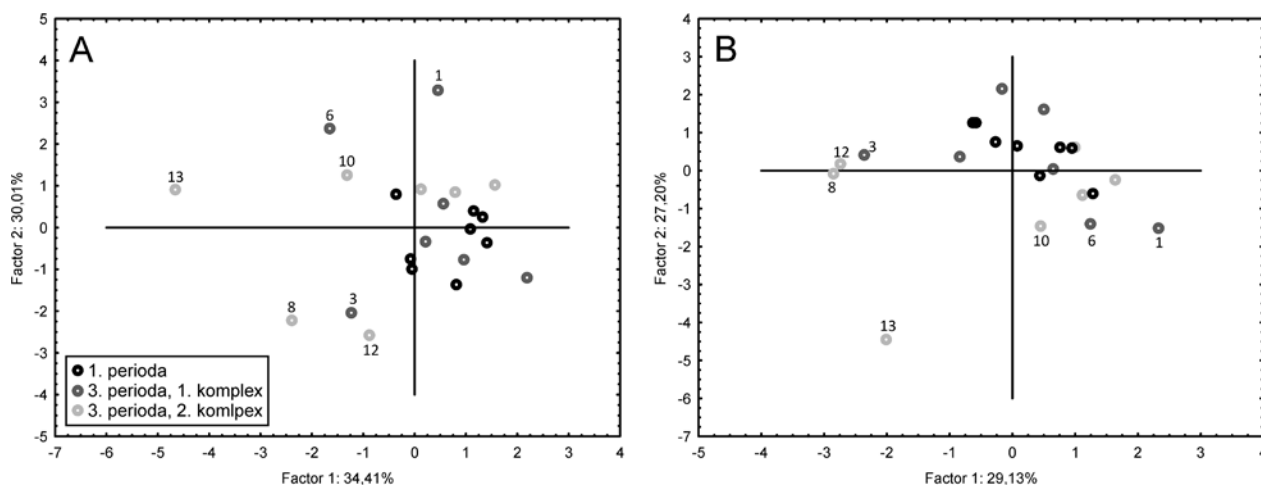
### Aplikace automatické modální mineralogické analýzy na pilotní soubor keramiky

Metodika analýzy bude demonstrována na pilotním souboru 22 vzorků náhodně vybraných z hrubozrnné keramické produkce ze tří komplexů neolitických domů zachycených na neolitickém sídlišti v Bylanech: jednoho na ploše F datovaného do první sídelní periody a dvou na ploše A datovaných do třetí sídelní periody (*obr. 1*).

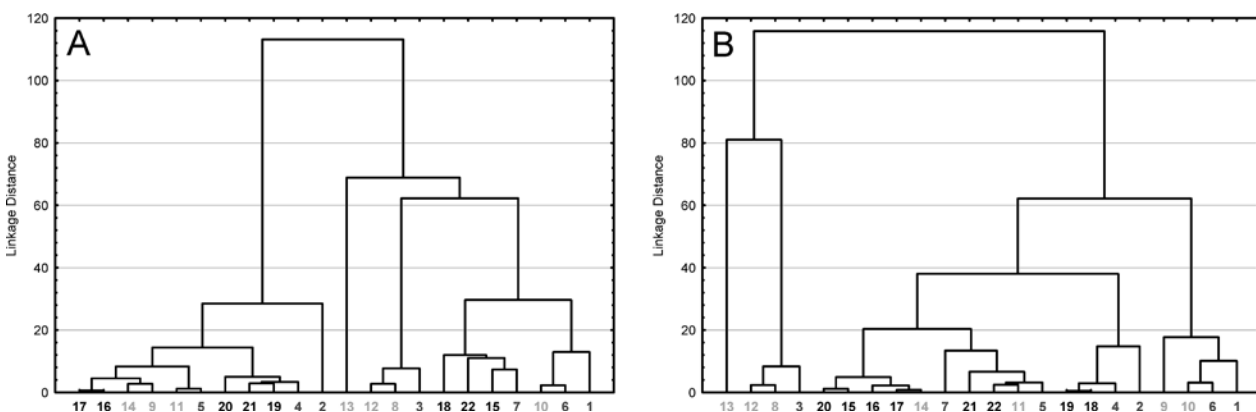
Z vybraných vzorků byly připraveny leštěné nábrusy, které byly analyzovány na přístroji Tescan TIMA GM speciálně navrženém pro potřeby modální mineralogické analýzy. Pro analýzu keramiky byla zvolena metoda „liberační“ analýzy umožňující mapování materiálu s předem stanoveným pravidelným krokem (v našem případě 6  $\mu\text{m}$ ). Každé spektrum z pravidelné sítě bodů je výpočetním algoritmem porovnáno se svým okolím a segmentováno za pomoci podobnosti BSE a EDS (1000 countů na pixel) dat z každého bodu do podoby mineralogic-



*Obr. 9* Mineralogická mapa vzniklá analýzou nábrusu keramiky na přístroji Tescan TIMA GM (A); objekty vybraných minerálů vektorizované v prostředí programu JMicroVision (B); Výběr zrn s řezy velikosti do 2 mm (C). – *Fig. 9* A mineralogical map resulting from the modal mineralogical analysis that was carried out using the Tescan TIMA GM (A); the selected minerals were separated in the environment of the JMicroVision software (B); A selection of individual grains with section lengths of up to 2 mm (C).



Obr. 10 Srovnání výsledků analýzy hlavních komponent minerálů všech zastoupených frakcí (A) a pouze vybraných minerálů pocházejících ze zrn s řezy zachycenými ve velikosti do 2 mm (B). – Fig. 10 A comparison of the results of the principal component analysis of the minerals in all of the represented grain fractions (A) and of selected grains with section lengths of up to 2 mm (B).



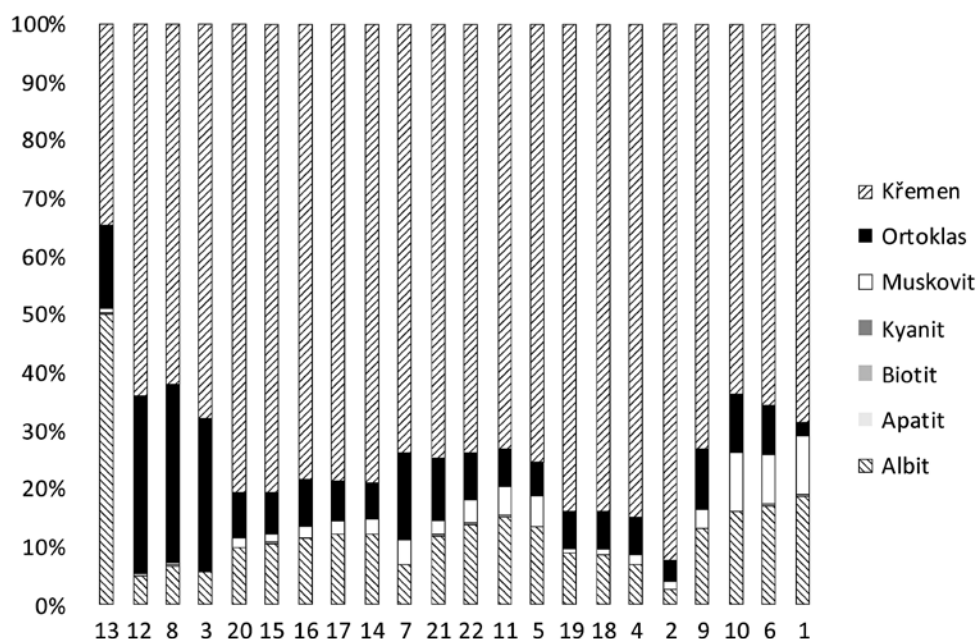
Obr. 11 Srovnání výsledků shlukové analýzy minerálů všech zastoupených frakcí (A) a pouze vybraných minerálů pocházejících ze zrn s řezy zachycenými ve velikosti do 2 mm (B). Černá čísla reprezentují vzorky z 1. periody, šedá čísla vzorky ze 3. periody. Dva vzorkované komplexy v rámci 3. periody jsou odlišeny různým odstínem šedé. – Fig. 11 A comparison of the results of the cluster analysis of the minerals in all of the represented grain fractions (A) and of selected grains with section lengths of up to 2 mm (B). The black numbers represent samples from the 1st settlement period, the grey numbers samples from the 3rd period, while the two sampled house complexes from this period are distinguished by a light shade of grey.

ké mapy vzorku ve falešných barvách odpovídajících minerálnímu/materiálovému složení.

Pro vyhodnocení byly vybrány pouze minerály stabilní v předpokládaném rozpětí teplot výpalu keramiky. Ze zjištěných minerálů tak byl do analýzy zahrnut albit, apatit, biotit, křemen, kyanit, muskovit a ortoklas (obr. 9: A). Pro stanovení podobností a rozdílů mezi mineralogickým složením jednotlivých vzorků byla využita analýza hlavních komponent a shluková analýza.

V první fázi vyhodnocení byl použit podíl jednotlivých vybraných minerálů všech frakcí (obr. 9: B),

aby bylo možné srovnat výsledky celkové analýzy s analýzou výběru pouze určité zastoupené velikostní frakce zrn. Modální analýzu výběru určité velikosti zrn není možné ve stávající verzi softwaru přístroje TIMA provést automaticky. Pro dosažení tohoto cíle byla barevná mineralogická mapa vzorků analyzována v softwaru JMicroVison (Roduit 2014). JMicroVison umožňuje vytvořit vektorovou mapu objektů s definovaným barevným spektrem. Každý z objektů je pak definován sérií vlastností, podle kterých je možné objekty vybírat, popřípadě výběr doplnit manuální selekcí. Manuální selekce je klíčová, pokud



Obr. 12 Podíl vybraných minerálů v jednotlivých vzorcích pilotní série neolitické keramiky z Bylan. – Fig. 12 The proportions of selected minerals included in the pilot samples of pottery from Bylany.

jsou větší klasty polyminerální povahy, takže velikost jednotlivých minerálů je odlišná od velikosti celého zrna. V rámci prvotní analýzy byl výběr řízen dvěma cíli: a) zamezit ovlivnění výsledků analýzy náhodnou přítomností velkých zrn a b) zajistit možnost komparace materiálů různé zrnitosti. Vzhledem k hrubozrnnému a nehomogennímu charakteru zahrnutých materiálů, byla z analýzy vyloučena zrna větší než 2 mm (obr. 9: C).

Srovnání výsledků analýzy minerálů všech frakcí a pouze selektovaných velikostí v analýze hlavních komponent (obr. 10) a shlukové analýze (obr. 11) ukazuje vliv selekce na vymezení skupin keramických materiálů. Selektce výsledky v zásadě nezměnila, ovšem v obou typech analýz vedla k jasnějšímu vymezení jednotlivých skupin.

Extrémním případem v analyzovaném souboru je vzorek č. 13, v jehož případě albit dosahuje zhruba 50 % podílu ve skupině vybraných minerálů. Výrazně odlišnou skupinu vytvářejí též vzorky 12, 8, a 3, charakteristické především vysokým podílem ortoklasu a naopak nízkým podílem albitu. Hlavní skupinu lze rozčlenit na podskupiny především na základě variability podílu muskovitu a albitu, jejichž výskyt v této skupině vzájemně koreluje, ovšem hranice mezi skupinami nejsou zřetelné a nelze je asociovat se soubory z jednotlivých vzorkovaných komplexů, což dále interpretaci znesnadňuje. Výjimku tvoří pouze vzorky 9, 10, 6 a 1, výhradně z mladší fáze osídlení, které se v rámci základní skupiny podílem albitu

a především muskovitu významněji odlišují (obr. 12). Celkově pozorujeme značný nárůst variability materiálů při porovnání starší a mladší fáze zastoupené v analýze. I v rámci základní skupiny pozorujeme zvýšení variability a navíc posun směrem k materiálům s vyšším podílem muskovitu a albitu.

## Závěr

V článku jsme se pokusili ilustrovat možné přístupy ke studiu technologie neolitické hrnčičské produkce na příkladech dvou metodik. První z metod využívá makroskopické sledování technologických parametrů keramických nádob a jejich zlomků. Aplikace elektronové skenovací mikroskopie (SEM) pak ukazuje možnosti kvantitativní analýzy studovaných jevů, která otvírá prostor pro řešení charakteru technologické variability. Každý ze zde prezentovaných přístupů vykazuje současně slibný potenciál, ale i zjevná či skrytá úskalí. Potenciál aplikace příslušných metod posiluje jejich vhodná kombinace. Vedle toho však existují i externí proměnné vycházející přímo z konkrétně studovaných archeologických dat, které mohou výrazným způsobem ovlivnit výsledky obou metod a vlastně jakéhokoliv potenciálně aplikovaného postupu.

Do této šedé zóny spadají problémy související s mnoha aspekty původní živé kultury neolitických zemědělců a rovněž s procesy, které ji transformova-

ly do podoby současného archeologického záznamu. Klíčovou otázkou nejen pro vlastní analýzu technologie, ale vlastně už pro samotný výběr vhodných dat je strukturování sídelního prostoru v rámci LBK osad. Připomeňme, že jejich dochovaný obraz je tvořen půdorysy dlouhých domů s přilehlými jámami a množstvím dalších zahloubených objektů. Zhruba od šedesátých let 20. století se v archeologických studiích prosadila hypotéza o přímém vztahu mezi nálezy z jam u domů a původními aktivitami neolitické domácnosti. Jinými slovy: předměty z těchto jam byly vnímány v chronologické i funkční souvislosti s domem a jeho prehistorickými obyvateli (*Lüning 1982, Soudský 1962*). Z této představy pak vzešel koncept tzv. stavebního komplexu, který dlouhý dům a jeho přímé okolí včetně jam metodicky pojímal jako jednu analytickou a interpretační jednotku (*Soudský – Pavlů 1972, 318*). To však nemusí být nutně jediné východisko pro studium vazby mezi nálezy a neolitickou společností. Nedávné práce poukázaly na možnost mnohem komplexnějšího vztahu, který kromě přímé vazby mezi lidmi a jejich věcmi zasadil ještě proměnné spojené s odpadovým managementem a délkou trvání daného osídlení (*Stäuble 1997, Květina – Končelová 2013*).

A právě v tomto bodě lze identifikovat možnou Achillovu patu výzkumu keramické technologie neolitického sídliště v Bylanech. Zdejší osídlení trvalo dlouho, a proto zkreslení dané překrýváním jednotlivých chronologických horizontů a promícháním sídelního odpadu pravděpodobně významně ovlivňuje možnosti rekonstrukce sociálních parametrů ve výrobních postupech keramických nádob.

## Summary

This paper comprises the preliminary results of a technological analysis of pottery from the large Neolithic settlement site in Bylany, located in the Kutna Hora district in the Czech Republic. This project is based on a complex methodology with the aim of identifying the degree of variability of the technological chains and of interpreting the relationship between the technology and social environment of the settlement. The technological variability is being examined in relation to the chronological diversity and the spatial patterns of the site.

The ceramic material from the Bylany site results from the long-term systematic excavation, pursued by the survey of the surrounding areas that resulted in the compilation of an exceptional body of archaeological data. The sampling has been implemented with regard to represent the general disposition of the assemblage that comprising all its formal, chronological and spatial attributes. The house complexes indicated were selected as a sample-collection for analysis.

The methodological approach is based on visual examination of macroscopic features of the entire fabrication process coupled with the validation of the observed phenomena by thin-section petrography and SEM analysis.

The macroscopic evidence obtained from the paste processing is divided in two topics concerning the organic and inorganic inclusions. The pores left, after organic inclusions has been burned out are often clearly visible on the surfaces and on sections of the sherds. The morphology of the porosity seems to be very close to that of animal dung. The presence of organic inclusions is typical of the early phase of the LBK's occupation of the site. The later phases can be identified in accordance with the predominance of inorganic grains in the composition of the paste.

The inclusions and the other characteristics of the paste are divided, based on qualitative visual criteria, into five categories in accordance with the density and the dimensions of the inorganic grains. The presence of a sandy composition is typical of the later phases – contrary to the early phase, which is characterised as being a category that has a low preponderance of distinctive grains combined with the organic temper.

We have defined the general categories of the paste but it seems to be rather a continual scale highly variable in sort, in the combinations of grain dimensions and its quantities. This variability is hard to divide and differentiate, especially in regard to all the limitations of the macroscopic identification.

The diagnostic marks of forming techniques are analysed in accordance with differing criteria: a) the morphology and the position of the sherd fractures, b) the microstructure that is visible on the edge of the sherd, c) the morphology of the surface, d) the wall thickness and its variability. The specific combinations of these attributes have been associated to the three main complex categories.

Macroscopic analysis establishes a grid of categories into which the observed phenomena are sorted. By using this approach there will always be some specific groups of pottery. In many cases, however, we do not know the real nature of these groups. Are there different groups of pottery that reflect the distinctive technological traditions of specific chronological phases or is there only continual variability together with one or two broad concepts regarding paste recipes? These are basic dichotomies that we cannot resolve without having the possibility to reliably quantify the differences.

The question is, what are our possibilities in regard to mapping the technological variability on a quantitative basis. The human senses represent very powerful analysers and their “feelings” can capture complexly based or subtle differences between the sensual qualities of observed objects. But these “feelings” cannot constitute a base for scientific argumentation. For validating these feelings and for ensuring that the results of the analysis are both reliable and repeatable we need accurate quantitative data. Standard thin-section petrography can only partially solve this problem. Usually classification is either based on qualitative categories or it uses ordinal scales. Semi-quantifications are either time-consuming or subjective – depending on the observer's experience.

A possible solution to this problem lies in a new advance in scanning electron microscopy that enables automatic modal mineralogical analysis that constitutes an accurate estimation of the distribution and the volume percentage of a mineral within a thin section. During this analysis the electron microscope scans the entire surface of the sample in the defined resolution or in the defined linear paths, calculating the sizes of the different mineral clasts and estimating the mineralogy of the grain based on its chemical composition.

This type of analysis theoretically enables distinguishing between which of the attributes of the ceramics are depen-

dent on and which are independent of the potter's choices. For example if potters share a ceramic paste recipe and work locally in similar geological environments, but use spatially different sources of ceramic raw materials, the analysis can help to distinguish between those similarities that are based on shared recipes and differences that are based on the use of ceramic materials from different sources. Modal mineralogical analysis can also be fruitful especially in those situations in which we are able to ascertain that the pottery was produced locally and that thereby there will be no substantial qualitative differences in the mineralogy of the ceramic materials. This is the case at the Bylany LBK site.

For the pilot analysis we selected 22 samples of randomly chosen course grained pottery from three individual house complexes; one from the first settlement phase and two from the third settlement phase. From the petrographic point of view all the mineral clasts and their relations that were found in the samples match the characteristics of the metamorphous rocks from the Kutna Hora Crystalline complex and thereby the raw material that was used is locally available. The results show no clear distinction between the house complexes. Many samples from the third phase show a mineralogy that is similar to that of the first phase samples. An increase in their modal variability over time can be identified however. The groups are neither chronologically nor spatially specific. All the earliest pottery falls into the same basic mineralogical group. During the course of the period sampled, very similar sources of ceramic materials were used, but the variability of the used ceramic materials increased and we would consider using any one of at least four different sources, all of which are located in the vicinity of the settlement. Important is that the influence of the grain size distribution is reduced by selecting a specific fraction that helps to unmask the mineralogical character of the raw materials. This is very important in regard to this specific technological context in which both the sorting of raw materials and tempering praxis were very varied and specific recipes could not always be clearly distinguished.

## Literatura

- Berg, I. 2007:* Meaning in the making: the potter's wheel at Phylakopi, Melos (Greece). *Journal of Anthropological Archaeology* 26, 234–252.
- Bollong, C. A. 1994:* Analysis of the stratigraphy and formation processes using patterns of pottery sherd dispersion. *Journal of Field Archaeology* 21, 15–28.
- Bourdieu, P. 1977:* Outline of a theory of practice. Cambridge – New York.
- Boyd, R. – Richerson, P. J. 1985:* Culture and the evolutionary process. Chicago.
- Coudart, A. 2015:* The Bandkeramik longhouses. A Material, Social, and Mental Metaphor for Small-Scale Sedentary Societies. In: Ch. Fowler – J. Harding – D. Hofmann: *The Oxford Handbook of Neolithic Europe*, 309–325. Oxford.
- Dobres, M.-A. 2000:* Technology and social agency: outlining the practice framework for archaeology. Oxford.
- Dobres, M.-A. – Hoffman, C. 1994:* Social agency and the dynamics of prehistoric technology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 1, 211–258.
- Gelbert, A. 2003:* Traditions céramiques et emprunts techniques dans la vallée du fleuve Sénégal, Paris: Éditions Epistèmes, Éditions de la Maison des sciences de l'Homme.
- Giddens, A. 1984:* The constitution of society: outline of the theory of structuration. Berkeley.
- Gomart, L. 2014:* Traditions techniques & production céramique au néolithique ancien: étude de huit sites rubanés du nord est de la France et de Belgique. Leiden.
- Gosselain, O. P. 1992:* Technology and style: potters and pottery among Bafia of Cameroon. *Man* 27, 559–586.
- Gosselain, O. P. 1998:* Social and technical identity in a clay crystal ball. In: M. T. Stark (ed.): *The archaeology of social boundaries*. Washington – London, 78–106.
- Gosselain, O. P. 2000:* Materializing Identities: An African Perspective. *Journal of Archaeological Method and Theory* 7/3, 187–217.
- Hamer, F. – Hamer, J. 2004:* The potter's dictionary of materials and techniques, London – Philadelphia.
- Haudricourt, A.-G. 1987:* La technologie science humaine: recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques. Paris.
- Henrich, J. – McElreath, R. 2003:* The evolution of cultural evolution. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 12, 123–135.
- Henrich, J. – McElreath, R. 2007:* Dual inheritance theory: the evolution of human cultural capacities and cultural evolution. In: R. I. M. Dunbar – L. Barrett (eds.): *Oxford handbook of evolutionary psychology*, Oxford – New York, 555–570.
- Hrstka, T. 2008:* Preliminary Results on the Reproducibility of Sample Preparation and QEMSCAN® Measurements for Heavy Mineral Sands Samples; ICAM 2008; Ninth International Congress for Applied Mineralogy, congress proceedings.
- Knappett, C. – Pirrie, D. – Power, M. R. – Nikolakopoulou, I. – Hilditch, J. – Rollinson, G. K. 2011:* Mineralogical analysis and provenancing of ancient ceramics using automated SEM-EDS analysis (QEMSCAN®): a pilot study on LB I pottery from Akrotiri.
- Kvěšina, P. – Končelová, M. 2013:* Settlements patterns as seen in pottery decoration style: a case study from the early Neolithic site of Bylany (Czech Republic). In: P. Allard – C. Hamon – M. Ilett (eds.): *The domestic space in LBK settlements*. *Internationale Archäologie* 17, Rahden, 99–110.
- Leeuw, S. E. van der 1993:* Giving the potter a choice: conceptual aspects of pottery techniques. In: P. Lemonnier (ed.): *Technological choices: transformation in material cultures since the Neolithic*, London – New York, 238–288.
- Leeuw, S. E. van der – Torrence, R. (eds.) 1989:* What's new? A closer look at the process of innovation. London.
- Lemonnier, P. 1992:* Elements for anthropology of technology. *Anthropological papers* 88.
- Lemonnier, P. (ed.) 1993:* Technological choices: transformation in material cultures since the Neolithic. London – New York.
- Leroi-Gourhan, A. 1971 [1943]:* Evolution et Techniques. L'Homme et la Matière. Paris.
- Leroi-Gourhan, A. 1945:* Evolution et techniques 2: Milieu et techniques. Paris.
- Livingstone-Smith, A. 2007:* Chaîne opératoire de la poterie: références ethnographiques, analyses et reconstitution. Tervuren.
- Lüning, J. 1982:* Forschungen zur bandkeramischen Besiedlung der Aldenhovener Platte im Rheinland. In: J. Pavúk (ed.): *Siedlungen der Kultur mit Linearkeramik in Europa*. *Kolloquium Nové Vozokany*, 125–156, Nitra.

- Manem, S. 2010:* Des habitats aux sites de rassemblement à vocation rituelle. L'âge du bronze le concept de chaîne opératoire. *Nouvelles de l'archéologie* 119, 30–36.
- Pavlu, I. 1989:* Die Keramische Chronologie der Siedlungen in Bylany. In: J. Rulf (ed.): *Bylany Seminar 1987. Collected papers*, 59–63. Praha.
- Pavlu, I. 2000:* Life on a Neolithic site. Praha.
- Pavlu, I. 2014:* Společnost a lidé na neolitickém sídlišti Bylany. Praha.
- Pavlu, I. – Rulf, J. – Zápotocká, M. 1986:* Theses on the Neolithic Site of Bylany. *Památky archeologické* 77, 288–412.
- Pfaffenberger, B. 1992:* Social anthropology of technology. *Annual Review of Anthropology* 21, 491–516.
- Quinn, P. S. 2013:* Ceramic petrography: the interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section. Oxford.
- Rice, P. M. 1987:* Pottery analysis: a sourcebook. Chicago – London.
- Roduit, N. 2014:* JMicroVision: Image analysis toolbox for measuring and quantifying components of high-definition images, version 1.2.7., (consulted únor 2014: <http://www.jmicrovision.com>).
- Roux, V. – Courty, M. A. 2005:* Identifying social entities at a macro-regional level: Chalcolithic ceramics of South Levant as a case study. In: A. Livingstone-Smith – D. Bosquet – R. Martineau (eds.): *Pottery manufacturing processes: reconstruction and interpretation*. BAR International Series 1349, 201–214.
- Roux, V. – Courty, M. A. 1998:* Identification of wheel-fashioning methods: technological analysis of 4th–3rd millennium oriental ceramics. *Journal of Archaeological Science* 25, 747–763.
- Roux, V. 2010:* Lecture anthropologique des assemblages céramiques. *Fondements et mise en oeuvre de l'analyse technologique*. *Les nouvelles de l'archéologie* 119, 4–9.
- Salanova, L. 2000:* La question du Campaniforme en France et dans les Iles anglo-normandes: productions, chronologie et rôles d'un standard céramique. Coédition Société Préhistorique Française et Comité des Travaux Historiques et Scientifiques.
- Shanks, M. – Tilley, C. 1987:* *Social Theory and Archaeology*. Cambridge.
- Sillar, B. – Tite, M. S. 2000:* The challenge of 'technological choices' for materials science approaches in archaeology. *Archaeometry* 42, 2–20.
- Skibo, J. M. – Schiffer, M. B. 2008:* *People and things: a behavioral approach to material culture*. New York.
- Stark, M. T. 1998:* Technical choices and social boundaries in material culture patterning: an introduction. In: M. T. Stark (ed.): *The archaeology of social boundaries*, Washington – London, 1–11.
- Soudský, B. 1962:* The Neolithic site of Bylany. *Antiquity* 36 (143), 190–200.
- Soudský, B. – Pavlu, I. 1972:* The Linear Pottery Culture settlements patterns of Central Europe. In: P. J. Ucko – R. Tringham – G. W. Dimbleby (eds.): *Man, settlement and urbanism*, 317–328. London.
- Stäuble, H. 1997:* Häuser, Gruben und Fundverteilung. In: J. Lüning (ed.): *Ein Siedlungsplatz der Ältesten Bandkeramik in Bruchenbrücken, Stadt Friedberg/Hessen*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 39, 17–150.
- Thér, R. – Mangel, T. 2014:* Inovace a specializace v hrčičském řemesle v době laténské: model vývoje organizačních forem výroby. *Archeologické rozhledy* 66, 3–39.
- Thér, R. 2015:* Identification of pottery forming techniques using quantitative analysis of the orientation of inclusions and voids in thin sections. *Archaeometry*.
- Velde, B. 2005:* Use of image analysis in determining multi-source ceramic materials. In: A. Livingstone-Smith – D. Bosquet – R. Martineau (eds.): *Pottery manufacturing processes: reconstruction and interpretation*. BAR International Series 1349, Oxford, 95–99.
- Velde, B. – Druc, I. C. 1999:* *Archaeological ceramic materials: origin and utilization*. Berlin – New York – London.
- Mgr. Klára Neumannová*  
*Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i.*  
*E-mail: neumannova@arup.cas.cz*
- Mgr. Richard Thér, Ph.D.*  
*Univerzita Hradec Králové, Katedra archeologie*  
*E-mail: richard.ther@uhk.cz*
- Mgr. Petr Květina, Ph.D.*  
*Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i.*  
*E-mail: kvetina@arup.cas.cz*
- RNDr. Tomáš Hrstka, Ph.D.*  
*Geologický ústav AV ČR, v. v. i.*  
*E-mail: hrstka@gli.cas.cz*