

Lze zbarvení na lomu keramických nádob použít jako indikátor specifického typu výpalu?

Barevnost keramiky je považována za jeden ze znaků umožňujících interpretaci specifických rysů aplikované technologie výpalu. Výsledky experimentálních výpalů v konstrukci dvoukomorové vertikální hrnčířské pece podle nálezu z Brčekol (okr. Chrudim) ukazují překvapivou variabilitu barevných schémat. Výpal, který se stal předmětem tohoto článku, způsobil všechna základní barevná schémata na řezech keramiky: homogenně červené a světle červené stěny, tmavá jádra se světle zbarvenými okraji a naopak, ostré i pozvolné přechody mezi barevnými vrstvami. Výsledky demonstrují potenciál všech základních typů vypalovacích zařízení, které můžeme předpokládat v kontextu prehistorických a protohistorických společností Evropy, vyprodukovat všechna základní barevná schémata na řezu keramiky.

■ Richard THÉR

Katedra archeologie FF
Univerzity Hradec Králové

Úvod

Výpal je klíčovou fází technologického řetězce výroby keramiky. Interpretace technik výpalu na základě archeologických dokladů však zdaleka není jednoznačná. Existují dva základní prameny pro studium technologie výpalu keramiky: doklady vypalovacích zařízení a samotná keramika. Známe řadu archeologických dokladů pyrotechnických zařízení z různých období pravěku a protohistorie, ale ve většině případů o nich nejsme schopni říci nic víc, než že sloužily k záměrnému využití

tepelné energie k nějakému účelu. Všechna tato zařízení jsou použitelná pro výpal keramiky. Tato technologie však nezanechává doklady, na základě kterých bychom mohli zařízení pozitivně identifikovat jako hrnčířská vypalovací zařízení. Technologický odpad lze snadno zaměnit za běžný sídelní odpad. Pouze vyspělé typy hrnčířských zařízení zanechávají specifické konstrukční prvky, např. rošt oddělující topeniště od peciště v případě dvoukomorových vertikálních pecí. Řada hrnčířských vypalovacích zařízení navíc nezanechává prakticky žádné archeologické stopy. Především se jedná o nejjednodušší a zároveň v podmínkách společnosti malého rozsahu nejběžněji využívaná zařízení – otevřená ohniště (Allen – Zubrow 1989, 91; Arnold III 1991, 111; Stark 1985; Sullivan III 1988). Takové typy zařízení nemohou být vyloučeny z úvah o technologii keramiky pouze na základě neexistence přímých archeologických dokladů.

Možným řešením pro identifikaci technologie výpalu se tedy zdají být spíše vlastnosti samotné keramiky. Keramika odráží dvě hlavní proměnné výpalu: teplotu a atmosféru. Atmosférou výpalu míníme chemické složení plynů, které proudí kolem keramiky během výpalu. Klíčový pro charakteristiku atmosféry výpalu je především podíl kyslíku. Atmosféru s vysokým podílem kyslíku označujeme jako oxidační, s nízkým podílem kyslíku (většinou nahrazovaným v atmosféře oxidy uhlíku) pak jako redukční.

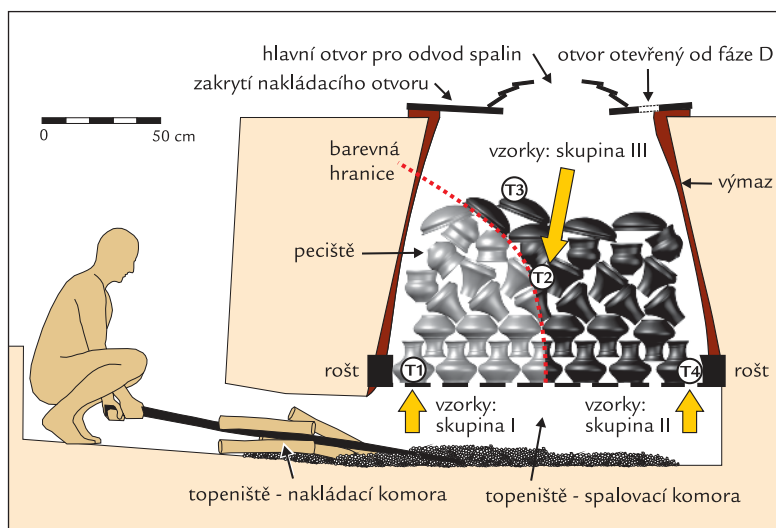
Jednou z vlastností keramiky, která působení teploty a atmosférou odráží je barva. Obecně lze říci, že oxidační atmosféra výpalu způsobuje světlé barvy a redukční tmavé barvy střepu. Cílem tohoto článku je zvážit interpretační potenciál barevnosti jako důsledku kombinace teploty a atmosféry a jejich změn v průběhu výpalu.

Lze vymezit dva hlavní faktory ovlivňující barevnost keramiky. Tmavé barvy jsou přisuzovány:

- a) **Obsahu uhlíku** ve střepu obzvláště v případě nízké pálené keramiky (Rice 1987, 334–335; Shepard 1956, 104). Uhlík se ve střepu usazuje buď působením plynů bohatých na oxidy uhlíku při specifických teplotách nebo vzniká zuhelnatěním organické složky přítomné v keramické hmotě.
- b) **Přítomnosti nižších oxidů železa** (Hess – Perlman 1974; Molera a kol. 1998; Rice 1987, 335; Shepard 1956, 104). Železo je běžnou součástí přírodních hlín. Sloučeniny železa jsou jedním ze základních barviv v hlinách. V redukční atmosféře bohaté na oxidy uhlíku při vysokých teplotách dochází ke vzniku nižších oxidů železa, které jsou charakteristické tmavými barvami. Výsledný barevný efekt závisí především na podílu železa v keramické hmotě.

Avšak interpretace barev není jednoznačná (např. Feathers a kol. 1998, 68). Spolupůsobí zde řada faktorů. Různé množství a distribuce železitých sloučenin a organické složky keramické hmoty může způsobit rozdílnou barevnost keramiky vypalované ve stejných podmínkách (Shepard 1956, 150).

Za užitečné pro interpretaci podmínek výpalu jsou proto považovány spíše barevné kombinace. Komplexnější barevné kombinace představují vyšší variabilitu teploty a atmosféry v průběhu výpalu. Předpokládá se, že v různých vypalovacích zařízeních je možné dosáhnout různé úrovně homogenity výpalu (McDonnell 2001, 495) a tím pádem také různé úrovně barevné homogenity. Výpaly v otevřeném ohništi jsou obecně považovány za procesy bez možnosti efektivně kontrolovat



■ Obr. 1 Schéma experimentálního výpalu.

atmosféru během výpalu (Arnold 1985, 214; Rye 1981, 98). V důsledku toho barevnost nádob pocházejících z jednoho výpalu může významně variovat (Gibson – Woods 1997, 52–53; Rice 1987, 109). Naše dosavadní zkušenosti s výpaly v dvoukomorových vertikálních pecích však ukazují, že i v těchto zařízeních je možné běžně vyrobit barevně variabilní keramiku. Na druhé straně může zkušený hrnčír dosáhnout vysokého stupně homogenity i při výpalu v otevřeném ohništi nebo mělké jámě (Rice 1987, 158; Swink 2004, 279–300).

Zbarvení na řezu keramiky odráží celkovou dynamiku výpalu a zdá se, že má větší interpretační potenciál. Řezy keramikou často ukazují barevné rozdíly mezi jádrem, okrajovými partiemi a povrchem (Hanykř – Kutzendörfer 2008, 118–119; Nodari a kol. 2004; Rye 1981, 116–117). V případě keramiky vypalované pod 1000 °C odlišná barevnost jádra souvisí primárně s vyhořením uhlíku v oxidačních

podmínkách nebo jeho ukládáním v redukční atmosféře. Přítomnost organické složky, která v průběhu výpalu zuhelnatí či zcela vyhoří, je zde klíčovým faktorem (MacKenzie – Cardile 1990; Rye 1981, 115).

Tmavá jádra jsou považována za určující znak pro krátké výpaly (Gibson – Woods 1997, 52–53; Haith 1997, 151; Perlès – Montheil 2001, 213; Saunders – Hays 2004, 6; Szakmány – Starini 2007, 13–14). S. Pavía (2006, 216) dává přítomnost tmavého jádra u cihel do souvislosti s tzv. milířovými výpaly. Někteří autoři používají přítomnost tmavého jádra jako hrubý indikátor úrovně kontroly a konzistentnosti výpalu a odhadují na základě takových znaků řemeslnou úroveň hrnčírů (Costin – Hagstrum 1995, 634; Eerkens 2005, 85). Jednoznačné přisouzení tmavých jader krátkým výpalům však není možné. Vyhořívání uhlíku a vznik vyšších oxidů železa v oxidačních podmínkách je relativně pomalý proces. Tuto skutečnost je

potřeba vzít v potaz, když interpretujeme dynamiku výpalu na základě barevnosti. Doba, za kterou vyhoří uhlík, závisí na řadě faktorů: teplotě výpalu, míře oxidace, množství uhlíku obsaženého v keramické hmotě, jemnosti keramické hmoty a jejím mineralogickém složení (Rice 1987, 88; Shimada a kol. 2003, 86). Navíc je třeba vzít v potaz, že oxidace může začít až v pozdějších fázích výpalu. Delší část výpalu může probíhat v redukčních podmínkách díky způsobu naložení výpalu či vedení výpalu hrnčířem a teprve závěrečná fáze výpalu po odhoření paliva či změně způsobu přikládání na vyšších teplotách může mít oxidační charakter. Takový proces může zachovat tmavé jádro střepu, neboť oxidační fáze nemusí být dostatečná pro vyhoření organické složky, ovšem nic to nevyovídá o celkové dynamice výpalu.

Podle O. Rye (1981, 115–118) je znakem, který lze využít pro odlišení mezi výpalem v otevřeném ohništi a v peci ostrost přechodu mezi barevnými vrstvami na řezu. Velmi ostré přechody se podle něj objevují pouze tehdy, když je keramika vytažena z otevřeného ohniště na vrcholu výpalu.

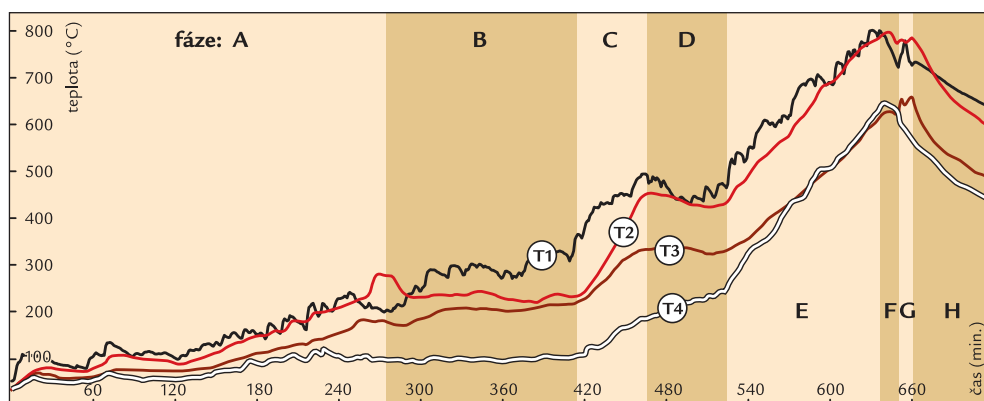
V průběhu poslední zhruba 10 let jsme realizovaly široké spektrum výpalů ve velké škále vypalovacích zařízení (otevřená ohniště, jámy s těžkou či lehkou izolací, pece s otevřeným pláštěm, zaklenuté jednokomorové pece, různé typy dvoukomorových pecí s roštem – dosavadní vyhodnocení viz Thér 2008). Vzorky z těchto výpalů jsou archivovány mimo jiné z cílem vyhodnocení barevné variability charakteristické pro různá zařízení. Nicméně tento článek je zaměřen na vyhodnocení jednoho jediného výpalu, který byl pro studium barevné variability největším překvapením.

Experimentální výpal

Výpal proběhl v experimentální konstrukci dvoukomorové vertikální pece podle nálezu pozdně laténské hrnčírské pece z Brčekol (Princ – Skružný 1977; Thér – Mangel 2011).

Vsádka

Vsádka keramiky čítala 196 na kruhu točených nádob: 46 lahví (prům. výška 18 cm, prům. šířka



■ Obr. 2 Termální profil výpalu.

18 cm), 46 džbánek (prům. výška 16 cm, prům. šířka 15 cm), 46 pohárů (prům. výška 12 cm, prům. šířka 13 cm), 46 koflíků (prům. výška 8 cm, prům. šířka 12 cm) a 10 mis (prům. výška 8 cm, prům. šířka 24 cm). První vrstva keramiky byla naložena pravidelně, další patra potom neuspořádaně ponechávající poměrně málo volného prostoru mezi nádobami. Keramika vyplnila zhruba 2/3 peciště.

Vzorky

Analyzované vzorky hlín byly připraveny z pěti odlišných materiálů tak, aby byly zahrnuty jak jemné, tak hrubozrnější materiály a také materiály s vyšším obsahem organické složky:

M10: okrová sprašová hlína z těžebních jamů bývalé cihelny v Miskolcích u České Skalice ostřená 10 wt. % písku z nivních sedimentů řeky Orlice nedaleko Hradce Králové tříděného na frakci do 2 mm.

J1: žlutá jílovitá hlína s vyšším obsahem organické složky nacházející v malých ložiscích v kontextu svrchně křídových vápnitých jílovců, slínovců a vápnitých prachovců maritimního původu nedaleko Hradce Králové.

J11: šedá jílovitá hlína s vyšším obsahem organické složky nacházející v korytu potoka v kontextu fluvialních převážně písčitých sedimentů nedaleko Hradce Králové.

W: točířská hlína německé firmy Witgert, typ 10 Steinzeugmasse rot.

P: točířská hlína z Pozdišovců na Slovensku.

Vzorky byly připraveny ve formě dvou typů destiček (6 × 4 cm): úzké destičky (prům. síla 5 mm) byly připraveny ze všech typů hlín a širší destičky (prům. síla 10 mm) z hlín M10, J1 a J11. Vzorky byly ve výpalu rozmístěny ve třech skupinách (Obr. 1).

Průběh výpalu

(Obr. 2)

Po naložení pece (Obr. 3) byl nakládací otvor peciště zakryt mazanico-vými deskami a střepey (Obr. 4). Na vrcholu byl ponechán oválný otvor

pro odvod spalin (prům. ~ 20 cm). Teplota plynů v pecišti byla zaznamenávána na čtyřech místech (Obr. 1). K měření teploty byly použity 4 teplotní sondy typu K s kovovým opředěním Omegaclad (slitina niklu a chromu). Teploty byly zaznamenávány v minutovém intervalu. Cílem výpalu bylo dosáhnout teplot v rozmezí 600–800 °C s fází zakuřování keramiky na vrcholu výpalu.

Fáze A (0:00–4:00 hod.): Cílem první fáze bylo odstranění fyzikálně vázané vody z keramiky, roštu a stěn pece, ve které bylo páleno poprvé. Teplota v pecišti byla udržována pod hranicí 200 °C.

Fáze B (4:00–6:40 hod.): Z peciště odcházela stále značná vlhkost, proto byla teplota zvyšována velmi pomalu.

Fáze C (6:40–7:40): Zvýšená intenzita přikládání způsobila zvýšení teplotní nehomogenity v pecišti. Vzrůst teplot v přední části peciště byl rychlejší než v zadních partiích. Rozdíl teplot dosáhl 300 °C.

Fáze D (7:40–8:30): Cílem této fáze bylo zvýšení teplotní homogenity v pecišti. Snížila se intenzita přikládání a rozhořené palivo bylo posouváno hlouběji do topeniště. V zadní části zakrytého nakládacího otvoru byl otevřen další menší otvor pro odvod spalin. Toto opatření mělo sloužit k posílení proudění plynů do zadní části peciště. Rozdíl teplot se snížil na cca 200 °C.

Fáze E (8:30–10:30): Po snížení rozdílu teplot v pecišti byla zvýšena intenzita přikládání (Obr. 5).

Fáze F (10:30–10:50): Po dosažení požadovaných maximálních teplot bylo pozastaveno přikládání a palivo postupně vyhořovalo.

Fáze G (10:50–11:00): Hlavní otvor pro odvod spalin byl částečně zakryt a do topeniště byla naložena březová kůra. Cílem bylo vytvořit v pecišti redukční atmosféru s vysokým podílem oxidů uhlíku.

Fáze H (11:00 – ...): Všechny otvory byly uzavřeny a zaizolovány mazanicí.

Keramika a vzorky byly vyzvednuty o čtyři dny později.



■ Obr. 3 Peciště naložené keramikou.



■ Obr. 4 Zakrytí nakládacího otvoru deskami mazanice a střepey.



■ Obr. 5 Pohled do předpecní jámy v průběhu výpalu.



■ Obr. 6 Ostří barevný přechod mezi přední a zadní částí vsádky pece.

vzorek	skupina	materiál	síla (mm)	povrch 1	okraj 1	přechod	okraj 2	přechod	jádro	přechod	okraj 3	přechod	okraj 4	povrch 2
Jl/I	I	Jl	9,6	10YR5/4	10YR5/4	ostrý	-	-	2.5YR6/6	-	-	ostrý	10YR5/4	10YR5/4
Jl/X/I	I	Jl	4,9	7.5YR5/4	-	-	-	-	2.5YR6/6	-	-	-	-	7.5YR5/4
Jl/I	I	Jl	10,5	10YR5/2 - 2.5YR6/6	10YR5/2	ostrý	2.5YR6/6	ostrý	N5/0	ostrý	2.5YR6/6	ostrý	10YR5/2	10YR5/2
Jl/X/I	I	Jl	4,9	7.5YR5/4	-	-	-	-	2.5YR6/6	-	-	-	-	7.5YR5/4
M1/I	I	M10	10,2	10YR5/4	10YR5/4	ostrý	-	-	2.5YR6/6	-	-	ostrý	10YR5/4	10YR5/4
M1/X/I	I	M10	6,3	7.5YR5/4	-	-	-	-	2.5YR6/6	-	-	-	-	10YR5/4
P/I	I	P	4,2	10R5/6	-	-	-	-	10R5/6	-	-	-	-	10R5/6
W/I	I	W	5	10R5/8	-	-	-	-	10R5/8	-	-	-	-	10R5/8
Jl/II	II	Jl	8,5	N2/0	N2/0	neostrý	2.5YR6/6	ostrý	5YR5/2	ostrý	2.5YR6/6	neostrý	N2/0	N2/0
Jl/X/II	II	Jl	4,9	10YR4/2 - N2/0	-	-	2.5Y6/2	neostrý	N5/0	neostrý	5YR4/4	-	-	7.5YR4/2 - N2/0
Jl/II	II	Jl	10,2	N2/0	N2/0	ostrý	10YR6/2	ostrý	N5/0	ostrý	10YR6/2	ostrý	N2/0	N2/0
Jl/X/II	II	Jl	4,3	N2/0	N2/0	ostrý	10YR6/2	ostrý	N5/0	ostrý	10YR6/2	ostrý	N2/0	N2/0
M1/II	II	M10	11,4	7.5YR3/1 - N2/0	N2/0	neostrý	-	-	7.5YR4/2	ostrý	5YR5/4	ostrý	N2/0	N2/0
M1/X/II	II	M10	6,1	7.5YR4/2 - N2/0	-	-	2.5Y6/2	neostrý	-	-	5YR4/4	-	-	7.5YR4/2 - N2/0
P/II	II	P	4,5	N2/0 - 5YR4/2	N2/0	neostrý	-	-	10R5/6	-	-	neostrý	N2/0	N2/0
W/II	II	W	6	N2/0	N2/0	neostrý	-	-	10R5/6	-	-	neostrý	N2/0	N2/0
Jl/III	III	Jl	9	N2/0	N2/0	neostrý	2.5Y6/2	neostrý	7.5YR5/4	neostrý	2.5Y6/2	neostrý	N2/0	N2/0
Jl/X/III	III	Jl	4,3	N2/0 - 2.5Y5/2	N2/0	neostrý	2.5Y6/2	neostrý	7.5YR5/4	neostrý	2.5Y6/2	neostrý	N2/0	5Y3/1
Jl/III	III	Jl	11	N2/0 - 10YR6/2	10YR6/2	ostrý	2.5YR6/6	ostrý	N5/0	ostrý	2.5YR6/6	ostrý	10YR6/2	5Y3/1 - N2/0
Jl/X/III	III	Jl	5,3	10YR6/2 - N2/0	-	-	10YR6/2	ostrý	2.5YR6/6	ostrý	10YR6/2	-	-	10YR6/2 - N2/0
M1/III	III	M10	5,4	N2/0 - 10YR4/2	N2/0	ostrý	10YR6/2	neostrý	2.5YR6/6	neostrý	10YR6/2	ostrý	N2/0	N2/0
M1/X/III	III	M10	12,3	10YR4/2	N2/0	ostrý	10YR6/2	neostrý	2.5YR6/6	neostrý	10YR6/2	ostrý	N2/0	10YR4/2 - N2/0
P/III	III	P	3,5	5YR4/2 - N2/0	N2/0	neostrý	-	-	7.5YR6/2	-	-	neostrý	N2/0	N2/0
W/III	III	W	6,2	N2/0 - 5YR6/2	N2/0	ostrý	10YR6/2	ostrý	10R5/6	ostrý	10YR6/2	ostrý	N2/0	N2/0

■ Tab. 1 Popis vzorků.

Vyhodnocení

Vzorky byly rozřiznuty a barevnost na řezu byla dokumentována fotograficky. Barvy byly klasifikovány dle Munsellovy notace (*Munsell Color Company 1975*). Přechody mezi barevnými vrstvami byly klasifikovány jako ostré či neostře podle charakteru přechodové zóny (**Tab. 1**)

Nejzajímavějším rysem výpalu byl ostrý barevný přechod mezi červenými a světle červenými odstíny keramiky v přední části pece a silně zakouřenou černou keramikou v zadní části. Barevná nehomogenita výsledku výpalu v dvoukomorové peci by nebyla ničím překvapivým, ale tak ostrý barevný přechod jsme přeci jen neočekávali (**Obr. 6**). Nádobu umístěné v přechodové zóně ukazují náhlý přechod od jasných červených odstínů k černé barvě (**Obr. 7**).

Vzorky ze skupiny I byly umístěny v oxidační zóně výpalu. Maximální teplota v jejich okolí dosáhla cca 800 °C. Rychlost výpalu ve fázi E byla 3,1 °C/min. a rychlost chladnutí 2 °C/min. Vzorky z této skupiny ukazují největší barevnou homogenitu. Jemné hlíny (P, W) mají červený povrch, zatímco povrch ostatních vzorků vykazuje méně výrazné barvy. Jádro všech vzorků kromě JII/II je červené či světle červené. Vzorek JII/II má silné ostře ohraničené šedé jádro (**Obr. 8**).

Vzorky ze skupiny II byly umístěny v redukční zóně výpalu v zadní části peciště na roštu. Maximální teplota v jejich okolí dosáhla cca 650 °C. Rychlost ohřevu ve fázi E byla 3,3 °C/min. a rychlost chladnutí 2,8 °C/min. Povrch vzorků je většinou černý. Černá barva proniká do podpovrchové vrstvy a pozvolna vyznívá. Jádra vzorků z jemných hlín (P, W) jsou červená, ale méně jasná než v případě vzorků ze skupiny I. Vzorky JI/II, JII/II, JII/X/II a M1/II šedohnědé nebo šedé jádro ohraničené světle červenou, nevýrazně hnědou nebo šedo žlutohnědou vrstvou. Vzorky JI/X/II, M1/II a M1/X/II vykazují asymetrické zvrstvení barev (**Obr. 8**).

Třetí skupina vzorků byla umístěna nedaleko ostrého barevného přechodu v rámci výpalu. Teplota v okolí vzorků dosáhla cca



■ Obr. 7 Barva povrchu keramiky v přední části (A), v přechodové zóně (B) a zadní části (C) peciště.

800 °C, rychlost ohřevu ve fázi E byla 3 °C/min. a rychlost chladnutí 2,8 °C/min. Tato skupina ukazuje nejvyšší variabilitu barev povrchu. Černá, olivově černá a olivově šedá dominují, doplněné zónami tmavě šedožluté, šedě žlutohnědé a šedohnědé. Většina vzorků této skupiny má více či méně oxidační jádro (červená až nevýrazně hnědá) a šedě žlutohnědé nebo šedohnědé podpovrchové vrstvy. Vzorek JII/III vykazuje nejkomplexnější barevné zvrstvení s šedým jádrem a dvěma barevně odlišnými podpovrchovými vrstvami (Obr. 8).

Nejrozmanitější barevnosti dosahuje hlína JII. Tato hlína je charakteristická vysokým obsahem organické složky. Hlína JI má podobné vlastnosti. Nejméně ostré přechody mezi barevnými vrstvami lze pozorovat u hlíny M10. Tuto skutečnost lze přisoudit porositě materiálu. U jemných hlín s nízkým obsahem organické složky (P, W) pozorujeme nejmeně rozmanitou barevnost. Ovšem v jejich případě se lze setkat se zvrstvením tří odlišných barevných vrstev (vzorek W/III).

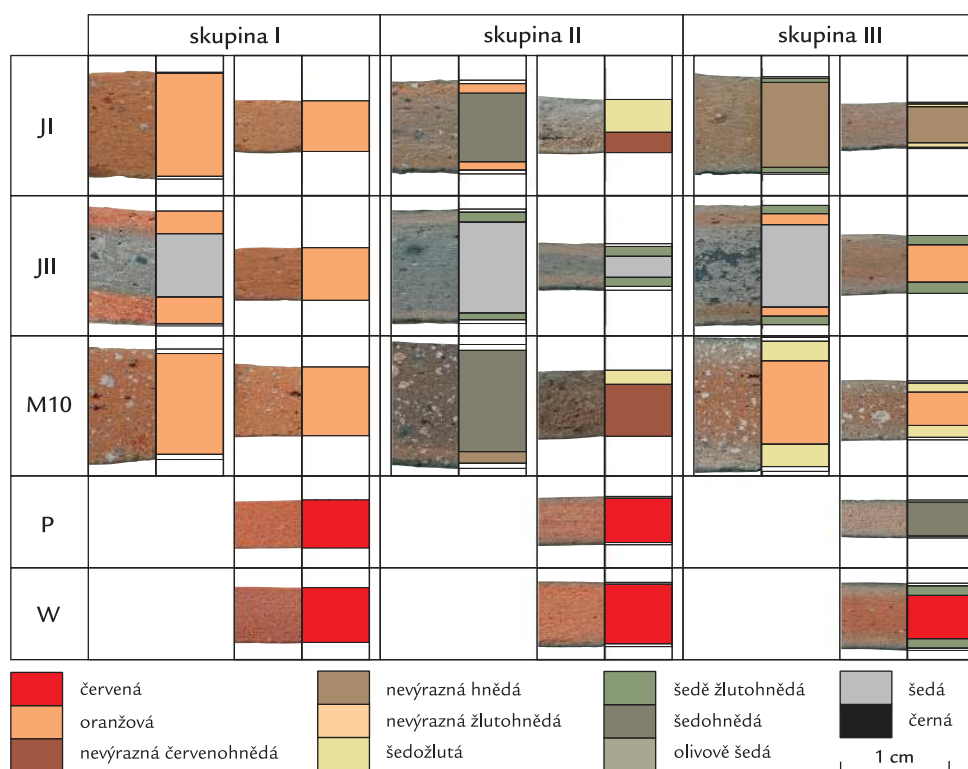
Diskuze

Výsledky jediného výpalu keramiky v dvoukomorové vertikální peci s roštěm, u které se předpokládají nejhomogennější výsledky ze všech v pravěku potenciálně využitelných vypalovacích zařízení, ukazují, že interpretace technik výpalu keramiky na základě zbarvení keramiky není zdaleka jednoznačná.¹ Výpal způsobil prakticky všechny základní typy barevných zvrstvení: homogenně červené a světle červené stěny, tmavá

jádra se světle zbarvenými okraji a naopak, ostré i pozvolné přechody mezi barevnými vrstvami. Variabilita byla posílena chybou ve vedení výpalu – ne zcela zvládnutou fází zakuřování při prvním výpalu v dané peci. Výsledky tohoto konkrétního výpalu demonstrují potenciál všech základních typů vypalovacích zařízení, které můžeme předpokládat v kontextu prehistorických a protohistorických společností Evropy, vyprodukovat všechny základní barevná schémata na řezu keramiky. Je evidentní a experimenty to potvrzují, že v případě všech ostatních typů vypalovacích zařízení je daleko

náročnější kontrolovat podmínky výpalu a v důsledku toho tak můžeme předpokládat snazší dosažení celé základní škály barevných schémat.

Komplexní barevná schémata neodrážejí nezbytně neschopnost hrnčíře kontrolovat proces výpalu. Naopak specifická pravidelně se opakující barevná zvrstvení mohou být odrazem procesu, který je plně pod kontrolou. Hrnčíř může záměrně manipulovat s atmosférou v průběhu výpalu a způsobit tak charakteristická barevná zvrstvení.



■ Obr. 8 Barevnost řezů jednotlivých vzorků.

¹ A to diskuzi na tomto místě záměrně nerozšiřuji o úvahy nad vlivem formativních procesů na barevnost keramiky.

Jako příklad mohu uvést jemnou točenou laténskou keramiku. V případě redukčně páleného zboží je pro ni charakteristické tmavé jádro ohraničené světlými zónami zakončenými tmavým povrchem. Toto barevné zvrstvení odpovídá převážně oxidačnímu vedení výpalu zakončenému redukční fází. Oxidační vedení výpalu snižuje spotřebu paliva nutnou k dosažení určité teploty v daném zařízení. Intenzivní redukční závěr výpalu pak postačuje na vytvoření víceméně homogenně tmavého povrchu. Redukční jádro je způsobeno nevyhořelou organickou složkou v důsledku nedostatečné doby žhánání v oxidačních podmínkách.² Tento jev však v žádném případě nelze vnímat jako technologický nedostatek, naopak přispívá ke snížení nasákavosti střepu a zlepšuje tak užité vlastnosti stolní keramiky.³ Popsaný proces má svou logiku právě při aplikaci v dvoukomorové vertikální peci.

Má tedy cenu sledovat barevnost archeologické keramiky? Podle výše řečeného by se zdálo, že stěží. Výsledky však mají skeptické vyznění pouze ve světle úsilí asociovat určitý typ vypalovacího zařízení s určitými barevnými schémata. Pokud budeme sledovat barevná zvrstvení ve větších souborech a vyhodnocovat je kvantitativně, můžeme rozkryt volbu hrnčírů a proniknout k detailům způsobu vedení výpalu dané technologické tradice, a to paradoxně i v případě, že stále nebudeme schopni říct, v jakém konkrétním typu zařízení výpal probíhal (viz *Thér 2008*).

Zvrstvení barev na řezu keramiky nevyčerpává potenciál studia barevnosti keramiky zcela. Dalším doposud systematicky neprozkoumaným tématem je morfologie barevných skvrn na keramice, která může být specifická pro určitý typ naložení zboží a také pro vzájemnou pozici paliva a keramiky ve výpalu.

Poděkování

Rád bych poděkoval Petru Tomsovi a Jaroslavu Štěrbovi za pomoc při experimentech.

Literatura

- Allen, K. M. – Zubrow, E. B. W. 1989: Environmental factors in ceramic production: The Iroquois. In: C. C. Kolb ed., *Ceramic ecology, 1988: current research on ceramic materials*, BAR International Series, Oxford: Archaeopress, 61–95.
- Arnold, D. E. 1985: *Ceramic theory and cultural process*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Arnold III, P. J. 1991: Domestic ceramic production and satial organization: a Mexican case study in ethnoarchaeology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Costin, C. L. – Hagstrum, M. B. 1995: Standardization, Labor Investment, Skill, and the Organization of Ceramic Production in Late Prehispanic Highland Peru, *American Antiquity* 60, 619–39.
- Eerkens, J. W. 2005: GC – MS analysis and fatty acid ratios of archaeological potsherds from the western Great Basin of North America, *Archaeometry* 47(1), 83–102.
- Feathers, J. K. – Berhane, M. – May, L. 1998: Firing analysis of south – eastern Missouri Indian pottery using iron Mössbauer spectroscopy, *Archaeometry* 40(1), 59–70.
- Gibson, A. M. – Woods, A. 1997: Prehistoric pottery for archaeologist. Leicester: Leicester University Press.
- Haith, C. 1997: Pottery in Early Anglo – Saxon England. In: *Pottery in the making: world ceramic traditions*, London: British Museum Press, 146–51.
- Hanykij, V. – Kutzendörfer, J. 2008: *Technologie keramiky*. Praha: Silikátový svaz.
- Hess, J. – Perlman, I. 1974: Mössbauer spectra of iron in ceramics and their relation to pottery colours, *Archaeometry* 16(2), 137–52.
- Livingstone Smith, A. 2001: Bonfire II: The Return of Pottery Firing Temperatures, *Journal of Archaeological Science* 28, 991–1003.
- MacKenzie, K. J. D. – Cardile, C. M. 1990: A57Fe Mössbauer study of black coring phenomena in clay – based ceramic materials, *Journal of Materials Science* 25(6), 2937–42.
- McDonnell, J. G. 2001: Pyrotechnology. In: D. R. Brothwell – A. M. Pollard eds., *Handbook of Archaeological Sciences*, Chichester: John Wiley & Sons, 493–506.
- Molera, J. – Pradell, T. – Vendrell – Saz, M. 1998: The colours of Ca – rich ceramic pastes: origin and characterization, *Applied Clay Science* 13(3), 187–202.
- Munsell Color Company 1975: *Munsell soil color charts*. Baltimore, Md.: Munsell Color Company.
- Nodari, L. – Maritan, L. – Mazzoli, C. – Russo, U. 2004: Sandwich structures in the Etruscan – Padan type pottery, *Applied Clay Science* 27(1–2), 119–28.
- Pavia, S. 2006: Determination of brick provenance and technology using analytical techniques from the physical sciences, *Archaeometry* 48(2), 201–18.
- Perlès, C. – Montheil, G. 2001: *The early Neolithic in Greece: the first farming communities in Europe*. Cambridge, England; New York: Cambridge University Press.
- Princ, M. – Škružný, L. 1977: Laténská hrnčířská pec v Brčkélech, *Památky archeologické* 68(1), 164–192.
- Rice, P. M. 1987: *Pottery analysis: a sourcebook*. Chicago – London: The University of Chicago Press.
- Rye, O. S. 1981: *Pottery technology: principles and reconstruction*. Washington: Taraxacum.
- Saunders, R. – Hays, C. T. 2004: Introduction: themes in early pottery research. In: R. Saunders – C. T. Hays eds., *Early pottery: technology, function, style, and interaction in the lower Southeast, Tuscaloosa: University of Alabama Press*, 1–22.
- Shepard, A. O. 1956: *Ceramics for the archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- Shimada, I. – Häusler, W. – Hutzelmann, T. – Wagner, U. 2003: Early pottery making in northern coastal Peru. Part I: Mössbauer study of clays, *Hyperfine Interactions* 150(1), 73–89.
- Stark, B. L. 1985: Archaeological identification of pottery production locations: ethnoarchaeological and archaeological data in Mesoamerica. In: B. A. Nelson ed., *Decoding prehistoric ceramics*, Carbondale: Southern Illinois University Press, 158–94.
- Sullivan III, A. P. 1988: Prehistoric Southwestern ceramic manufacture: the limitations of current evidence, *American Antiquity* 53(1), 23–35.
- Swink, C. 2004: *Messages from the Hight Desert: The art, archaeology and renaissance of Mesa Verde pottery*. Bayfield: Redtail Press.
- Szakmány, G. – Starnini, E. 2007: Archaeometric research on the first pottery production in the Carpathian Basin: manufacturing traditions of the Early Neolithic, *Körös Culture ceramics, Archeometriai Műhely* 2, 5–19.
- Thér, R. 2008: Příspěvek experimentu k identifikaci technologie výpalu keramiky: teplotní profil výpalu, *Ve službách archeologie* 8(2), 129–42.
- Thér, R. – Mangel, T. 2011: Experimentální konstrukce laténské hrnčířské pece z Brčkel, *Rekonstrukce a experiment v archeologii (Živá archeologie)*(13), 58–62.

Summary

Specific colour patterning is considered to be useful attribute for identification of firing procedure. More complex colour patterns represent higher thermal and atmosphere variability of the firing which is attributed to open firings. However, results of experimental firing in the construction of the firing structure based on remains of the Late Iron Age two – chambered vertical kiln with perforated floor at Brčkel (Chrudim district, the Czech Republic) showed significant variability in colour patterns. The firing caused almost all basic types of colour patterns on cross sections: oxidised sections all through, blackened cores and oxidised margins and vice versa, sharp and smooth colour transitions. It is evident that interpretation of the firing process based on colour patterning of pottery is far from being straightforward.

Článek vznikl díky finanční podpoře Grantové agentury ČR (grant č. P405/11/P255).

² Což minimálně v případě jemných hlín není v rozporu s převážně oxidačním vedením výpalu, jehož celková doba trvání v oxidačních podmínkách v daném typu zařízení nemusí být dostatečná pro kompletní vyhoření organické složky (*Livingstone Smith 2001; Rice 1987, 87*).

³ Tím ovšem nechci tvrdit, že se jedná o technologický záměr, pouze zdůraznit, že nejde o technologický nedostatek.