



obr. 47 Vydávání vsázky keramiky po výpalu v horizontální jednokomorové peci (Centrum experimentální archeologie Všešary, srpen 2004). ■

Experimentální výpaly keramiky v uzavřených vypalovacích zařízeních v období neolit - halštat

Richard Thér Společnost experimentální archeologie Hradec Králové

1. Úvod

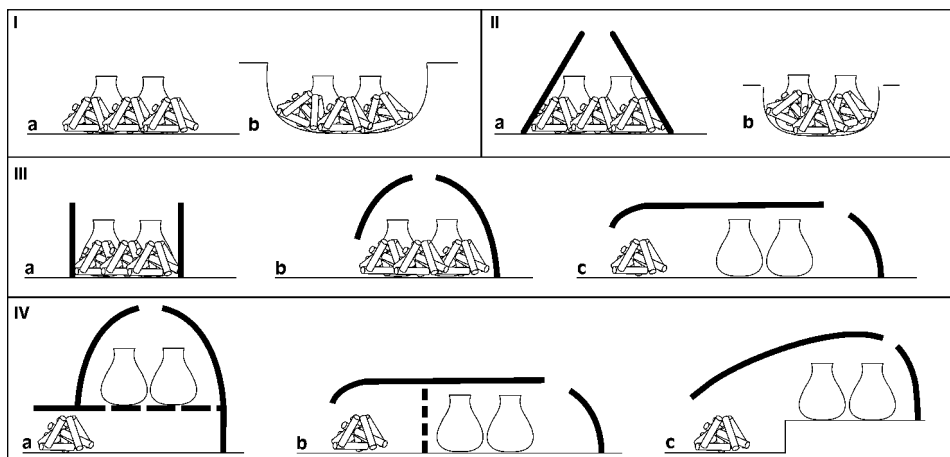
V rámci experimentálního programu Centra experimentální archeologie ve Všešarech u Hradce Králové (CEA) je vyvíjena široká škála aktivit, jejichž cílem je rekonstruovat jednotlivé řetězce činností vedoucích k tvorbě prvků hmotné kultury a jejich užívání v přímé vazbě na archeologické doklady. Jednu z klíčových pozic má v programu CEA výroba keramiky, jejíž důležitou součástí je výpal. Tato práce se snaží zhodnotit dosavadní výsledky experimentálních výpalů keramiky se speciálním ohledem na uzavřená vypalovací zařízení v období neolit-halštat.

Poznámka: Plnou českou verzi tohoto článku s odkazy na literaturu najdete na www.exrea.net. Anglická verze článku je publikována v prvním čísle EuroREA.

Výpaly byly realizovány buď samotnými členy SEA nebo v širší spolupráci při občasných keramických seminářích. Jako velmi plodná se ukázala spolupráce s pražským oddílem experimentální archeologie „Mamuti“ a oddílem experimentální archeologie při DDM Litomyšl. Vedoucí těchto oddílů patří mezi zkušené keramiky, kteří se své dovednosti snaží využívat při výrobě replik pravěké keramiky. Dosavadním vrcholem této spolupráce byl „Keramický seminář Věstary 2002“,

struktura	obr.	poznámka
a) podle přítomnosti a charakteru izolační instalace		
ohniště	1.I	vypalovací struktura bez speciálních izolační instalace
miliř	1.II	vypalovací struktura s dočasnou izolační instalací
pec	1.III, 1.IV	vypalovací struktura se stálou izolační instalací
b) podle míry izolovanosti		
otevřená	1.I, 1.III.a	
uzavřená	1.II, 1.III.b, 1.III.c, 1.IV	o uzavřeném zařízení na výpal keramiky mluvíme tehdy, když se jedná o zařízení s izolační instalací, která je přerušena pouze otvorem pro nakládání paliva a otvorem pro odvod spalin úměrným svému účelu
c) podle počtu pevně oddělených komor a jejich vzájemná pozice		
jednokomorová	1.III	vnitřní prostor není dělen žádnou stálou instalací
dvoukomor. vertikální	1.IV.a	vnitřní prostor je horizontálně rozdělen stálou instalací
dvoukomor. horizontální	1.IV.b	vnitřní prostor je vertikálně rozdělen stálou instalací
dvoukomor. diagonální	1.IV.c	vnitřní prostor je rozdělen různou výškovou úrovní topeniště a peciště
d) podle tvaru půdorysu		
oválná		
kruhová		
čtverhranná		
podkovovitá		
horizontální	1.III.c, 1.IV.c	délka pece přesahuje nejméně 2x její šířku
e) podle míry zahloubení		
nezahloubená	např. 1.I.a, 1.II.a	celá struktura je nad úrovní terénu
část. zahloubená	např. 1.II.b	část struktury je pod úrovní terénu
zahloubená	např. 1.II.b	celá struktura je pod úrovní terénu

Tab. 1 Dělení vypalovacích zařízení podle morfologie struktury. ■



Obr. 1 Typologie zařízení na výpal keramiky. ■

který se konal 12. a 13. 10. 2002 v areálu CEA. Při této akci byl proveden hromadný výpal ve čtyřech vypalovacích zařízeních najednou. Posledních experimentálních výpalů v srpnu 2004 se zúčastnil lektor keramické školy v Kohoutově u Dvora Králové Petr Toms, který má zkušenosti s výpaly keramiky v jednokomorové peci z Pozdišovců na Slovensku.

2. Typologie zařízení na výpal keramiky

V literatuře se objevuje množství rozdílných typologií struktur na výpal keramiky, proto považuji za nutné pro jednoznačnost používaných termínů tyto typologie shrnout a vysvětlit význam některých ve článku požívaných pojmů.

Kritérii pro typologizaci pecí lze najít celou řadu. Pro potřeby archeologické klasifikace je vhodné zvolit třídění, které zavádí interpretačně neutrální termíny popisující morfologii struktury. Pro potřeby experimentální archeologie, která pracuje s funkčními interpretacemi struktur je naopak vhodné zvolit funkční hledisko. Za jedno ze základních kritérií klasifikace vypalovacích zařízení je ve více i méně koncepčních klasifikacích brána míra otevřenosti a uzavřenosti struktury. Charakter instalací izolujících strukturu od okolí rozlišuje ohniště, milíř a pec (**tab. 1**).

Za významné kritérium charakterizující proces výpalu považuji rozlišení topeniště a peciště a jejich vzájemnou polohu. Strukturním oddělením topeniště a peciště se odlišují pece dvoukomorové od jednokomorových s automatickým předpokladem, že strukturnímu vyčlenění respektive nevyčlenění komor odpovídá způsob výpalu. U jednokomorové pece jde o výpal, při kterém je palivo v přímém kontaktu se zbožím, u dvoukomorové pece je palivo od zboží odděleno. Nic ale nevylučuje možnost umístit palivo a zboží v jednokomorové peci zvlášť a dokonce je myslitelný i výpal v dvoukomorové peci, při kterém je palivo v přímém kontaktu s keramikou. S určitou vypalovací strukturou tedy nelze asociovat jeden jediný způsob výpalu. Zvolená strategie výpalu pak může mít daleko výraznější vliv na vlastnosti vypalované keramiky, než samotná morfologie struktury. Proto je vhodné

charakterizovat vypalovací zařízení nejen podle jeho morfologie, ale zároveň podle způsobu výpalu. Za základní kritérium považují opět rozlišení topeniště a peciště a jejich vzájemné polohy (Tab. 2).

3. Archeologické doklady zařízení na výpal keramiky a role experimentu

Dokladů struktur, které záměrně využívají tepelné energie vzniklé hořením k nějakému účelu najdeme relativně hodně. Většinu těchto objektů můžeme označit za struktury potenciálně využitelné pro výpal keramiky. Ovšem u technologie výpalů keramiky neexistují znaky, které by umožnili přímou interpretaci struktury jako zařízení na výpal keramiky.

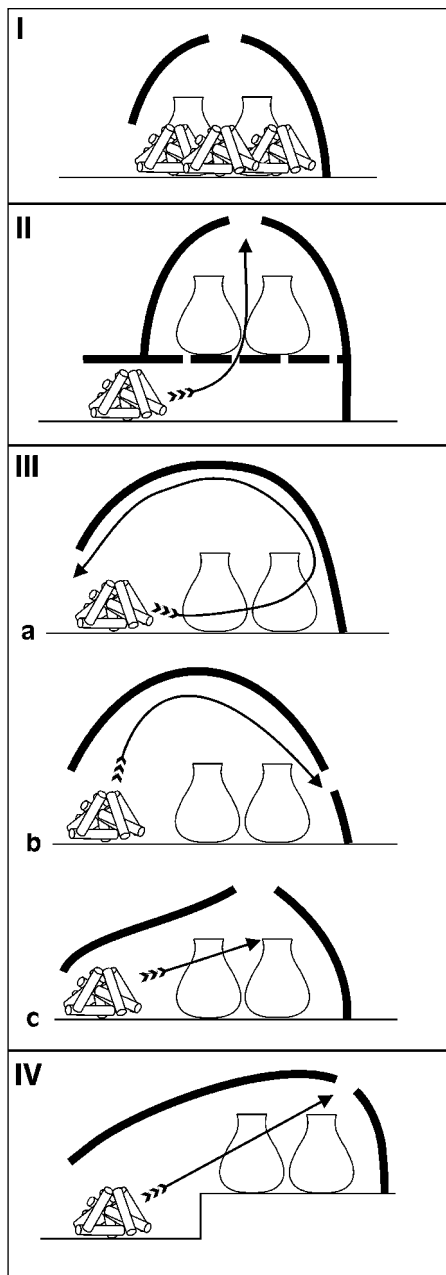
Z území ČR existuje několik objektů datovaných do předlaténského období a interpretovaných jako hrnčířské pece. M. Lička, P. Košťurík a Z. Mach provedli kritické zhodnocení 20 takových nálezů. Ve výsledku redukovali výčet jistých hrnčířských pecí v předkeltském období na jednu: lengyelskou pec z Kramolína. Další objekt z Horních Mostěnic není dle autorů pro konečné posouzení dostatečně publikován a knovízský objekt z Prahy-Motola je možné považovat za hrnčířskou jednokomorovou pec pouze za předpokladu, že v ní nalezená keramika představuje keramickou vsázku.

typ	obr.	poznámka
a) podle vzájemné pozice topeniště a peciště		
jednoprostorový výpal	2.I	palivo a keramika jsou v bezprostředním kontaktu
dvouprostorový výpal s plam. svisle stoupajícím	2.II	keramika je umístěna nad palivem nebo k ní spaliny přicházejí od spodu
dvouprostorový výpal s plamenem vodorovným	2.III	keramika je umístěna za palivem zhruba na stejné výškové úrovni a spaliny k ní nepřicházejí od spodu
dvouprostorový výpal s plam. šikmo stoupajícím	2.IV	keramika je umístěna za palivem na odlišné výškové úrovni a spaliny k ní nepřicházejí od spodu
b) podle atmosféry výpalu		
oxidační výpal		
redukční výpal		
neutrální výpal		
c) podle způsobu ukončení výpalu		
přerušený výpal	keramika je ze struktury vyjmuta před vychladnutím	
výpal do vychladnutí keramiky	keramika je ze struktury vyjmuta až po vychladnutí	

Tab. 2 Typologie způsobů výpalu (typologie zdaleka není vyčerpávající, snaží se kategorizovat pouze ty způsoby výpalu, které jsou v práci diskutovány). ■

Tvrzení o určitém archeologickém objektu z období, kdy neexistují jiné, přímé, doklady o funkci objektu, že se jedná o zařízení na výpal keramiky není evidentní, ale hypotetické. Klasifikujeme-li tedy takový objekt podle jeho funkce, vytváříme tím hypotézu, kterou je třeba podrobit testu. Pokud bychom testem měli prokázat, že hypotéza je správná, museli bychom vyloučit každý jiný způsob využití struktury. To je v případě prehistorických hrnčířských pecí prakticky nemožné. Pokud prokážeme, že výpal keramiky byl v takovém zařízení možný, pak pouze potvrdíme možnost, že toto zařízení mohlo být využito k výpalu keramiky. Prokazování takových možností je v současné době prakticky bezcenné, protože dosavadní etnografické, historické a experimentální poznatky ukazují, že k výpalu keramiky lze použít a používala se jakákoli struktura z výše probíraných typologií počínaje otevřeným ohništěm a konče vícekomorovými pecemi. V evropské tradici byla zařízení na výpal keramiky v celé této škále používána až do počátku 20. století. Situace se komplikuje tím, že se nemuselo nutně jednat o úzce specializovaná zařízení na výpal keramiky, ale mohlo jít o multifunkční objekty. Multifunkcionalita se týká hlavně jednodušších struktur, ale vyloučit ji nelze ani u dvoukomorových pecí.

Jako možné řešení se jeví přihlídnutí k vlastnostem vypalované keramiky. Mnozí autoři definují rozdíl mezi otevřenými vypalovacími strukturami a uzavřenými pecemi pomocí jejich teplotních profilů, které daná vypalovací struktura determinuje. Ty jsou charakterizovány dobou trvání výpalu, maximální dosaženou teplo-



Obr. 2 Typologie způsobů výpalu. ■

tou, rychlostí ohřevu a dobou žhání (doba, po kterou je keramika vystavena určité teplotě). U pecí se předpokládá dlouhá doba výpalu, vysoké maximální teploty, malá rychlost ohřevu a dlouhá doba žhání. U otevřených struktur je tomu naopak. Aplikací odpovídajících analýz keramiky, pomocí kterých je možné zjistit příslušné tepelné charakteristiky na keramice, by pak bylo možné identifikovat vypalovací strukturu. Etnografické poznatky však ukazují, že výpal keramiky je v praxi kombinací různých prvků, které jsou nejen technologické, ale i sociální povahy a vytvářejí nepřehledné množství kombinací se zásadními důsledky pro tepelné charakteristiky výpalu. Je tedy nemožné spojit určitou tepelnou charakteristiku s určitou vypalovací strukturou.

Další charakteristikou, kterou lze uvažovat při rozlišování jednotlivých struktur pro výpal keramiky je homogenita výpalu. Určitá míra homogenity výpalu, hlavně co se týče obsahu kyslíku v atmosféře peciště, je nutná pro dosažení některých estetických vlastností povrchu keramiky (malovaná výzdoba, barevné engoby nebo potuhovaný povrchu nádoby), což vylučovalo z výrobního procesu ta vypalovací zařízení, ve kterých nelze dosáhnout potřebné míry homogenity. Také volba některých jemných keramických směsí mohla být kvůli nutné tepelné homogenitě výpalu determinantou pro výběr vypalovacího zařízení.

Roli experimentu na poli pravěké technologie výpalů keramiky můžeme tedy vidět ve:

- a) zjišťování vazeb mezi vlastnostmi keramiky a určitými typy vypalovacích zařízení,
- b) sledování přechodu struktur ze systemického do archeologického kontextu s ambicí určit specifické znaky, umožňující identifikaci hrnčířských pecí a jejich rekonstrukci.

4. Experimenty

4.1. Částečně zahloubený milíř

Předloha

Milíř je struktura nestálá. I když je možné jej obnovovat na stejném místě, pokaždé se jedná o novou konstrukci. Po transformaci v archeologický objekt nevykazuje prakticky žádné znaky, podle kterých jej můžeme vyčlenit z obecné kategorie objektů využívajících oheň k nespécifikovanému účelu. Pokud není dochována báze mazanického pláště, ze které by se dalo soudit, že se jedná o stálou izolační strukturu, nelze rozhodnout, zda se jednalo o pec nebo o milíř. Materiál z pláště obou těchto zařízení může vykazovat stejné charakteristiky.

O funkci objektu v případě milířů může svědčit vsázka keramického zboží, která se projeví jako uložení většího množství celých nebo víceméně celých nádob. Spolu se stopami žáru v objektu to jsou jediné znaky podle kterých lze uvažovat o zařízení na výpal keramiky bez stálé izolační instalace.

Znakům těchto vypalovacích zařízení by mohly odpovídat některé archeologické struktury označované jako depoty keramiky. Většina situací však interpretací depotů jako vsázek keramiky neumožňuje.

Dalšími objekty, o kterých by bylo možné uvažovat jako o hrnčířských milířích, jsou jámy se stopami žáru na stěnách, často s množstvím mazanice, keramiky a uhlíků ve výplni. Tyto objekty jsou někdy interpretovány jako obětní jámy.

Rekonstrukce

U zahluobených jam se stopami žáru na stěnách, datovaných do sledovaného období, nejsou známy stopy po vzduchových kanálcích, které by zabezpečovaly přívod vzduchu do spodních partií objektu, proto experimentální konstrukce milířů CEA s těmito prvky nepočítala, i když tyto mají velice malou šanci archeologicky se projevit.

Nestálá izolační struktura mohla být řešena v zásadě trojím způsobem:

- a)** Bez pevné konstrukce. Např. naklazení drnů přes naložené ohniště v průběhu výpalu. V milířích tohoto typu bylo v areálu CEA provedeno 6 pokusů. Tyto pokusy byly publikovány v REA 2.
- b)** S pevnou konstrukcí. Kolem keramiky je vytvořena samonosná dřevěná nebo proutěná konstrukce, která je omazána mazanicí. V plášti jsou ponechány otvory pro odvod spalin a přikládání. Tento způsob řešení izolace milíře umožňuje v milíři topit jako v jednokomorové peci a udržet si tak větší kontrolu nad průběhem výpalu. To je varianta zvolená v případě níže publikovaného pokusu. (**obr. 3**)
- c)** Jiným řešením je mobilní kopule vytvořená omazáním proutěného koše mazanicí. Tento způsob experimentálně ověřovala polská archeoložka M. Mogielnicka.

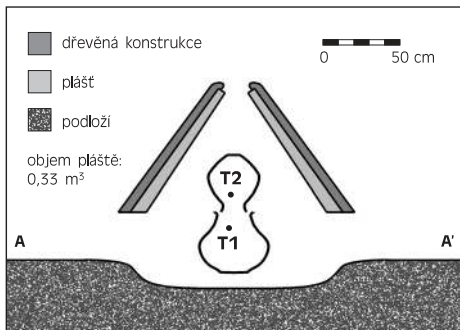
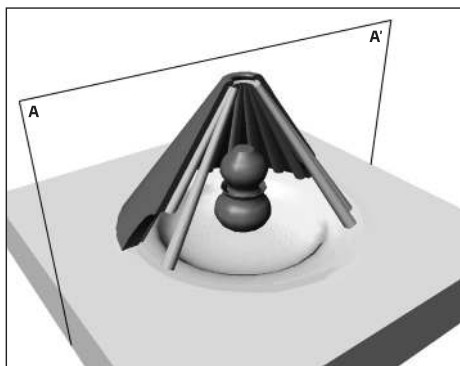
Palivo

Pokud není uvedeno jinak, tak k jednotlivým výpalům bylo používáno smíšené dřevo převážně listnatých dřevin. Největší podíl mělo dřevo dubu. Z dalších druhů byly významněji zastoupeny: bříza, vrba jíva, třešeň, jasan, javor, borovice. Materiál byl dělen na kusy o průměrné délce 33 cm, pak buď ponechán ve formě kulatiny (do cca 8 cm průměru) nebo štípan na polena (průměr do cca 10 cm). Dřevo nebylo odkorňováno. K výpalům bylo používáno po minimálně ročním vysychání pod přístřešky s pultovým drnovým zastřešením nebo pod doškovými střechami podél stěn domů v areálu CEA.

Metoda měření teplot

Pokud se měřila teplota výpalu keramiky, tak byly termočlánky instalovány tak, aby se dotýkaly povrchu keramiky. Snahou bylo proměřit výpal na nejméně dvou místech peciště: na místě předpokládané nejvyšší teploty výpalu a na místě předpokládané nejnižší teploty výpalu. Tato snaha někdy ztroskotala na technických obtížích s teploměry, takže část výpalů je proměřena pouze jedním termočlánkem.

Sledovány byly také venkovní podmínky, za kterých výpaly probíhaly.



Obr. 3 Ideální 3D rekonstrukce milíře: řez, objem pláště, objem milíře. ■

Keramika

Základem keramické hmoty pro většinu keramiky vypalované v CEA jsou hlíny ze dvou zdrojů. Většina keramiky je vyrobena z hlíny s patrnou příměsí jílu šedého až šedozeleného odstínu. Hlína byla odebrána z povrchu závážky bývalé úvozové cesty. Druhým zdrojem hlíny je naleziště na východním břehu vodní nádrže Rozkoš, kde byla hlína odebírána rovněž z povrchu. Hlína je značně heterogenní. Patrná je v ní hnědá sprašová komponenta a šedozelená jílová komponenta. Výsledná zpracovaná surovina vykazuje dobrou plasticitu, ale má tendenci při schnutí praskat, proto je nezbytné ji ostříť popřípadě lehčit.

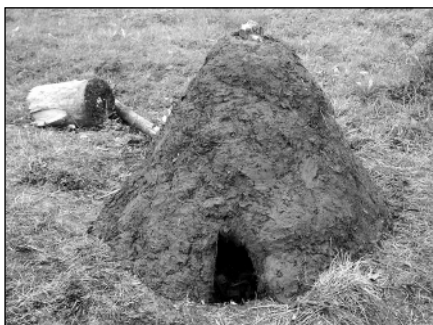
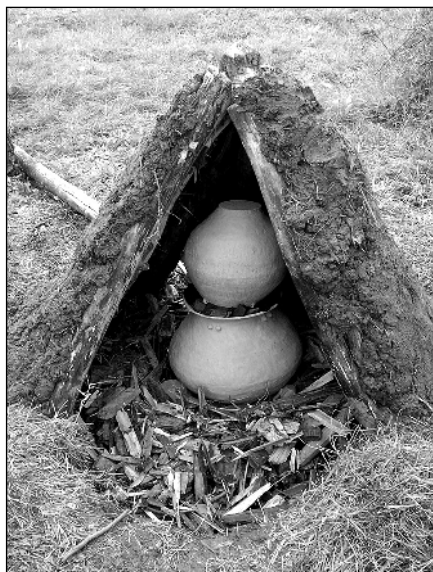
Do keramické hmoty bylo většinou přidáváno ostřívo z říčního písku nebo nadrcené vypálené keramiky. Poměr ostřiva byl odhadem do 20%.

Výpal

Pokus proběhl v rámci „Keramického semináře Všešary 2002“. Přípravy i samotný výpal byly plně v režii manželů Červinkových a Ladislava Tintěry. V průběhu přípravy milíře naštěstí nepršelo, ale během výpalu přešly občasné přeháňky v trvalý déšť. Základem vsázky byly dvě zásobnicové nádoby. Větší byla postavena na dno milíře a menší na ni byla přiklopena dnem vzhůru (**obr. 3, 4**). Dovnitř zásobnic byla umístěna keramika spolu s dřevěným uhlím. Stěny zásobnic měly vytvořit muflí bez přístupu vzduchu, aby keramika uvnitř byla redukčně vypálena. Další keramika byla umístěna kolem velké zásobnice. Kolem vsázky byla vztyčena konstrukce z kulatiny o průměru do 10 cm ve tvaru kužele. Konstrukce byla omazána mazanicí. Na západní a východní straně byly ponechány otvory pro přikládání a regulaci tahu v peci o velikosti zhruba 30 × 30 cm. Na vrcholu kužele pláště byl ponechán otvor pro odvod spalín (**obr. 5**). Výpal započal ve 14 hodin a naposled bylo palivo naloženo po 19. hodině. Po té byly všechny otvory uzavřeny. Ve chvíli, kdy teplota v peci dosáhla svého maxima (868 °C) a měla tendenci dále stoupat, bylo nutné přerušit měření. Velká zásobnicová nádoba se zhroutila do hromady střepů. Ostatní keramika včetně druhé zásobnice zůstala neporušená. Redukční výpal uvnitř zásobnic se pro zhroucení jedné ze zásobnic nezdařil. 15 nádob bylo vypáleno převážně oxidačně, i když i na nich byly patrné tmavší skvrny svědčící o výpalu v nehomogenní atmosféře (**obr. 7**).



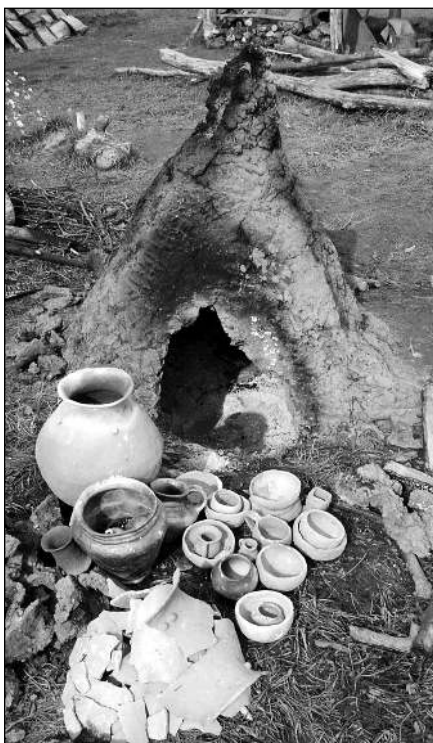
Obr. 4 Instalace dvou zásobnicových nádob v milíři. ■



Obr. 5 Milíř po dokončení pláště. ■



Obr. 6 Milíř v první fázi výpalu. ■

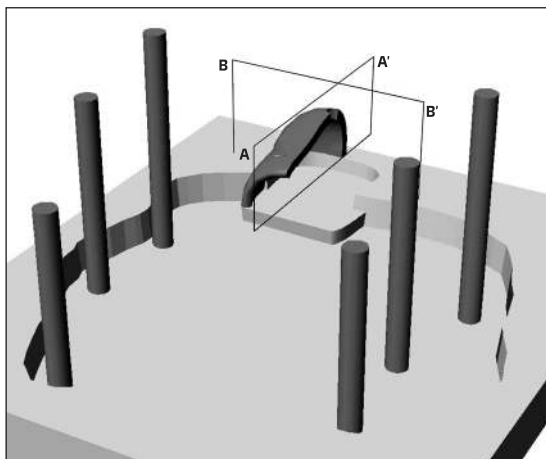


Obr. 7 Milíř po vyjmutí keramiky. ■

4.2. Částečně zahlobená jednokomorová pec čtverhranného půdorysu

Předloha

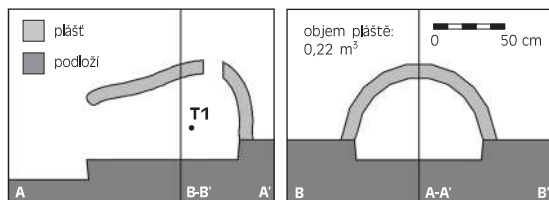
Pro rekonstrukci byl vybrán objekt nalezený v roce 1940 v Bořitově. Objekt datovaný do kultury s lineární keramikou sestával z jámy o rozměrech 380×390 cm a zbytků pece částečně zahlobených na severní straně jámy. Neobvyklá pro objekty tohoto typu je dochovaná struktura sloupových jam, která umožňovala uvažovat o typu zastřešení. Struktura představovala dvě paralelní řady po třech sloupových jamách. Dochovaná hloubka jam byla od 65 do 80 cm (**obr. 8**).



Nálezy zbytků jednokomorových pecí jsou známy z mnoha lokalit a je zřejmé, že tato zařízení byla standardní výbavou sídlišť kultury s lineární keramikou. Nejčastěji se interpretují jako zařízení sloužící pro tepelnou úpravu organických materiálů – pečení, sušení, pražení. Experimentálně byla tato funkce vícekrát ověřena. Reálně ovšem můžeme uvažovat o jejich multifunkčnosti, o čemž svědčí i etnografické analogie.

Rekonstrukce

Struktura sloupových jam je umístěna excentricky v jižní části objektu, tedy na opačné straně než pec. Protážení zastřešení nad pec tak vyznívalo nepřirozeně. Byla proto zvolena varianta, která předpokládá, že účelem zastřešení nebylo chránit pec, ale její zázemí.



Obr. 9 Ideální 3D rekonstrukce pece se zastřešenou předpecní jamou podle nálezu z Bořitova: objem peciště, objem topeniště. ■

Výrazné zahlobení sloupových jam naznačovalo větší statické nároky. Ty mohly být způsobené volbou těžké krytiny, což by odpovídalo bezpečnostním nárokům na zastřešení poblíž pece. Jako krytinu jsme tedy zvolili drny, které byly nakladeny na připravený rošt z kulatiny a štípaného dubového dřeva. (**obr. 9**)

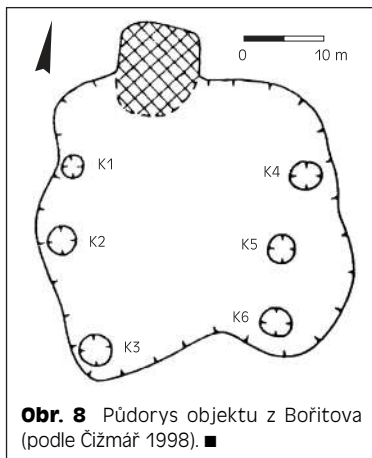
Tvar pláště pece byl zvolen s ohledem na její předpokládanou funkci: výpal keramiky dvoupřestorovou metodou s vodorovným plamenem. Plášť v přední části pece, kde

mělo být topeniště byl vytvořen ve tvaru nízkého tunelu, který pozvolna přecházel v kopuli, v níž bylo plánováno peciště (**obr. 10, 11**). Plášť byl tvořen proutěnou armaturou omazanou maza- nicí o síle cca 12 cm (**obr. 12**).

Pec byla dokončena počátkem srpna roku 2002.

Výpal

Jediný experimentální výpal keramiky v této peci proběhl v rámci „Keramického semináře Všemstary 2002“. Počasí bylo pro pokus značně nepříznivé (viz experimentální výpal v milíři). Přes topeniště byla do pece naložena keramika. Topeniště bylo zhruba jednou za hodinu vymetáno. Během 6,5 hodiny bylo dosaženo 781 °C. Po ukončení výpalu nebyla pec uzavřena. Keramika byla vyjmuta po 20 hodinách od počátku výpalu. Žádná z nádob nebyla poškozena a nádoby byly homogenně oxidačně vypáleny (**obr. 13**).



obr. 8 Půdorys objektu z Bořitova (podle Čizmář 1998). ■

4.3. Částečně zahloubená jednokomorová horizontální pec

Předloha

V roce 1995 byl proveden záchranný archeologický výzkum v poloze „Pod sv. Antonínem“ v Turnově. Na polokulturním sídlišti byl objeven objekt (84/95) elipsovitého půdorysu (2,65 × 1,1 m, hloubka 0,3 m). Objekt již před výzkumem jevil stopy žáru. V jihozápadní části objektu byla objevena část oválné maznicové kopule s otvorem. Ob-

jekt je datován do období lužické kultury.



obr. 10 Konstrukce pece se zastřešenou předpeční jamou z Bořitova. ■



Obr. 12 Stavba jednokomorové pece. ■



Obr. 11 Konstrukce jednokomorové pece. ■



Obr. 13 Zboží vypálené v jednokomorové peci (12. 10. 2002). ■

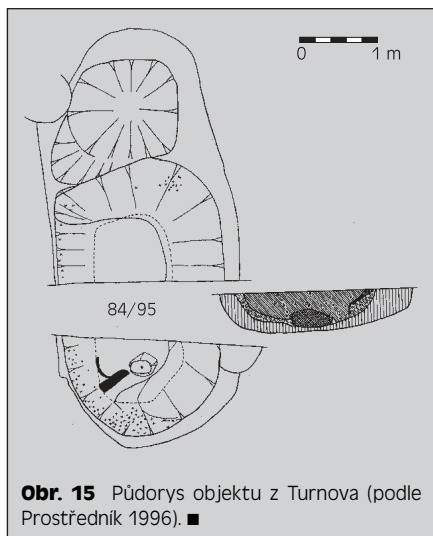


Obr. 14 Jednokomorová pec: stav v září 2004. ■

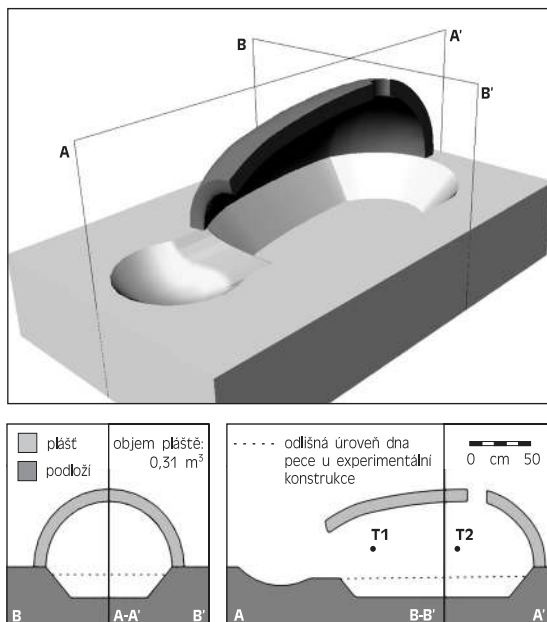
Poměr šířky a délky pece naznačuje, že by se v tomto případě mohlo jednat o horizontální pec. Podle kresebné dokumentace byla zhruba ve dvou třetinách délky na dně pece hrana, dělicí objekt na dvě části (**obr. 15**). Tento prvek však v textu není komentován a není tedy jasné, zda menší část představovala topeniště oddělené od peciště nebo již předpecní jámu. Kdyby byla zaklenuta celá pec a přepážka by ji rozdělovala na dvě komory, pak by se dalo uvažovat o hrnčířské peci přizpůsobené tvarem svému účelu. Interpretace analogických nálezů z Polska by však spíše napovídaly variantě s předpecní jámou.

Horizontální dvoukomorové pece se poprvé objevily v 2. polovině 4. tisíciletí př. n. l. na Předním východě následně po vertikálních pecích s roštem. V našem prostředí jsou klasické hrnčířské dvoukomorové horizontální pece známy až z přelomu 13. a 14. století a v městském prostředí postupně vytlačily pece vertikální. Pro starší období opět narážíme na nízkou výpovědní hodnotu archeologických situací. Zatímco vertikální dvoukomorová pec s roštem se vyznačuje typickými prvky (perforovaný rošt, topné kanálky), horizontální pec tak výrazné prvky nemá a je snadněji zaměnitelná s pecí jiného účelu. Kromě samotného tvaru půdorysu mohou ukazovat na původní účel pece zbytky přepážek dělicích vnitřní prostor pece. Ovšem horizontální pec může stejně dobře fungovat jako jednokomorová, případy mohou topeniště a peciště oddělovat přepážky mobilní. Ty můžeme předpokládat zvláště u menších pecí, kde odnímatelnost přepážky usnadňovala manipulaci s keramikou uvnitř pece. Už u některých neolitických pecí oválného nebo čtverhranného půdorysu můžeme uvažovat o snaze vydělit topeniště od peciště, což mohlo být příčinou pozdějšího protažení pece do horizontální podoby. Častěji se pojem horizontální pece objevuje v souvislosti s mladší dobou bronzovou a halštatem.

V ČR jsou jako horizontální hrnčířské pece interpretovány objekty z Černožic a Nového Sedla nad Bílinou (okr. Chomutov) náležející do knovízského kulturního komplexu. Na základě publikovaných půdorysů však nelze jednoznačně tvrdit, že



jejich tvar odpovídá půdorysům horizontálních pecí, o dalších znacích nemluvě. Podobná je situace i v Polsku v prostředí kultur lužických popelnicových polí. Jako hrnčířské horizontální (tentokrát dvoukomorové) pece jsou také charakterizovány pece typu Hasseris. Nacházejí se v severní Evropě a datovány jsou do doby železné a doby římské. Pece tohoto typu bývají označovány za horizontální, i když jejich délka většinou nepřevyšuje výrazně šířku a zboží je ve vyšší poloze než palivo, proto je spíše řadím k dvoukomorovým diagonálním pecím podle navržené typologie (**Tab. 1**).



Obr. 16 Ideální 3D rekonstrukce 1. verze horizontální pece podle nálezu z Turnova. ■

Výpaly

Při prvním výpalu v horizontální peci byla vsázka keramiky umístěna v zadních 50 cm pece. Před ní byla nasypána bariéra z keramických střepů, která měla chránit nádobu před výkyvy teplot. Topeniště bylo v průběhu výpalu občas vymeteno, aby se nezanášelo uhlíky. Po 6 hodinách topení bylo dosaženo 798 °C. Pec po konci přikládání nebyla uzavřena. Žádná z nádob nebyla poškozena výpalem a nádoby byly homogenně oxidačně vypáleny (**obr. 17**).

Při druhém pokusu bylo po více než 7 hodinách bylo dosaženo teploty 812 °C. Po ukončení topení byla do pece přidána tráva a otvory byly utěsněny, aby mohla proběhnout redukce. Žádná z nádob nebyla poškozena výpalem a nádoby byly redukčně vypáleny (**obr. 18**).

Rekonstrukce - verze 1

První verze rekonstrukce odpovídá předpokladu, že turnovský objekt představoval pec (2/3 objektu) s předpeční jamou. Prostor pece byl sklenut nízkou klenbou pláště v podobě tunelu. Základem pláště byla proutěná armatura omazaná mazanicí (směs spráše a slámy) v síle cca 10 cm. Kouřový otvor byl umístěn na konci pece. Výmaz podlahy není u turnovského nálezu doložen a ani u rekonstruované pece nebyl aplikován (**obr. 16**).

Stavba pece proběhla během jednoho dne. 6 lidí během dvou hodin připravilo proutěnou armaturu a během dalších tří hodin ji omazalo mazanicí.



Obr. 18 Zboží vypálené při 2. výpalu v 1. verzi horizontální pece (12. 10. 2002). ■



Obr. 17 Zboží vypálené při 1. výpalu v 1. verzi horizontální pece (12. 10. 2001). ■



Obr. 19 Umístění termočlánků při výpalu v jednokomorové peci (pohled kouřovým otvorem). ■



Obr. 23 Pec uzavřená po výpalu pro potřeby redukce. ■



Obr. 30 Oprava horizontální pece. ■



Obr. 20 Naložená horizontální pec před 3. výpalem. ■



Obr. 21 Rošt z keramických střepů oddávající topeniště od peciště. ■

Rekonstrukce - verze 2

Ve druhé verzi rekonstrukce pece byl plášť protažen na celkovou délku turnovského objektu, tedy zhruba 2,7 metru. Verze tak vycházela s předpokladu, že celá zahlobbená struktura byla překlenuta pláštěm. Vnitřní přepážka nebyla doplněna. Zároveň s touto úpravou byla provedena oprava zbytku pláště (**obr. 30**).

Výpal

Cílem pokusu bylo zjistit vlastnosti pece při maximální vsázce. Pec byla od jednoho do dvou metrů délky hustě naložena zbožím (**obr. 20**). Mezi topeništěm a vsázkou keramiky byla pečlivě vyskládána přepážka z keramických střepů šupinovitě kladených na sebe tak, aby mezi nimi zůstávaly průduchy pro průchod spalin do peciště (**obr. 21**). Topit se začalo v samotném ústí pece, aby se vsázka a stěny pece pozvolna prohřívaly. Po překročení 150 °C bylo palivo zasunuto do vlastního topeniště. Po necelých 9,5 hodinách teplota přesáhla 900 °C (**obr. 22**). Pec byla naplněna travou a otvory utěsněny (**obr. 23**). Keramika byla vytažena po 49 hodinách od zahájení výpalu.

4.4. Částečně zahlobbená dvoukomorová vertikální pec s roštěm

Předloha

V roce 1973 bylo v prostoru výšinné lengyelské osady u obce Kramolín (okr. Třebíč) odkryto torzo zahlobbené části pece. Objekt sestával ze dvou jam: jednoduché oválné mělké jámy o max. průměru 190 cm a jámy podkovovitého tvaru, uprostřed v podélném směru rozdělené soklem na dva kanálky. Délka kanálků dosahovala 110-120 cm, šířka 25 cm (u dna) až 30 cm u roštu. Výška kanálku se pohybovala okolo 15 cm. Délka menší části objektu činila 130 cm, šířka 105, hloubka cca 20 cm. Asi třetina plochy této jámy byla překryta keramickým roštěm (síla cca 10 cm) se svislými průduchy. Zachovaná část roštu měla celkem 16 průduchů s průměry mezi 3,5-4 cm. Vzdálenost mezi nejbližšími průduchy se pohybovala v rozmezí 7-12 cm (v jednom případě pouze 3 cm). Materiál roštu byl tvořen keramickou hmotou s příměsí angulárních úlomků různých druhů hornin (průměr: 1-15 mm, obsah ve hmotě: cca 20 %) (**obr. 23**).

Jedná se o první pec tohoto typu doloženou ve střední Evropě. Termoluminiscenční analýzou vzorku roštu bylo zjištěno datum 6500 +/- 100 BP. Její předlohu je třeba hledat v Cucutenско-trypillském kulturním okruhu východní Evropy a v neolitických kulturách Předního východu, kde rozšíření dvoukomorových pecí vykazovalo obecnější charakter. V době laténské se stává tento typ pece obecně rozšířeným zařízením na výpal keramiky.

Rekonstrukce - verze 1

První verze podoby pece respektovala představu M. Ličky. Hypotetický plášť peciště zakrývá topné kanálky po celé jejich délce. Plášť je tvořen proutěnou armaturou omazanou mazanicí. Sila pláště se pohybovala okolo 10 cm. Na vrchu nepravidelné kopule byl ponechán otvor pro odvod spalin. Na straně pláště odvrácené od ústí kanálků byl ponechán otvor pro vkládání keramiky. Předpecní prostor zůstal otevřený bez izolační instalace. Středový sokl a jáma posloužily jako opora pro armaturu z masivnějších prutů (prům. 3 cm), které byly doplněny jemnějšími olistěnými proutky. Na armaturu byla položena 10 cm silná vrstva mazanice, do které byly protlačeny průduchy. (**obr. 26, 27**).

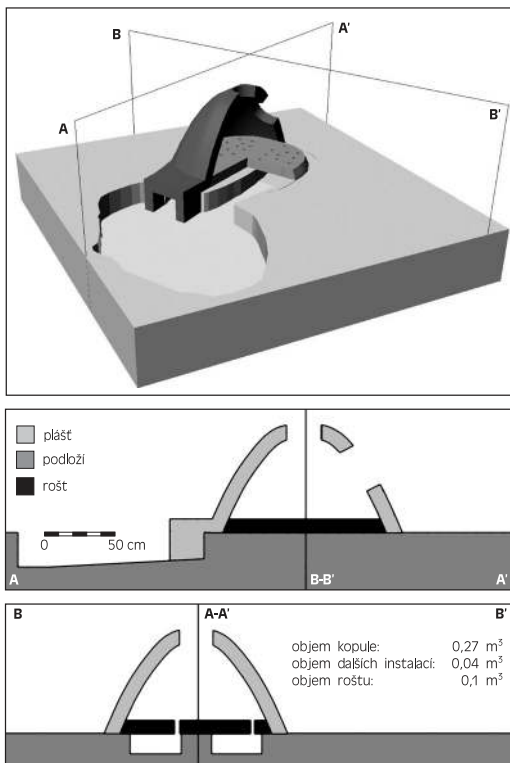
Příprava základů pece a stavba roštu zabrala jeden pracovní den (**obr. 28**). Ke stavbě pláště bylo zapotřebí 29 pracovních hodin (**obr. 29**). Pec byla dokončena 27. 7. 2000 a již 2. 8. v ní proběhl první výpal keramiky.

Výpaly

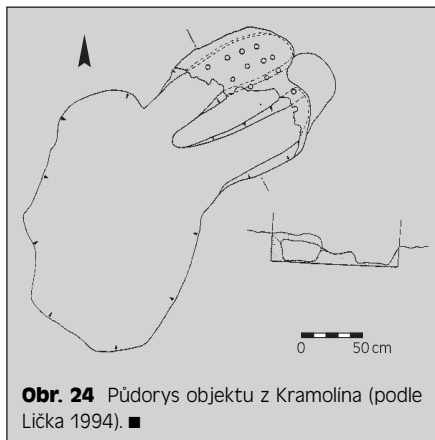
Sada prvních tří pokusů proběhla pár dnů po dokončení pece.

Při prvním výpalu byla pec 8 hodin vysušena ohněm. Způsob výpalu byl klasický pro tento typ pece: dvouprostorový s plamenem stoupajícím. Topeno bylo uvnitř kanálků. Vývoj teplot nedával naději na úspěšný výpal, proto byl pokus přerušen.

Po předchozí zkušenosti byl pro druhý pokus zvolen jiný způsob výpalu: kombinace jednoprostorového výpalu s dvouprostorovým s plamenem stoupajícím. Do peciště byla naložena vsázka keramiky spolu s palivem a topeno bylo také v kanálkách



Obr. 26 Ideální 3D rekonstrukce vertikální dvoukomorové pece podle nálezu z Kramolína. ■



Obr. 24 Půdorys objektu z Kramolína (podle Lička 1994). ■

pod roštem, dokud pec nebyla po 7 hodinách uzavřena. Neuspokojivý teplotní profil výpalu s maximální teplotou 356 °C vedl k opakování pokusu za stejných podmínek dva dny na to 5. 8. 2000. Pec byla uzavřena již po 2 hodinách výpalu, aby uzavřené nevyhořelé palivo mohlo projít suchou destilací jako v milíři. Teplotní profil byl příznivější než v předchozím případě, nikoli však uspokojivý.

V dalším pokusu jsme se opět vrátili ke klasickému způsobu výpalu v tomto typu peci: dvouprostorový s plamenem stoupajícím. Po předehřátí pece bylo topeno uvnitř kanálků. Po třech hodinách výpalu teplota kolísala kolem 220 °C. Oheň se

v kanálkách nemohl rozhořet a pec neměla tah.

Rekonstrukce - verze 2

Neschopnost vyvinout v peci teploty dostatečné k výpalu keramiky vedla k úvahám o úpravách struktury, které by zlepšily funkčnost pece. Po konzultaci s hrnčíři z Litomyšle bylo navrženo prodloužení kanálků spolu se středovým soklem do mírně se prohlubujícího předpecního prostoru. Následně bylo ověřeno, zda nálezové okolnosti takovou úpravu nevylučují. Publikovaná fotodokumentace nálezu ukazuje, že středový sokl byl v přední části narušen a jeho ukončení nevyznívá tak jednoznačně, jak by se mohlo jevit podle kresebné dokumentace (**obr. 24**). Část předpecní jámy navazující bezprostředně na kanálky, jejíž dno mělo být nejsilněji propáleno, je na fotografii patrná tmavšími skvrnami. V místě uvažovaného pokračování středového soklu se jeví dno objektu světlejší a mírně vystouplé. Není tedy vyloučeno, že středový sokl mohl být původně delší a předpecní prostor se stopami žáru mohl být zaklenut maznicovou instalací.

Na základě tohoto zjištění jsme prodloužili kanálky o 20 cm před kopuli peciště (**obr. 26**).

Výpaly

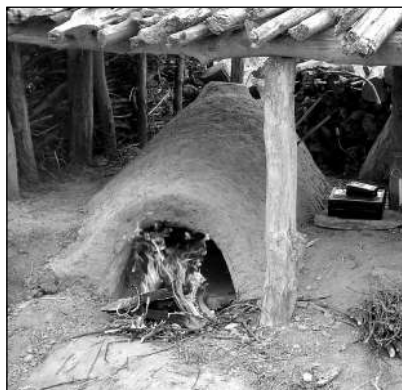
Pátý výpal trval 12 hodin a dosaženo bylo 843 °C. Topeno bylo v upravených topných kanálkách (**obr. 32**). Obsah kanálků byl jednou za čas střídavě vymetán, takže stále hořelo palivo alespoň v jednom kanálku. Po ukončení výpalu, někdy mezi čtvrtou a šestou hodinou ranní se v důsledku výpalu vznítla střecha přístřešku, který kryl pece a po



Obr. 28 Konstrukce kanálků (a) a roštu (b) vertikální pece. ■



obr. 29 Kostruckce pláště vertikální dvoukomorové pece. ■



obr. 25 První fáze 3. výpalu v horizontální peci: oheň je umístěn v předpecním prostoru. ■



obr. 27 První verze konstrukce vertikální dvoukomorové pece. ■

prohoření nosného trámu se zřítila na peci (**obr. 33**). Obě pece pod přístřeškem pád střechy vydržely. Žádná z nádob nebyla výpalem poškozena (**obr. 34**).

Šestý pokud proběhl v rámci „Keramického semináře Všešary 2002“. Podmínky pro výpal nebyly ideální. Průměrná venkovní teplota činila 3,6 °C, vlhkost vzduchu byla 85%. Občasné přehánky časem přešly v trvalý déšť. S deštěm zesílil i východní vítr, který vhněl kouř a plameny zpět do peciště. Přesto se jednalo o velmi úspěšný výpal s maximální dosaženou teplotou 855 °C po necelých 9 hodinách. Režim topení byl shodný s pátým výpalem (**obr. 44**).



Obr. 31 Úprava vertikální dvoukomorové pece na verzi 2. ■



Obr. 32 5. výpal ve vertikální dvoukomorové peci (13. - 14. 4. 2002). ■



Obr. 34 Vsázka keramiky ve vertikální dvoukomorové peci po 5. výpalu (13. - 14. 4. 2002). ■



Obr. 36 Vsázka keramiky ve vertikální dvoukomorové peci po 7. výpalu (27. 8. 2004). ■



Obr. 35 Poškození vertikální dvoukomorové pece na nedostatečně kryté SZ straně přístřešku. ■



Obr. 33 Peci po odklizení střechy přístřešku zřícené v důsledku požáru. ■

Pátý a šestý výpal prokázaly plnou funkčnost pece. Rozdíl mezi těmito a předchozími pokusy mohl mít příčinu v několika faktorech. Jako hlavní dva faktory se jevila úprava topných kanálků a změna způsobu topení (střídavé vymetání kanálků). Cílem dalšího pokusu bylo provést výpal bez vymetání kanálků během topení, aby byl zjištěn vliv tohoto způsobu topení na vývoj teplot. Ukázalo se, že pro tento způsob topení sliv tohoto způsobu topení se vejde příliš málo dřeva, které pomalu vyhořívá a doba, kterou je třeba čekat než vyhoří volné místo pro další přílož je příliš dlouhá, takže přísun tepelné energie jdoucí do peciště je nedostatečný pro akceleraci teploty. Po 12 hodinách topení teplota v pecišti kolísala kolem 650 °C. V poslední fázi výpalu byly kanálky vymeteny a naloženy dřevem. Během další hodiny a půl teplota stoupla o zhruba 60 °C (**obr. 36**).

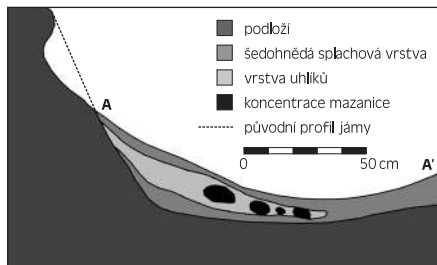
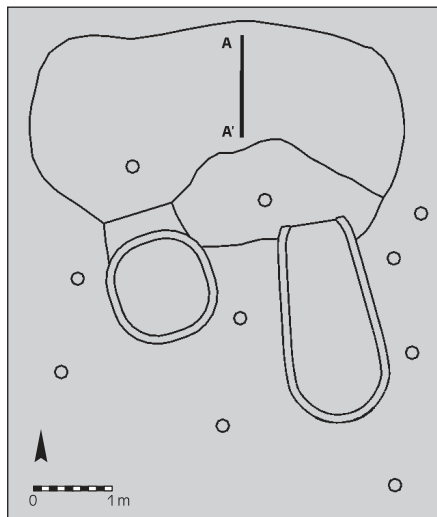
5. Zhodnocení

5.1. Zhodnocení lidského faktoru

Při jednotlivých pokusech bylo naší snahou optimalizovat proces výpalu ve smyslu dosažení co nejvyšší teploty s co nejmenším výdejem energie při zachování vsázky keramiky co možná nejméně porušené. K tomu jsme využili zkušeností keramiků, kteří mají praxi s výpalem v tzv. „přírodních pecích“. Tím jsme techniku a režim výpalu podřídili určité socio-kulturně podmíněné zkušenosti, která nemusí být nutně v souladu se zkušeností pravěkého hrnčíře. Čím se tedy řídí současný hrnčíř při volbě způsobu výpalu? Nebudu se pouštět do úvah o vlivu tradice a podvědomých motivů na způsob výpalu, které mohou být zásadní, ale jejich určení je značně komplikované. Zajímá mne pouze racionální úvaha, která stojí v pozadí konkrétní volby. Hlavním rysem současného hrnčíře je ohled na zboží, který má vliv na délku výpalu a vývoj teplot. Tento ohled je dán charakterem zboží, které je v současných „přírodních pecích“ vypalováno. Jedná se většinou o zboží z relativně málo průlinčitého materiálu bez podílu ostřiva. Hrnčíř se snaží, aby zboží nepřišlo do přímého kontaktu s palivem a aby vývoj teplot byl pozvolný a nedocházelo k prudkým změnám. Význam této obezřetnosti se ukázal při třetím výpalu v horizontální peci, kdy byla výpalem poškozena část vsázky tvořená nádobami z průmyslově zpracované hlíny bez ostřiva, kdežto ostřené zboží z přírodní hlíny bylo vyjmuta bez poškození. Důsledkem šetrného způsobu výpalu je délka výpalu do dosažení maximální teploty, která dalece převyšuje průměrné hodnoty uváděné pro recentní keramické pece z Afriky a Asie. Zatímco výpaly v pecích v CEA prováděné v režimu současného hrnčíře trvají od 6 do 14 hodin, etnografické údaje uvádějí časy od 39 do 240 min s průměrem cca 2 hodiny. Analyzované teplotní profily jsou tak ovlivněny voleným režimem výpalu, který nemusí být adekvátní vlastnostem vypalovaného zboží.

5.2. Maximální dosažená teplota

Dosažené maximální teploty výpalů v CEA se pohybují v rozmezí, které je uváděno pro pravěkou keramiku ze střední Evropy: 600-700 °C. Nad 1000 °C je páleno pouze 5% keramiky.



Obr. 39a Profil sondy v předpeční jámě vertikální a horizontální pece a její umístění na půdorysu. ■



Obr. 39b Sonda v předpeční jámě vertikální a horizontální pece. ■

Maximální dosažená teplota výpalu nám neumožňuje potvrdit nebo vyvrátit použití konkrétního typu vypalovacího zařízení. Teplota výpalu nad 1000 °C je v možnostech jak jednokomorových, tak dvoukomorových pecí, ale tepelné možnosti těchto typů zařízení nebyly většinou plně využívány. Např. ani u laténské keramiky nedochází, přes doklady vyspělých vypalovacích struktur, k nárůstu teplot výpalu. Z analýzy 24 vzorků grafitové keramiky z jihovýchodní Moravy vyplynulo, že teplota výpalu se pohybovala kolem 700 °C. Pokud byla tato keramika pálena v dvoukomorových vertikálních pecích s roštěm, pak je třeba uvažovat o jiném motivu pro zavedení tohoto typu pece, než je vyšší vypalovací teplota.

5.3. Rychlost ohřevu

Rychlost ohřevu odlišuje míříře typu A od zbytku uzavřených vypalovacích struktur. Výrazně nižší akcelerace teplot u ostatních zařízení je způsobena jednak zvolenou metodou dvouprostorového výpalu (kromě míříře typu B) a jednak snahou o pozvolný nárůst teplot, která mohla být úspěšně naplněna díky kontrolovatelnosti procesu výpalu v těchto zařízeních. Ovšem je třeba poznamenat, že konstatování malé míry kontrolovatelnosti v případě míříře typu A může být pouze předčasným závěrem pramenícím z nezkušenosti účastníků experimentu. „Ovládnout“ výpal v jednoduchých vypalovacích zařízeních může být pro současného účastníka experimentu náročnější než uskutečnit výpal v dvoukomorové peci. Hrnčír při výpalech v jednoduchých zařízeních reaguje na velice těžko artikulovatelné indicie a taková tradice pálení je daleko hůře předatelná neosobní cestou.

Rychlost ohřevu do určité míry musela být uzpůsobena vlastnostem vypalovaného zboží, popřípadě naopak. V tomto směru by bylo zajímavé zjistit, jakou akceleraci teplot snesou jednotlivé typy suroviny v kombinaci s tvarem nádob a silou střepu.

5.4. Rovnoměrnost výpalu a doba žihání

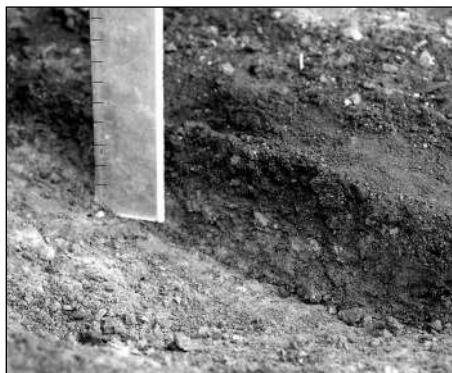
Nejrovnoměrnější vývoj teplot můžeme konstatovat u vertikální dvoukomorové pece. Rošt zde skutečně působí jako filtr, který vyrovnává teplotní změny v topeništi. Méně rovnoměrně se teplota vyvíjí u jednokomorových pecí. Nejméně stabilní je vývoj teplot u milířů, i zde však data naznačují jisté pravidelnosti. Především je to „pravidlo dvou teplotních vrcholů“. První teplotní vrchol nastává před uzavřením milíře. Poté teplota poklesne, ale v určitém bodě začne opět stoupat a druhý teplotní vrchol může být dokonce vyšší než první. Pokud teplota mezi dvěma vrcholy příliš neklesne, pak milíř vykazuje velmi dlouhou dobu žihání, několiknásobně převyšující dobu žihání v pecích. Tento jev si vysvětlujeme tak, že v redukčním prostředí dojde k zuhelnatění paliva, které po průniku vzduchu (u milířů často dochází k lokálnímu propálení pláště) začne hořet. Takový vývoj teplot byl sledován ve všech případech, kdy měření teploty milíři nebylo přerušeno ve fázi poklesu teploty po uzavření milíře.

5.5. Spotřeba paliva

Spotřeba paliva při experimentálních výpalech v CEA se pohybovala u pecí od 0,5 do 1 m³. Rozdíly ve spotřebě



Obr. 38 Zlomek mazanice z pláště jednokomorové pece. ■



Obr. 40a Profil vypáleného dna v předpevním prostoru horizontální pece. ■



Obr. 40b Profil vypáleného dna v předpevním prostoru vertikální pece. ■

byly mnohdy výraznější mezi jednotlivými výpaly v jednom zařízení, než mezi různými zařízeními. Paralelní výpal ukázal stejnou spotřebu dřeva na 1 hodinu výpalu ($0,11 \text{ m}^3/\text{hod}$) u jednokomorové pece, horizontální pece i dvoukomorové vertikální. Spotřeba u jednoprostorových výpalů je výrazně nižší. Spotřebu při výpalech v milíři typu A v CEA odhaduji podle objemu naložené jámy na množství do zhruba $0,4 \text{ m}^3$. Obdobná byla spotřeba při výpalu v milíři typu B (**tab. 3**). Jak ukazuje spotřeba paliva ve stejných zařízeních s různou délkou výpalu při zhruba stejných maximálních teplotách výpalu, spotřeba paliva není přímo úměrná délce topení. Skutečnost je pravděpodobně daná pozvolnějším topením v případě delších výpalů.

5.6. Homogenita výpalu

Realizovanými experimenty se ukázalo, že ve všech typech rekonstruovaných pecí lze docílit homogenní atmosféry a vypálit tak keramiku rovnoměrně oxidačně, popřípadě redukčně (**obr. 45**). Základní podmínkou pro dosažení homogenity atmosféry je oddělení peciště od topeniště. Toho lze úspěšně docílit v uzavřených vypalovacích zařízeních, která mají samonosnou konstrukci. Dělicí čára tedy vede mezi jednotlivými typy milířů. U typu A bez samonosné konstrukce není dvouprostorový výpal myslitelný, kdežto u typu B a C jej lze teoreticky připustit.

Výpal v homogenní atmosféře vyžaduje keramika, u které je kladen důraz na barevné vlastnosti povrchu. Taková keramika tedy byla pravděpodobně pálena v uzavřených vypalovacích zařízeních se samonosnou izolační konstrukcí. Ovšem je třeba podotknout, že homogenního odstínu lze dosáhnout též vyjmutím keramiky ze zařízení při maximální teplotě výpalu.

Odlišné se jeví teplotní homogenita výpalu. Ta není automaticky docílena oddělením topeniště od peciště. Jediným zařízením, u kterého se nám podařilo v uspokojivé míře teplotní homogenitu dosáhnout byla dvoukomorová vertikální pec s roštěm, kde ve chvíli dosažení maximálních teplot dosahuje rozdíl údajů z jednotlivých termočlánků max. 40°C .

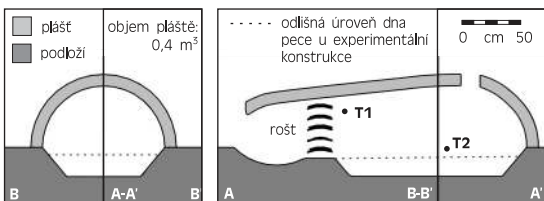
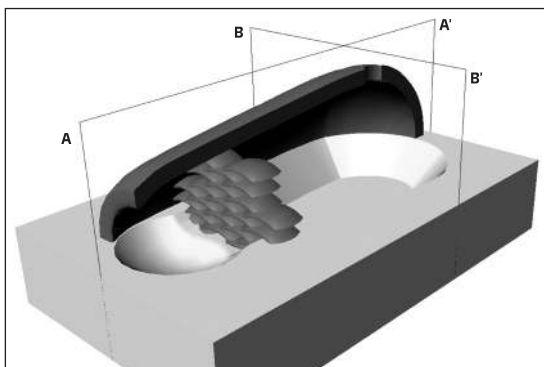


Obr. 41 Vypálené dno v předpecním prostoru horizontální pece. ■

Odlišná je situace u horizontální jednokomorové pece. Ve chvíli dosažení maximální teploty dosahoval rozdíl teplot v prvním případě 130°C (výpal 1) a v druhém přes 300°C (výpal 3). Teplotní nehomogenitu můžeme rozlišit na horizontální a vertikální. Horizontální nehomogenita může mít příčinu v délce pece a nevhodném naložení pece zbožím. Teoreticky by se tedy dala odstranit řidší vsázkou keramiky vyskládané do komínků, mezi kterými by spaliny volně procházely pecí. Vertikální nehomogenita má zřejmě příčinu v umístění otvoru pro odvod spalin na temeni pláště

pece. Tah horkých spalin prochází pod klenbou pláště přímo k otvoru. Větší vertikální teplotní homogenita by tedy bylo možné dosáhnout úpravou pece. V zadní části pece by byla umístěna napříč klenbou v její horní části přepážka. Prostor v dolní části klenby by byl ponechán volný pro odvod spalin. Pec by musela být ukončena komínem, který je v takovém případě nutný pro dosažení tahu

V obou předchozích případech můžeme hovořit o pravidelné nehomogenitě, kdy lze s jistotou pravděpodobností předpovídat rozdíly teplot a jejich vývoj v daných částech pecišť. V případě jednoprostorových výpalů v milíři se jedná o nehomogenitu nepravidelnou. Celkový vývoj teplot lze do jisté míry regulovat hlavně u typu B a C, ale rozdíl teplot v různých částech milíře je nepředvídatelný.



Obr. 46 Ideální 3D rekonstrukce 2. verze horizontální pece podle nálezu z Turnova. ■

5.7. Zastřešení pece

V areálu CEA byly prověřovány dvě funkční interpretace přístřešků ve vztahu k pecím :

- a) přístřešek chrání nikoliv pec, ale její zázemí (keramiku, palivo) (**obr. 9**)
- b) přístřešek slouží přímo k ochraně pece (**obr. 42**)

V prvním případě je nutné pec buď chránit jiným způsobem (např. zakrýt silnou vrstvou slámy) nebo postavit každoročně na sezónu znovu, protože vlivem kombinace přírodních faktorů, které na ni působí pod širým nebem (déšť, mráz, slunce) nevydrží déle než rok.

V druhém případě ochrana hlavně před deštěm prodlužuje výrazně životnost pece. Pravidelná údržba a opravy, které jsou smysluplné pouze u zastřešených pecí, mohou protáhnout její životnost na desetiletí. Výhodou udržování pece je, že čím je v ní déle páleno, tím zlepšuje své tepelné vlastnosti.

Zastřešení předpokládám hlavně u pecí větších a složitějších a u pecí, které byly častěji využívány. Naopak u jednodušších a menších pecí, navíc pouze sezóně využívaných, by se celoroční údržba nevyplatila a je výhodnější je vždy na sezónu postavit znovu.

Pokud uvažujeme o rozsahu zastřešení, je dobré přihlédnout k profilu celé struktury. Pokud je nejhlubším místem objektu dno pece nebo topných kanálků, pak je vhodné zastřešit spolu s pecí i předpecní jámu, jinak zastřešení ztrácí smysl, protože voda z předpecní jámy stéká do prostoru pece, kde se drží vlhkost a dochází k rychlému poškození pece. Pokud je však nejhlubším místem objektu dno předpecní jámy, je možné zastřešit pouze pec, protože se vlhko naopak stahuje do předpecní jámy.

5.8. Životnost pecí

Sledování formativních procesů působících na pece ukázalo, že nezastřešená pec nemá životnost delší než 1 rok. Naopak zastřešená a udržovaná pec může teoreticky fungovat v horizontu desetiletí. Působením přírodních faktorů, především deště a mrazu, dochází k rozrušování vnější strany pláště, kde se mazanice stává sypkou a splavuje se popřípadě sesypává dolů (**obr. 43**). Když je narušena konstrukce pece, klenba pece se buď zhroutí nebo deformuje a začne opadávat vypálená mazanice z vnitřní části pláště (**obr. 37**).

6. Závěr: experiment a interpretace socio-kulturních mechanismů

Závěrem lze konstatovat, že získané tepelné parametry naměřené v jednotlivých zařízeních se v rámci jednoho výpalu ve stejném zařízení mohou lišit daleko radikálněji než údaje získané z odlišných zařízení (**graf 1**). Jako rozhodující faktor se jeví způsob výpalu určený záměrem hrnčíře. Experimentální výpaly v CEA tak potvrzují skepsi ohledně rozlišení vypalovacích zařízení podle jejich tepelných profilů.

Důvodem vývoje nebo přejímání nových typů vypalovacích zařízení se nezdá být systematická snaha zlepšovat vlastnosti stávající keramické produkce. Spíše se jedná o reakce na nově vzniklé sociální potřeby ve společnosti, která prochází změnou směrem k větší komplexitě, zvyšující svou vnitřní diferenciaci a dynamiku. Nová technolo-

gie se může vázat na poptávku určité sociální skupiny nebo na vznik plně specializovaných řemesníků. Pokud je nově poptáváno zboží, jehož vlastnosti, ať už technické nebo estetické vyžadují použití jiného způsobu výpalu a tento způsob výpalu nelze realizovat ve stávajících zařízeních, pak může dojít k rychlému přijetí nového typu vypalovacího zařízení. To se může stát časem standardem pro většinu keramiky. Vznik plně specializovaného řemesla může také vést k přijetí zařízení, které lépe vyhovuje nové organizaci a pracovnímu režimu. Hrnčíř tedy volí zařízení podle potřeby. Jednoduchá vypalovací zařízení mají i své výhody, které mohou být v daných situacích



Obr. 37 Destrukce klenby topeniště jednokomorové pece; na odhaleném profilu pláště je patrný rozdíl mezi vypálenou a nevypálenou vrstvou mazanice. ■



Obr. 42 Přístřešek kryjící keramické pece. ■

Obr. 43 Rozplavovaná vnější část pláště jednokomorové pece. ■



Obr. 44 Výsledek 6. výpalu ve vertikální dvoukomorové peci (12. 10. 2002). ■ **Obr. 45** Příklad homogenně redukčně a oxidačně vypálené keramiky při aplikaci dvouprostorového výpalu. ■

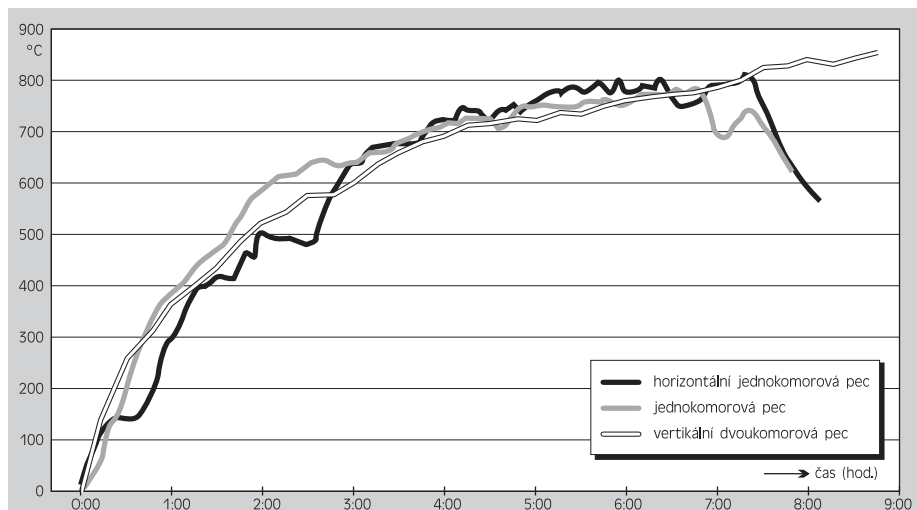
důvodem k jejich výběru (malá spotřeba paliva, zanedbatelné množství energie a času vynaložené na jeho přípravu, mobilita, možnost využití k jinému účelu). S dostatečnou zkušeností dokáže v těchto zařízeních produkovat s minimálními ztrátami zboží, které svými vlastnostmi naplňuje jeho očekávání. Dosažená teplota výpalu se nemusí nutně lišit od výpalů v technologicky vyspělejších zařízeních. Ani u výpalů blížících se k 1000 °C nemůžeme automaticky vyloučit použití otevřeného ohniště. Volba technologicky vyspělejšího zařízení tedy nemusí být nutně přirozeným rozhodnutím. Naopak pro částečně specializovaného hrnčíře, který se věnuje řemeslu pouze část roku a produkuje malé množství zboží užitého charakteru, které svými technickými a estetickými parametry umožňuje použití jakéhokoli ze zmiňovaných vypalovacích zařízení, je „dobrou volbou“ jednoduché vypalovací zařízení typu ohniště nebo mlíře. Samotný pojem technologické vyspělosti se může jevit jako relativní a záleží na tom, jaké parametry si pro posouzení vyspělosti vybereme.

Ovšem historie používání určitého vypalovacího zařízení v daném prostoru může být značně komplikovaná, přičemž velkou roli hraje dědění tradice. Tak se může vyspělé zařízení, jehož užívání mohlo mít původně „dobrý důvod“, stát časem redundantním, kdy se replikuje jeho forma bez využití jeho možností. Tento proces se může projevit postupnou atrofií některých původně funkčních prvků vypalovacích zařízení.

Pokusme se o interpretaci nálezu vertikální dvoukomorové pece z Kramolína ve smyslu výše řečeného. Experimentální výpaly ukázaly, že přes některé nepříznivé parametry pece, lze pec upravit a používat tak, aby byla schopna standardní produkce předpokládané pro vertikální dvoukomorové pece (homogenní výpal, teplota kolem 800 °C). Ovšem to není důkazem pro to, že pec takto skutečně byla využívána. Kramolínská pec vykazuje určité prvky, které naznačují, že podoba pece mohla být převzata, aniž by byl zcela pochopen její základní princip, tedy oddělení topeniště od peciště. Naznačuje to především výška topných kanálků, která činí pouze 15 cm, kdežto potenciální předlohy z cucutensko-trypilského kulturního okruhu mají kanálky vysoké od 22 do 40 cm. Taková výška kanálků proces výpalu odpovídající dvoukomorové vertikální peci s roštěm sice neznemožňuje, ale bez úpravy předpecního prostoru jej velice komplikuje. Zajímavá je i teplota 570 °C zjištěná jako maximální teplota výpalu analyzovaného zlomku roštu pece se zachovaným průduchem. Bohužel není jasné, z jaké části roštu zlomek pochází. Analyzován byl dále střep z výplně pece. Střep prošel částečně redukčním a částečně oxidačním výpalem. Nehomogenní bylo zřejmě i rozložení teplot při výpalu. Zjištěná teplota výpalu byla 660 °C. Ovšem míra poškození pece činí málo pravděpodobným předpoklad, že keramika nalezená v prostoru pece prodělala výpal v této peci a nebyla vyjmuta. Její vlastnosti tedy nelze jednoznačně spojit se způsobem výpalu v peci.

Přes omezení kladená výpovědní hodnotou obou analyzovaných vzorků se zdá, že uživatelé této pece mohly mít problémy s její funkčností. Tomu by napovídal i fakt, že se ve výplni pece nenašla žádná mazanice z pláště pece nebo dalších instalací, což by svědčilo o malé intenzitě využívání tohoto zařízení. Pro srovnání s touto situací je zajímavé pozorování učiněné během experimentálních aktivit s výpaly keramiky v rekonstrukci této pece. Účastníci prvních experimentálních výpalů měli předchozí zkušenost pouze s jednodílnými výpaly (ohniště, milíř, jednodílná pec), které vykazují relativně velké rychlosti ohřevu a v důsledku toho krátkou dobu topení a malou spotřebu dřeva. Pomalý vývoj teplot v dvoukomorové peci (umocněný malou výškou kanálků) proto považovali za doklad nefunkčnosti zařízení. Výpal byl přerušen po třech nebo čtyřech hodinách jako neúspěšný a byla snaha přijít na jiný, účinnější způsob výpalu. Tak došlo ke kurióznímu jednodílnému využití dvoukomorové pece, při kterém bylo palivo naloženo spolu s keramikou do peciště.

Máme zde experimentálně odvozený model prvního setkání hrnčírů s převzatou dvoukomorovou vertikální pecí. Konstrukční chyby a nenaplněné očekávání průběhu výpalu, diktované předchozí zkušeností s odlišným způsobem výpalu, mohlo vést k „přirozenému experimentování“ se způsobem výpalu v této peci (ovšem experimentování značně omezenému tradičními vypalovacími postupy) a nakonec i k rezignaci na výpaly v tomto typu pece. O malé zkušenosti s takovým typem zařízení by mohla svědčit výjimečnost nálezu v daném kulturním kontextu. Motivem pro přijetí tohoto exotického prvku mohla být snaha o posílení identity určitého společenství pomocí prestiže pramenící z přiblížení se technologicky vyspělejšímu prostředí. Pec tedy může souviset i s dalšími novými kulturními prvky tohoto období. Skutečnost, že byla nalezena v prostoru výšinného sídliště nemusí být náhodná.



Graf 1 Porovnání tepelných parametrů naměřených v odlišných vypalovacích zařízeních. ■

Jiná situace je v laténském prostředí, kde rozšíření vertikální pece s roštěm šlo patrně ruku v ruce se vznikem plně specializovaného hrnčířského řemesla. Zároveň mohla být pec technologickou adaptací na nový druh zboží: keramiku točenou na kruhu. Pro vytočení keramiky na kruhu je vhodná jemnější a plastičtější surovina, která vyžaduje relativně homogenní prostředí výpalu s rovnoměrným a pozvolným růstem teplot. Takové prostředí bezpečně zajišťuje právě vertikální pec s roštěm.

Interpretace dat zjištěných experimentálními výpaly v CEA podporuje myšlenku, že ve střední Evropě nedošlo v předlaténském období k rozvoji hrnčířství jako plně specializovaného řemesla. Nic nás ovšem na druhé straně neopravňuje tvrdit, že se jednalo o nespécializovanou činnost, popřípadě specializovanou pouze na úrovni domácnosti. Zvláště od doby bronzové, vzhledem ke zvyšující se komplexitě společnosti, můžeme předpokládat hrnčířství jako částečně specializované řemeslo v rámci vesnice popřípadě malého regionu, řemeslo, kterému vyhovovala jednoduchá vypalovací zařízení.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří přispěli k realizaci představených experimentů. Jmenovitě Radomíru Tichému za zkušenosti a možnosti, které poskytuje prostředí CEA experimentální archeologii, sestrám Dohnálkovým, Editě Stachové, dětem z Archeologického kroužku ZŠ Všeštery a moji mamince za vytváření replik pravěkých nádob a odvahu poskytnout je pro účely experimentálních výpalů, Romanu Anýžovi, Milanu Slezákovi, Marku Štěpánovi a dalším členům SEA za pomoc při stavbě pecí a výpalech, Ladislavu Tintěrovi za cenné rady a pomoc s měřením teplot, manželům Červinkovým a členům oddílu experimentální archeologie Mamuti, Haně Šafaříkové, Evě Pecháčkové a dalším členům oddílu experimentální archeologie DDM Litomyšl a Petru Tomsovi za cenné zkušenosti s výpaly keramiky a jejich praktickou aplikaci při publikovaných pokusech.