

ARCHEOLOGIA TECHNICA

30 / 2019 / ODBORNÉ RECENZOVANÉ PERIODIKUM

ZKOUMÁNÍ VÝROBNÍCH OBJEKTŮ A TECHNOLOGIÍ ARCHEOLOGICKÝMI METODAMI
EXAMINATION OF PRODUCTION FACILITIES AND EQUIPMENT BY THE ARCHAEOLOGICAL METHODS

SESTAVIL / EDITED BY

Mgr. Ondřej Merta

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Mgr. Marián Čurný

Mgr. Petr Holub

Ing. Jiří Hošek, Ph.D.

doc. Mgr. Petr Hrubý, Ph.D.

Bc. Matěj Kmošek

Mgr. Ondřej Merta

Mgr. Pavla Stöhrová (tajemnice RR)

ODBORNÉ RECENZE / REVIEWED BY

Ing. Martin Barák

Mgr. et Mgr. Tereza Kuchaříková Blažková, PhD.

Mgr. Petr Holub

Ing. Jiří Hošek, Ph.D.

doc. Mgr. Petr Hrubý, Ph.D.

Mgr. Václav Kolařík

Mgr. Petr Kos

PhDr. Irena Loskotová, Ph.D.

Mgr. Ondřej Merta

PhDr. Petra Mertová, Ph.D.

PhDr. Věra Souchopová, CSc.

Mgr. Dominik Talla, Ph.D.

Mgr. Antonín Zúbek, Ph.D.

REDAKČNÍ PŘÍPRAVA A TISK / EDITORIAL COOPERATION, PRINT

Mgr. Pavla Stöhrová, Sandra Strapková, Igor Řezáč, Reprocentrum Blansko

Archeologia Technica is systematically peer-reviewed publication dealing with various topics related to „examination of the production facilities and technologies by the archaeological methods“, industrial archaeology and practical experiments. The ambition of the publisher is to present and solve problems related to the archaeological research of technical and technological equipment, documentation and preservation of industrial heritage as well as the results of practical experiments performed in reconstructions of old production facilities.

© TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ, 2019

Technické muzeum v Brně / Purkyňova 105, 612 00 Brno

Tel.: 541 421 416 / www.tnbrno.cz

ISSN 1805-7241

ISBN 978-80-87896-77-8

Reprodukování snímků a materiálů uveřejněných v této publikaci je možné pouze se souhlasem vydavatele a jejich vlastníků, autorů a správců.

VÝPAL VÁPNA NA STARÉ HUTI U ADAMOVA V ROCE 2019

Petr Kos

Archaia Brno z. ú.

V květnu 2019 proběhl v rekonstrukci jednonábové vápenné pece zbudované v areálu Staré huti u Adamova další z experimentálních výpalů. Ty slouží mimo shromažďování údajů o provozu pyrotechnologických zařízení tohoto druhu i k propagaci pro region kdysi tak typického řemesla.

Klíčová slova: novověk – vápenná pec – experimentální archeologie

EXPERIMENTAL LIME-BURNING AT THE OLD IRONWORKS NEAR ADAMOV IN MAY 2019

In May 2019 a further lime-burning experiment took place in the replica of a single-channel lime kiln built at the Old Ironworks near Adamov site. Such undertakings serve among other to gather data regarding the management of pyrotechnological devices of this kind, as well as to publicly present a craft, which was once so typical for the given region.

Key Words: modern age – lime kiln – experimental archaeology

Roku 2019 se spolkové vápeníci huti Františka zaměřili na další úpravu své pece, která doznala částečné změny v konstrukci šachty, neboť ta byla zvenčí poněkud rozšířena a uvnitř zvýšena o cca 60 cm (Josefov VII). Cihly pro stavbu poskytli J. Kos ze svých zásob z Horákova. Vznikl tak nový prostor pro vsázku vápence o objemu cca 1 m³. Horní část šachty byla pak následně zavezena pro lepší izolační vlastnosti ještě zeminou. Před zahájením výpalu dostala pec nový hliněný kabát, který byl zvenčí ještě lehce omítnut vápnem z minulého roku.

Z lomu Mokrá (Českomoravský cement, a.s.) byl dovezen kvalitní vápenný kámen o obsahu kolem 97 % CaCO₃, který byl do pece naložen ve frakci 100–250 mm ve sledu od největšího kamene po nejmenší. Oproti předchozím létům byl kámen skládán poněkud rozvolněněji a ve vrcholu vsázky ponechána mezera pro snadnější odtah plamene a kouře.

Pro výpal byla v zásobě velká dávka měkkého i tvrdého dřeva z dotace ŠLP Křtiny. Takto připravená pec prošla nejprve vysoušecím čtyřhodinovým režimem, kdy byla pozvolna vysušena nejprve její konstrukce a následně i vsázka, z nichž se uvolnilo velké množství vodních par. K promočení vápenky přispěly nepochybně vydatné deště, které stěžovaly její přípravu k provozu, která se pak nepříjemně vlekla. Nebýt výpomoci dvou synů P. Dohnalové z domku bývalé správcovny huti, asi bychom úpravu pece nedokončili ve stanoveném limitu.

Po vysušení vsázky byla na její vrchol navršena vrstva sena a na ní pak hliněný čepic s průduchy pro odvod spalin (145–148 °C). Vynechaná mezera mezi vsázkou a stěnou kychty byla pak překryta pálenými cihlami, pomocí kterých bylo později možné regulovat směr prošléh-

vající plamenů. Pec přešla po 4,5 hodinách do výhřevu, který trval 13 hodin (852–890 °C). Dalších 17 hodin trval vlastní výpal (880–1003 °C) a zbylých 12 hodin dopal (900–1003 °C); v klenbě pece se během kalcinace dařilo udržet teplotu 1100–1200 °C. Při výpalu bylo krátkodobě v partiích klenby dosaženo v jednom okamžiku teploty až 1550 °C (teploty měřeny termopistolí, tj. spíše jen orientačně). Výpal vápence o objemu cca 1 m³ bylo možné ukončit patrně již po 34 hodinách od zážehu pece a spálení 5,6 m³ tvrdého a měkkého dřeva v hrubém poměru 1 : 2.

Celý proces výpalu vápna trval i s vysoušením 46 hodin a bylo při něm spáleno cca 6,5 m³ tvrdého a měkkého dřeva. Za 14,5 hodin pec ve výhřevu spálila 4 m³ a při výpalu a dopalu trvajících 28 hodin 2,5 m³ dřeva. Během příkládání bylo zjištěno, že pec mohla ve fázi výpalu pracovat výrazně úspěšněji a ušetřit téměř 1 m³ dřeva. Dopál na nižší teplotu, trvajíc následně ještě dalších 12 hodin, byl zvolen pouze z důvodu celkového zkvalitnění výpalku, ukázalo se však, že by bylo vhodnější, vzhledem k větší frakci kamene v klenbě, udržovat provozní teplotu alespoň o 6 hodin déle. Tento nedostatek se projevil v kvalitě výpalku dolní vsázky, kde zůstalo obsaženo o cca 5–6 hmot. % více nedopalu než u střední a horní vsázky. Nicméně výpalek lze klasifikovat převážně jako třídu CL 90 (analýzu zajistila firma Českomoravský cement, a.s., závod Mokrá). Experimentálně bylo při akci zjištěno, že podobné plamenné pece opatřené více tahovými kanály, běžné u nás hlavně ve středověku, mohly pracovat výrazně ekonomičtěji, než se původně dle obvyklých statistik předpokládá. Záleželo pouze na zkušenostech

vápeníka, jakou zvolil k výpalu frakci vápenného kamene a délku topeniště, od čehož se pak odvíjela doba výpalu a spotřeba paliva, zkráceného na potřebnou délku, která se mohla u těchto zařízení pohybovat až kolem 2 m, tj. dvojnásobně více než u námi sledovaného testovacího zařízení na Staré huti (srv. *Kos – Válek 2016*). Obecně pak z našich archeologických experimentů plyne fakt, že čím je vypalovací pec svým výrobním objemem větší, tím vyvine i vyšší kalcinační teplotu (0,5 m³: 900–1000 °C, 1 m³: 1100–1200 °C). Adamovská pec Josefov VII má svůj otopný systém proto zcela záměrně koncipován podobně jako u pecí středověkých, aby se daly tyto zákonitosti dlouhodobě testovat; novodobým doplňkem je pouze spodní otvor popelníku, který významně umocňuje tahové vlastnosti pece. Topný a zároveň tahový kanál s valeným stropem o rozměrech cca 60 × 60 cm pak napodobuje kanály trojkanálové pece ze 13. století, objevené J. Mertou u hradu Obřany (Kanice II: *Merta 1980, 44, obr. 5a*). Nyní již víme, že tato zařízení spalovala palivové dřevo nejspíše ve třech na sebe navazujících režimech: 1) vysoušecím, 2) vyhřívacím a 3) vypalovacím, při nichž se výrazně měnila frekvence přikládání paliva do topných kanálů, kanály však nebylo nutné plnit v celém profilu, aby zůstaly zachovány tahové podmínky. Nelze vyloučit, že středověký vápeník fázi dopalu z programu výroby prostě vypustil, neboť tehdy byl v toleranci pro zdění i částečný nedopal. S těmito faktory je při statistických výpočtech provozních hodnot historických vícekanálových pecí proto nutno předem počítat. Pokud bychom, jako doposud, přijímali palivový systém T. Bitterliho (*Bitterli 1991*) pro jednokanálové pece alpického typu, pak by vápenné peci Josefov VII o výrobním objemu 1 m³ muselo k výpalu vápna postačit jen 2 m³ měkkého dřeva. Experimentem v Josefově však bylo prokázáno, že je nutné stopit při stejném objemu vsázky (v úsporném režimu) celkem až 5,2 m³ smíšeného dřeva. Na vlastní výpal a dopal by však opravdu připadlo jen 2,1–2,3 m³ tvrdého a měkkého dřeva, což je hodnota, která se Bitterliho statistice již skutečně blíží a je brána v potaz i současným výzkumem vápenných technologií (srv. *Válek 2015, 30*). Můžeme ji však vztahovat pouze na dobu vlastního výpalu (kalcinaci), nikoliv však na výhřev či dlouhodobější dopal, který spořádá zhruba dvojnásobek dávky dřeva potřebného k vlastnímu výpalu. U Bitterliho válcového typu pece, s absencí překlenutého popelníku (*Bitterli 1991*), lze proto předpokládat obdobné podmínky hoření paliva jako u pecí vícekanálových. Při orientačním výpočtu spotřeby paliva u vícekanálových pecí je proto nezbytné statistické výdobytky experimentálního výzkumu jednokanálové pece ze Staré huti u Adamova (Josefov II) ještě dvojnásobit, až pak se lze patrně více přiblížit skutečným provozním parametrům našeho středověkého vápenictví 13. a 14. století. Experimentálně bylo prokázáno, že kalcinační teploty (900 °C) lze u obou druhů pecí (jednokanálové i vícekanálové) dosáhnout pod klenbou shodně již po 12 hodinách výhřevu (srv. *Kos – Válek 2016, 44, 48, obr. 19*). Délka výpalu pak závisí na maximální dosažené teplotě v peci, frakci kamene (běžně 150–300 mm) a kvalitě pomocných odtahů rozložených ve vsázce. Panuje však předpoklad, že do těchto polních pecí mohly být mnohdy zasouvány i celé nedělené kmeny stromů. Jelikož známe hltnost tahového kanálu pece

(0,28 m³/h metrových štíp, tj. cca 0,56 m³/h dvoumetrových štíp či tenčích polen) a provozní teplotu (1100–1300 °C), můžeme snadno spočítat při předpokládané frakci vápence (až 300 mm) dobu potřebnou k výpalu vápna (minim. cca 14–15 hodin: srv. *Helan – Klement 1960; Bitterli 1991; Válek 2015, 64–65*).¹

Celkem tedy kompletní výpal 14 m³ vápence v trojkanálové peci Kanice II mohl trvat zhruba 61 hodin (2,6 dnů) s možností delšího předsoušení nebo dopalu a spotřebě cca 83 m³ tvrdého a měkkého dřeva. Musíme brát ale v úvahu, že doba výpalu mohla být u tohoto typu pece ovlivněna také řadou přírodních (atmosférické podmínky) a lidských (styl vyskládání vsázky s odtahy, nedokonalý tah, kvalitou spalování apod.) faktorů, takže tyto výpočty lze brát spíše orientačně a přiklonit se raději k vyšším hodnotám, než je tu uvedeno.

Výpaly testovaných vápnitých konkréci a lastur fosilních ústřic dopadly s rozdílnými výsledky (menší pec Josefov VI). Šest hodin žihání konkréci dopadlo nakonec dle předpokladu slibně. Vzorky polité vodou se hasily do podoby husté šedohnědé kaše. Start exotermického rozkladu byl však mimo očekávání poněkud pomalejší, rámcově až 5–10 minut, což naznačuje, že ve vzorcích mohou být zastoupeny v převaze jiné složky než jen CaCO₃. Fakta prokáže až chemická analýza suroviny. Výpal lastur skončil s úspěchem jen částečně. Lastury po šesti hodinách žihání ztmavly a po polití vodou jen popraskaly, avšak dále se již nerozložily. Je zřejmé, že vápnité konkrerce, tzv. cicváry, lze pálit úspěšně na vápno, ale současně je třeba volit čistší formy, které vedou k výpalu bílého vápna; tmavé facie obohacené hlinou mohou mít po vypálení a vyhašení vodou snad i částečné hydraulické vlastnosti. Zde se otevírá směr dalších možných experimentů do budoucna.

Josefov VII 2019 (1 m³ CaCO₃: 97 %)

sušení	4 hodiny	0,2 m ³ dřeva
výhřev	13 hodin	4 m ³ dřeva
výpal	17 hodin	2 m ³ dřeva
dopal	12 hodin	0,2 m ³ dřeva
celkem	46 hodin	6,4 m³ dřeva

Složení vápence z lomu Mokrá-Západ (hmot. %)

SiO₂ – 1,06
 Al₂O₃ – 0,71
 Fe₂O₃ – 0,14
 CaO – 54,13
 MgO – 0,26
 CaCO₃ – 96,62
 MgCO₃ – 0,54

Analýza výpalku

Horní vsázka: CO₂ – 1,62 %, S – 0,022 %, vol. CaO – 93,33 %, celk. CaO – 95,4 %, reaktivita 74,7 °C/6:30 min, T 60 – 3:54 min
 Střední vsázka: CO₂ – 2,10 %, S – 0,02 %, vol. CaO – 91,62 %, celk. CaO – 94,25 %, reaktivita 72,4 °C/7:00 min, T 60 – 3:39 min
 Dolní vsázka: CO₂ – 1,2 %, S – 0,02 %, vol. CaO – 86,87 %, celk. CaO – 88,38 %, reaktivita 71,3 °C/9:50 min, T 60 – 6:03 min

¹ Z praktických experimentů na Staré huti u Adamova byly získány rychlosti pro výpočet výhřevu (0,56 m³/h) a výpalu (0,18 m³/h) vápna v peci s tahovým kanálem o rozměrech 50 × 60 cm na výtop 2 m dlouhým dřevem. Rychlost výpalu stanovíme orientačním výpočtem, když vydělíme 3 známou rychlost výhřevu pece, která odpovídá maximální hltnosti 1 kanálu pece.

LITERATURA

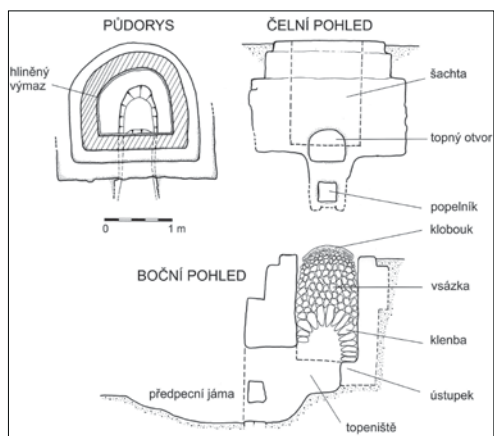
Bitterli, T. 1991: Zur Mörtelherstellung beim Burgenbau, Nachrichten des Schweizerischen Burgenvereins 64, 10–15.

Helan, B. – Klement, K. 1960: Vápno: Výroba a použití. Praha.

Kos, P. – Válek, J. 2016: Experimentální výpal vápna v šestikanálové vápenné peci z období vrcholného středověku v Mokrém, Archeologia technica 27, 2016, 22–39.

Merta, J. 1980: Výzkumy vápenických pecí, Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami 1, 30–55.

Válek, J. 2015: Vápenné technologie historických staveb. Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v.v.i.



Obr.1: Kresebné schéma pece Josefov VII (kresba P. Kos)



Obr. 2: Stará huť u Adamova. Zakládka vápencové klenby (foto P. Holub)



Obr. 3: Stará huť u Adamova. Vysušení vsázky po několika prvních hodinách provozu (foto P. Kos)



Obr. 4: Stará huť u Adamova. Tvorba hliněného čepce na senné výstelce (foto P. Kos)



Obr. 5: Stará huť u Adamova. Regulační obklad pálenými cihlami nad vysušenou vsázkou (foto P. Kos)



Obr. 6: Stará huť u Adamova. Vápenná pec za nočního provozu (foto P. Kos)