Archeologie českých zemí

7. Hmotná kultura raného středověku (exploatace surovin, výroba a směna).

Počátky zpracování železa na území střední a východní Anatolie od 3. tis. př. n. l.

Železářské strusky v hutním středisku Porga–Malatya, Anatolie, 2.–1. tis. př. n. l.

Železářské centrum s vrstvami strusek, Ovacik–Tunceli, Anatolie, 2.–1. tis. př. n. l.

Železo

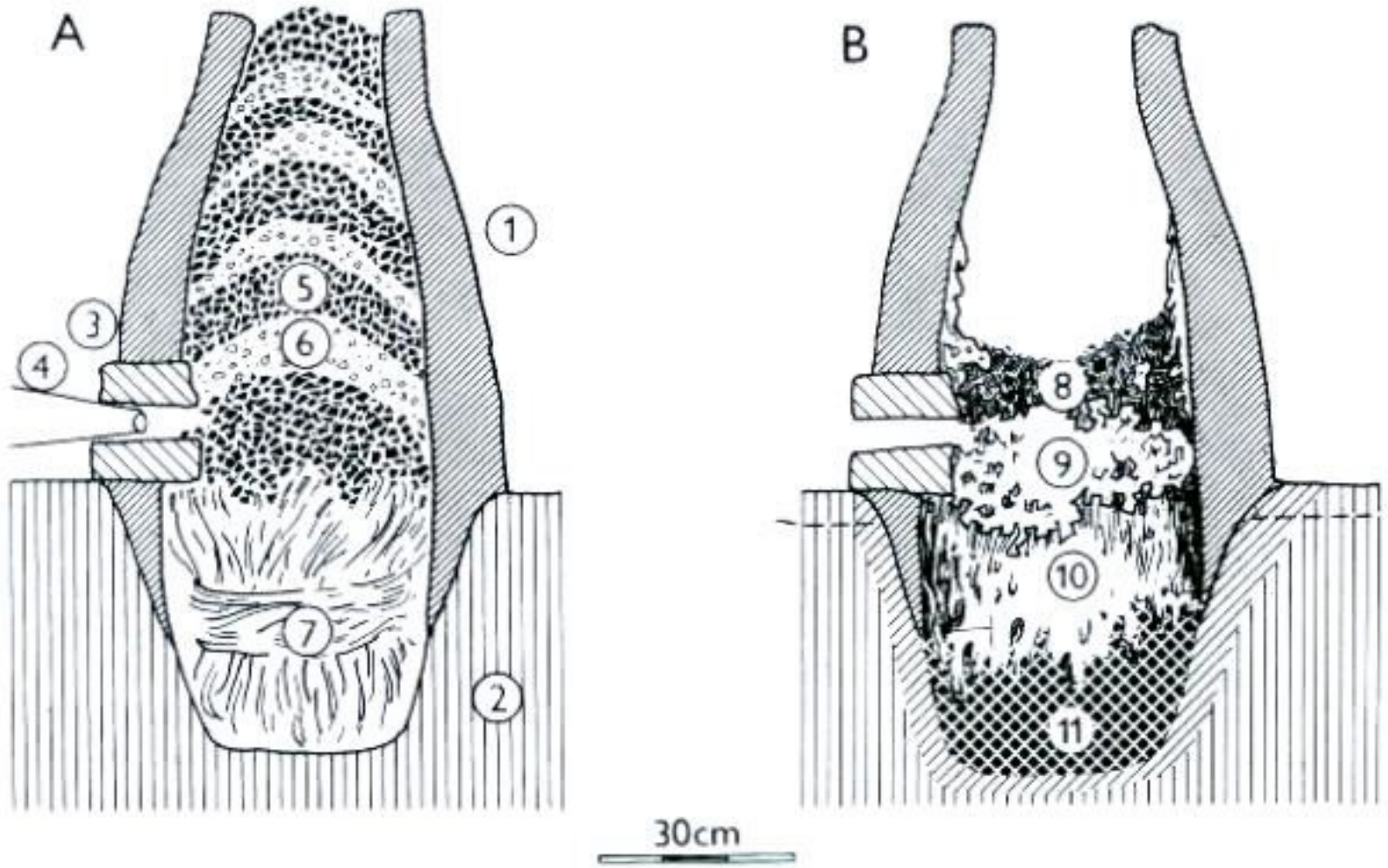
- **Původ** – meteoritický („nebeský kov“): 2800 př.n.l.: svářkové železo ve velké pyramidě v Gize
  - objev metalurgie železa: separace z rud redukčním pochodem

- **Těžba železné rudy** – **3. tis. př. n. l.:** počátky výroby ve střední a východní Anatolii (měděná metalurgie)
  a) v královských hrobech jako luxusní předměty (Alaca Hüyük)
  b) železné části bronzových výrobků: 2800: nález svářkového železa z „velké pyramidy v Gize“
  - **3. – 2. tis. př. n. l.:** na několika místech v severním Iránu a Kavkazu (nezávisle na sobě)
    náhodně při tavbách rud obsahujících měď i železo (chalkopyrit: $CuFeS_2$)

- **2. – 1. tis. př. n. l.** – z Malé Asie (Anatolie): do Egypta, na Balkán (9. stol.) a ke Středozemnímu moři
  - **Halštat:** nejstarší archeologicky datované jámové pece
  - **české země:** první železné předměty: konec doby bronzové: HA
  - **Slovensko: HC-D**: první výroba: Smolenice-Molpír, Čečejovce a Kralova

- **Doba laténská** – nejstarší železárny ve střední Evropě: Německo: lokalita Hunsruck Eifel II A1
  - **východokeltská pec:** nový typ šachtové pece se zahloubenou nístějí pro jímání strusky
  - **Mšecí:** 19 pecí, pražiště rudy, výheň, kovárna, sklad výrobků

- **Doba římská** – rozvoj výroby pro potřeby armády a stavitelství: vedle jámových výkonnější šachtové pece **(**vyšší teplota)



Rekonstrukce laténské železářské pece typu Podbořany: 5 – 10 % Fe ze vsazené rudy

A – stav před tavbou: 1. plášť pece; 2. podloží; 3. dyznová cihla; 4. dmychadlo;
5. dřevěné uhlí; 6. železná ruda; 7. sláma, nebo proutí;
B – stav po tavbě: 8. zbytky paliva; 9. železná houba; 10. struska; 11. vyhořelé palivo

Raně středověké doklady zpracování železa

- **Březno u Loun** – **6. stol.:** časně slovanská osada
  - jednorázové pracoviště kočujícího (migrujícího) hutníka (vlastní ruda)
  - výhňová pec: zahloubená nístěj šachtové pece (?)
  - analogie: Hajvoron (Jižní Bug): 6. – 7. stol. n. l., nález 21 redukčních pecí s hliněnými šachtami

- **Lokality typu „Frickenhausen-Linsenhofen“** – 7. stol.: střední předhůří Švábských Alp (např. Kastleplatz)
  - cca 130 areálů, doloženy hornické šachty
  - malé šachtové pece: max. Ø nístěje 0,5 m. Ve středním předhůří
- **Tarjanpuszta** – 7./8. stol.: západní Maďarsko
  - částečně zahloubené šachtové pece: Ø 0,3 m (tzv. avarské)
  - na okraji vesnice, jejíž osidleni je doloženo (pohřebiště s 6000 pohřby)

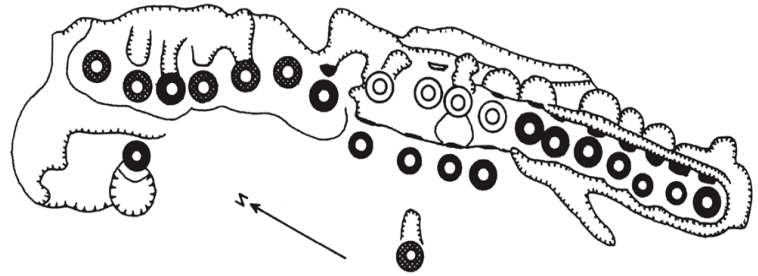
- **Jižní Rusko** – Tuva, Khakasia (jih Sibiře): tzv. avarské pece
  - 12 současných kovářských výhní a jam na paleni dřevěného uhlí

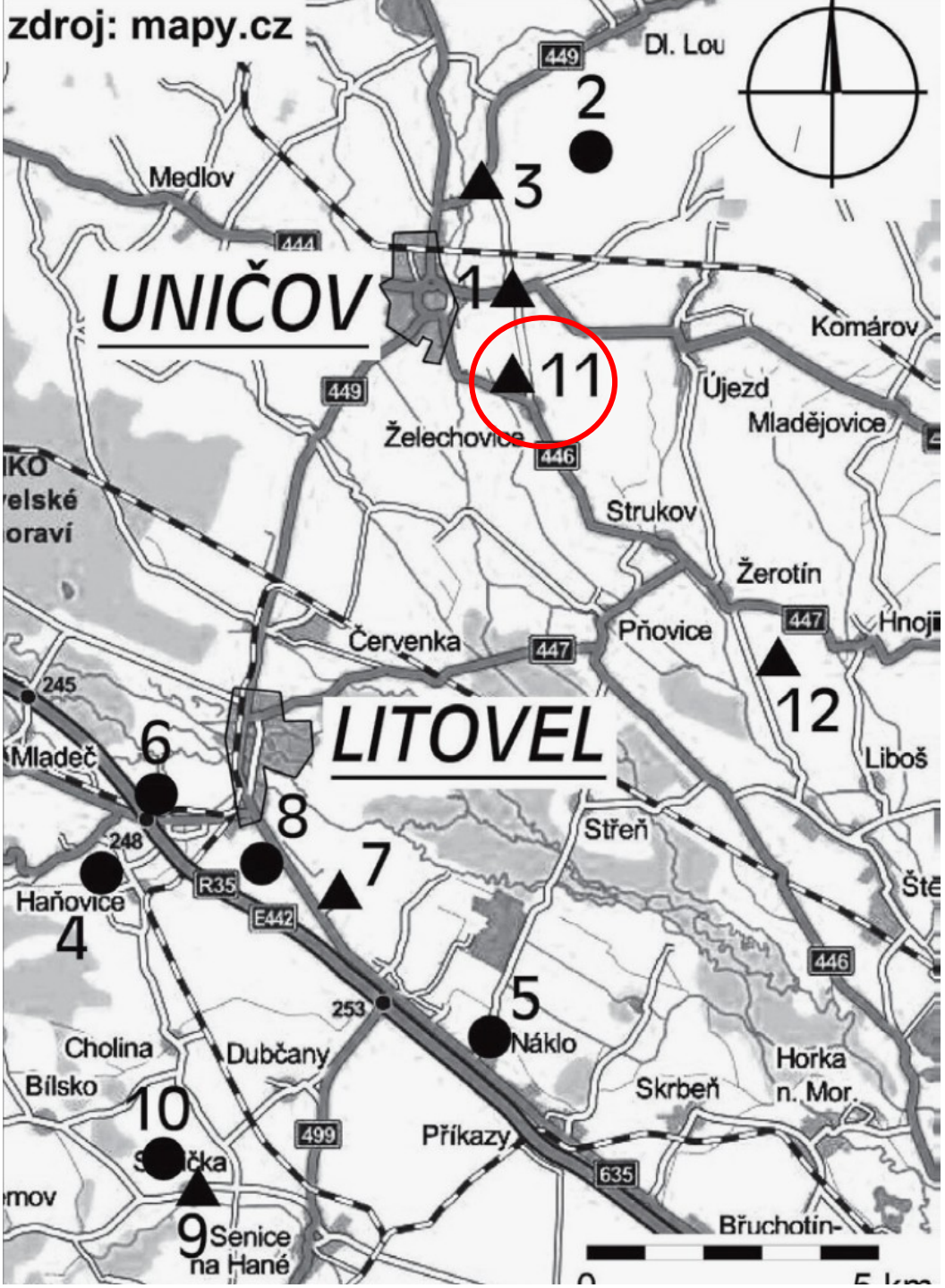
Hlavní těžební a zpracovatelské areály v českých zemích

- **1. Severní Morava** – **Litovelsko a Uničovsko:** hematity/siderity: vrbenský pruh (Úsov–Ruda–Rýmařov–Morávka–Vrbno)
  – 12 žel. areálů: Brníčko, D. Loučka, D. Sukolom, Haňovice, Náklo, Nasobůrky, Rozvadovice, Chořelice, Senička-intravilán, Senička- Podhruší, Želechovice a Žerotín

3 časové horizonty: 1. **Velkomoravský**: 8. – 9. stol.: pece **typu Želechovice**
Dol. Sukolom: 1931: K. Schirmeisen, 3 pece
2. **Mladohradištní**: 9/10. – 12. stol.: Žerotín, Dlouhá Loučka, Haňovice
3. **Středověk**: 12. – 13. stol.: šachtové pece: Rozvadovice a Brníčko

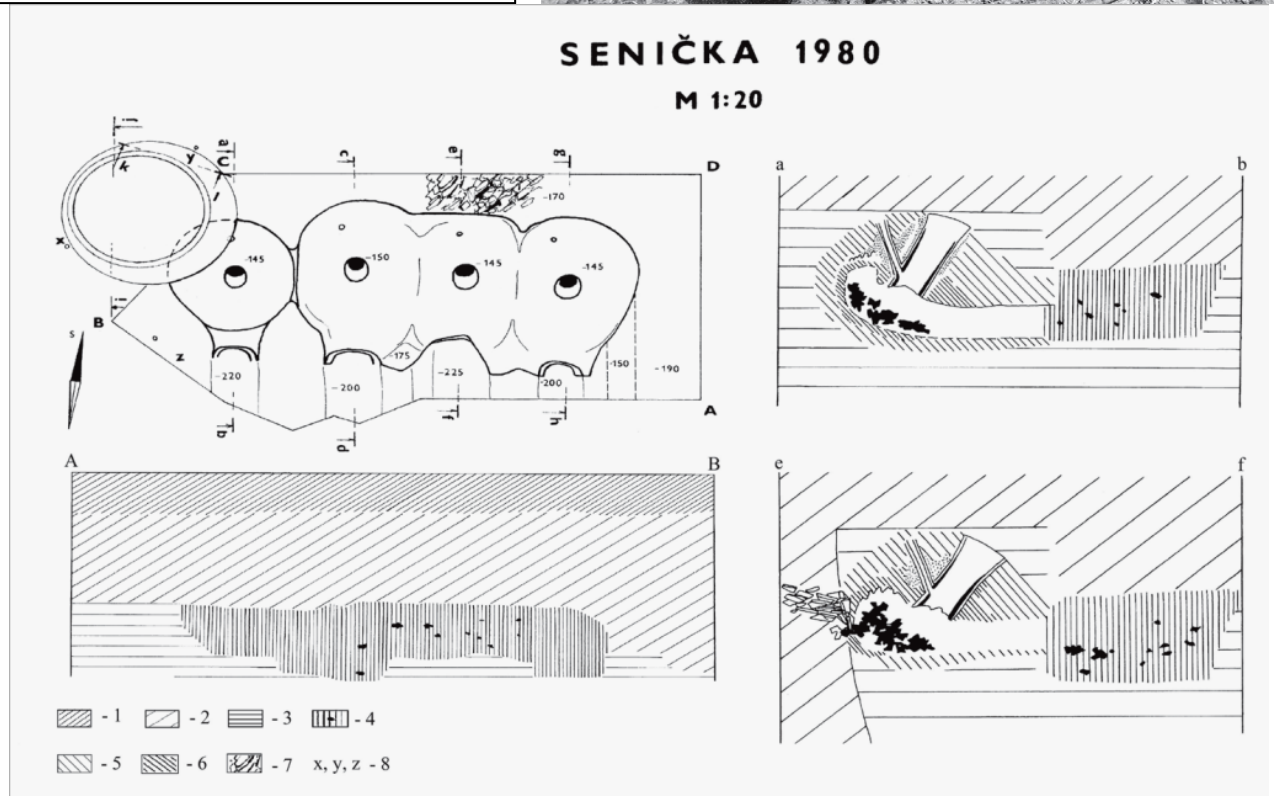
- **Želechovice** – **1078:** jmenovány v zakládací listině Klášterního Hradiska
  – **1930**: výzkum Karel Schirmeisen, revize **1950/51:** ARUB
  – baterie 24 pecí vytesaných do dvakrát zalomené sprašové lavice
  – produkce za rok: 6 – 18 tun železa
  – hematit-magnetitová ruda typu Lahn-Dill z vrbenského pásma
  – v předpecní jámě denár olomouckého knížete Oty I. Sličného (†1086/1087)



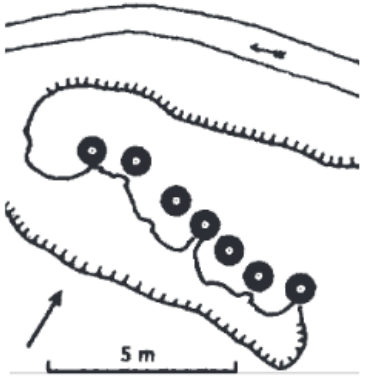


1 – Brníčko
2 – Dolní Loučka
3 – Dolní Sukolom
4 – Haňovice,
5 – Náklo
6 – Nasobůrky
7 – Rozvadovice
8 – Chořelice
9 – Senička
10 – Senička-„Podhruší“
11 – Želechovice
12 – Žerotín

▲ – lokalita s prozkoumaným výrobním objektem
● – lokalita s možnou žel. výrobou.



- **2. Moravský kras** – 16 hutí: Rudická plošina: limonity mezi Olomučany – Rudicemi – Babicemi n. Svitavou
  - další: Brněnsko, Tišnovsko
  - **2 typy:** a) s tenkou hrudí (typ Imola)
    b) nadzemní šachtová (typ Nemesker)

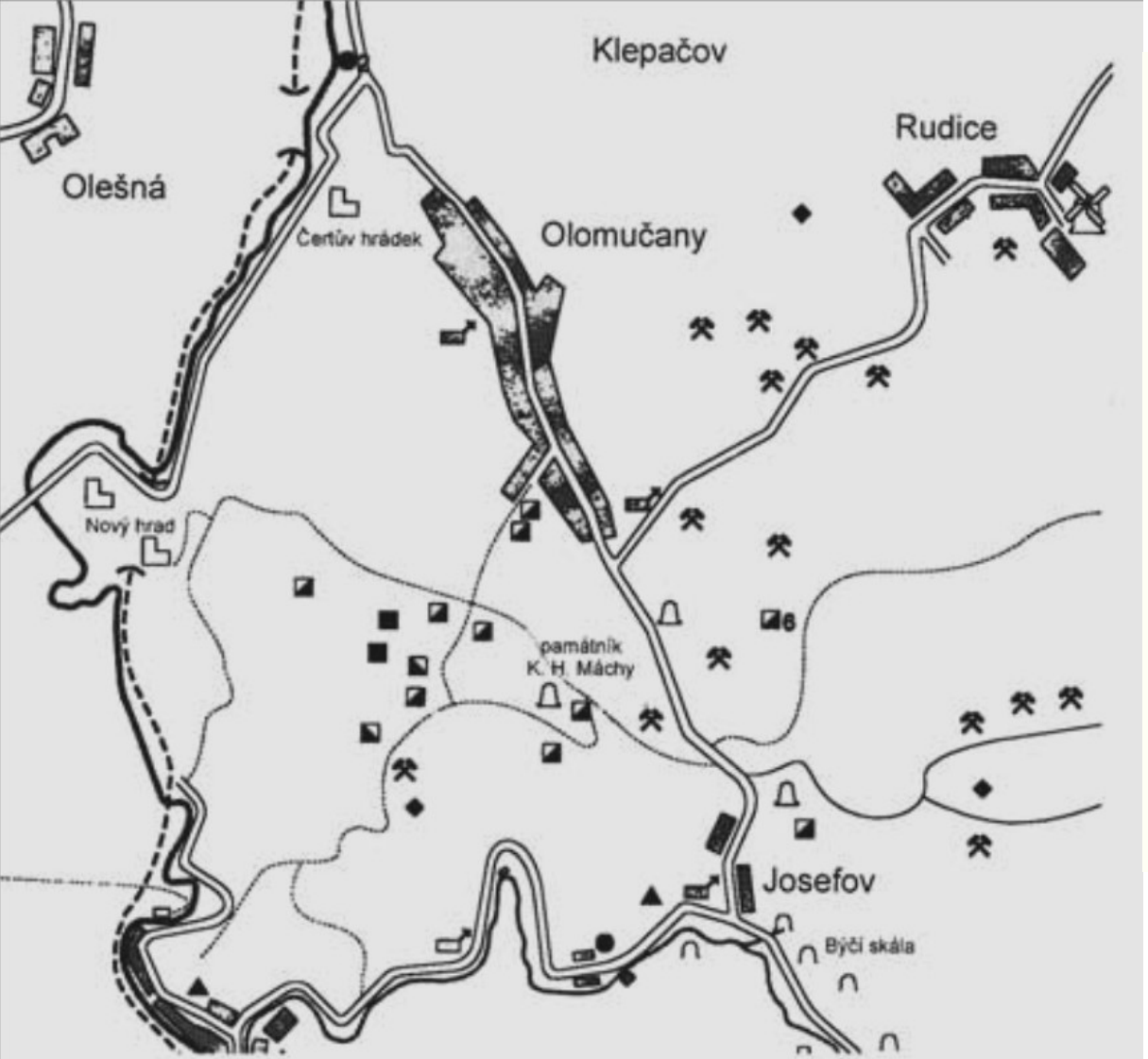


- nepřesahuje konec 11. století (nejmladší datovaný nález z Olomučan, denár Oty I. Sličného) 1089)
- analogie: Slovensko (Gemer, Zemplín)
  Maďarsko: jižně Balatonu, názvy podle lokalit (Nemesker, Imola)

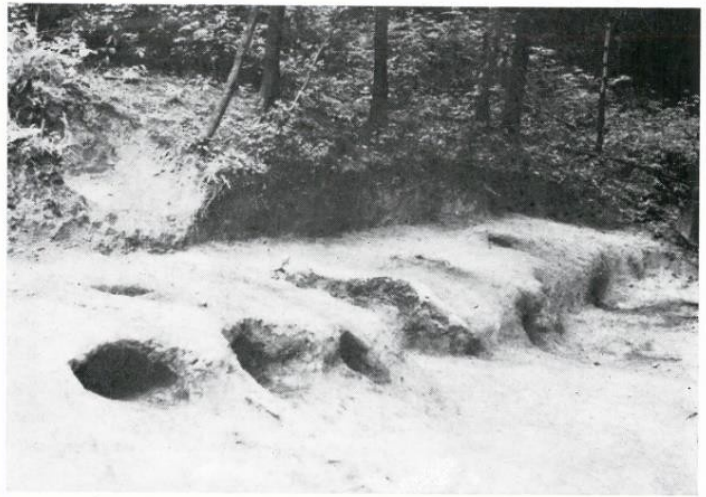
3 časové horizonty:
1. **8. – 9. stol.:** hutě mimo centra, ale pod jejich správou (Brno-Líšeň)
2. **poč. 10. stol**.: velké hutě mizí a do Krasu se vrací koncem století
3. **10. – 11. stol.:** výroba přechází do rozsahem malých hutí

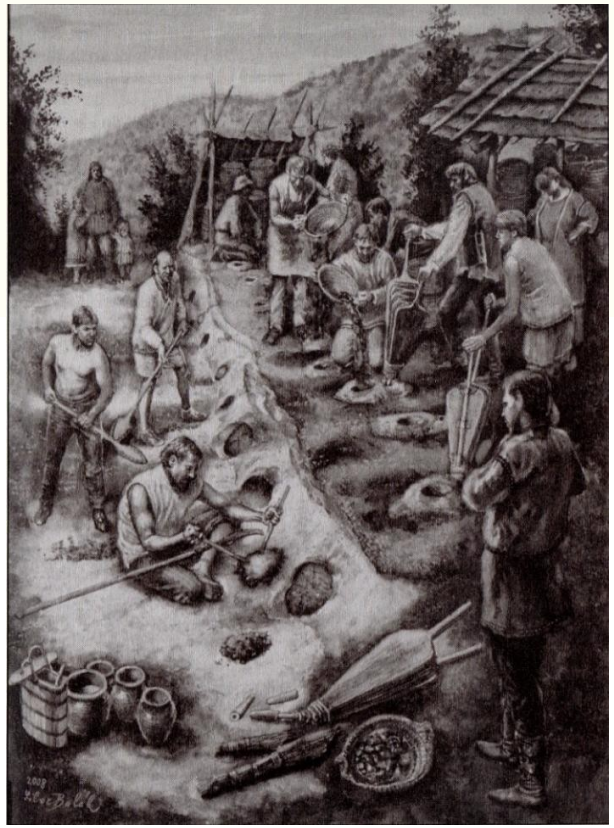
Olomoučany (Moravský Kras)

12./13. stol. – železářské hutě se přesouvaly do zemědělských sídlišť a měst (blíže spotřebiteli)

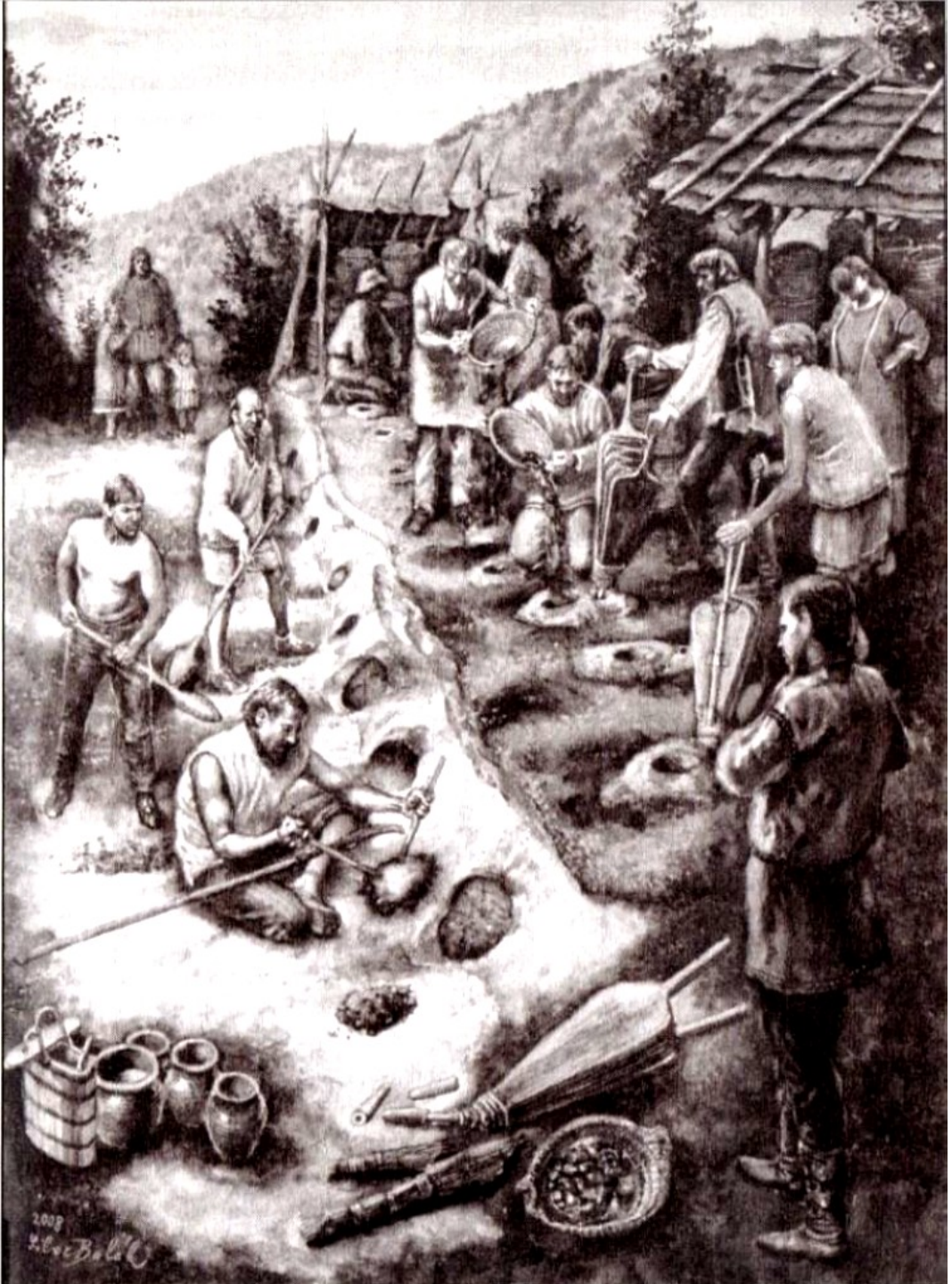


Železářské hutě ve střední části Moravského krasu





Olomučany: baterie pecí



TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ

Zveme Vás na 38. seminář industriální archeologie

ARCHEOLOGIA TECHNICA

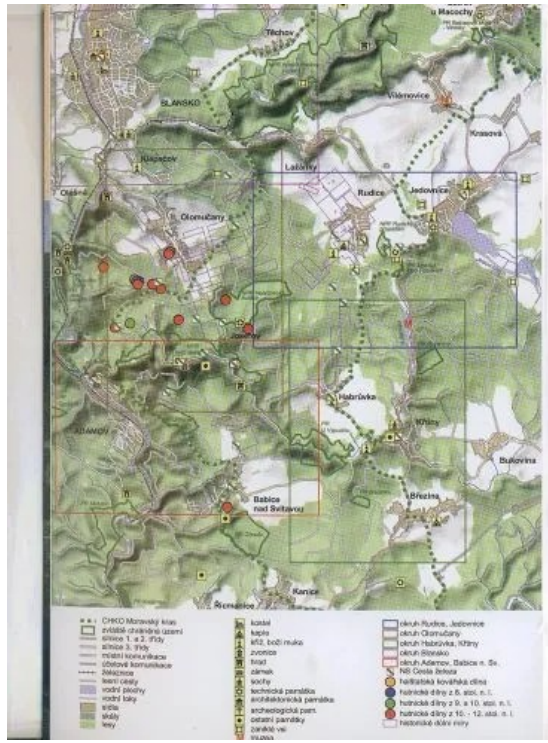
středa 10. dubna 2019 / od 9:30 hodin

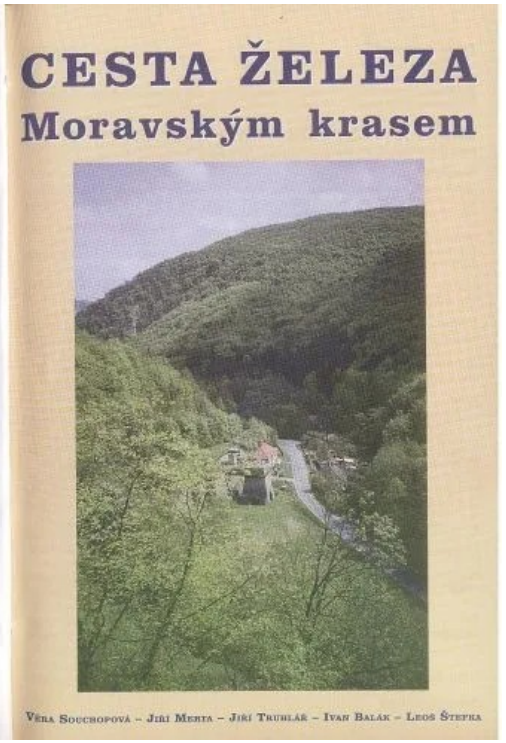
Tématem semináře je zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami, průmyslová archeologie i praktické experimenty. Zájemci o přednesení příspěvku, oznamte laskavě téma i název organizátorům do 4. dubna 2019.

Účastnický poplatek činí 100 Kč, pro studenty 50 Kč (neplatí pro přednášející).
Program semináře bude zveřejněn na adrese www.tmbrno.cz či www.starahut.com

KONTAKT: Ondřej Merta / 541 421 426 / 770 184 617 / merta@tmbrno.cz

< relikt experimentální kusové železářské pece / Stará huť u Adamova / březen 2019





Práce v železářské huti

Houba – vytavené železo

- **3. Čechy** – a) primární produkční centra mimo sídlištní aglomerace u surovinových zdrojů v rudních obvodech:

  - **barrandiensko-železnohorský:** rudy převážně hematitové, chamositové a pelosideritové
  - **krušnohorský:** ložiska hematitu, méně magnetitu; svahy Krušné Hory
    10. –12. stol.: strusky z Prunéřova
    od 14. stol.: těžba v Mezilesí
  - **jizerskohorský a krkonošský:** rudy převážně magnetitové

  časové horizonty:
  1. **9. – 10. stol.:** nejstarší doklady výhradně z Malé Strany
  2. **10. – 12. stol.**: předlokační staroměstský areál: okolí Betlémského náměstí a Anežského kláštera
  3. **13. stol.:** výroba se přesouvá mimo centrum za hradby

  – b) pracoviště v sídlištních jádrech a zázemích správních hradů (metalurgická výroba a zpracování polotovarů)

  - **střední Čechy:** Berounsko, Křivoklátsko, Rokycansko, Příbramsko
  - **pražská oblast:** lokální ložiska železných rud ve svazích pod Petřínem

Nejvýznamnější lokality s výskytem železných rud v pražské oblasti

1 - Trója, 2 - Vokovice-Červený vrch, 3 - Úvaly,
4 - Malá Strana-Úvoz, 5 - Jinočany, 6 - Nučice,
7 - Krahulov, 8 - Chýnice, 9 - Petřín, 10 - Říčany.

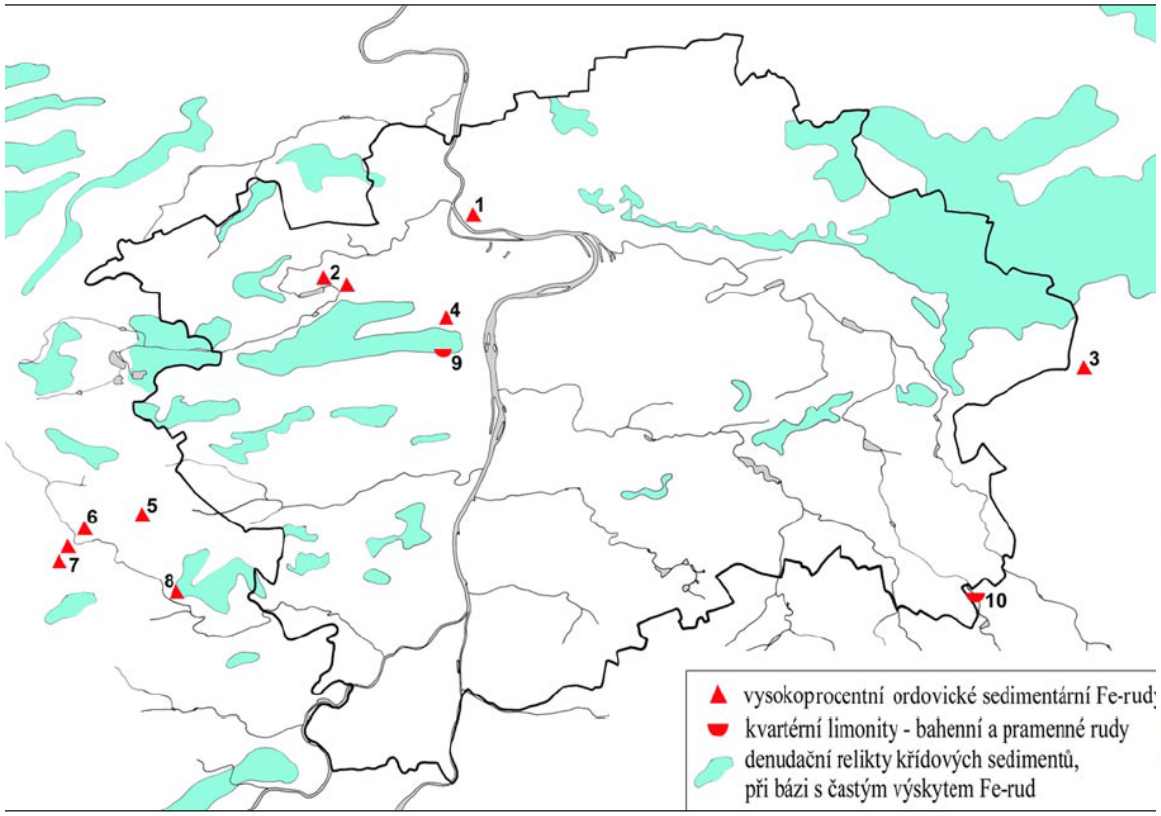
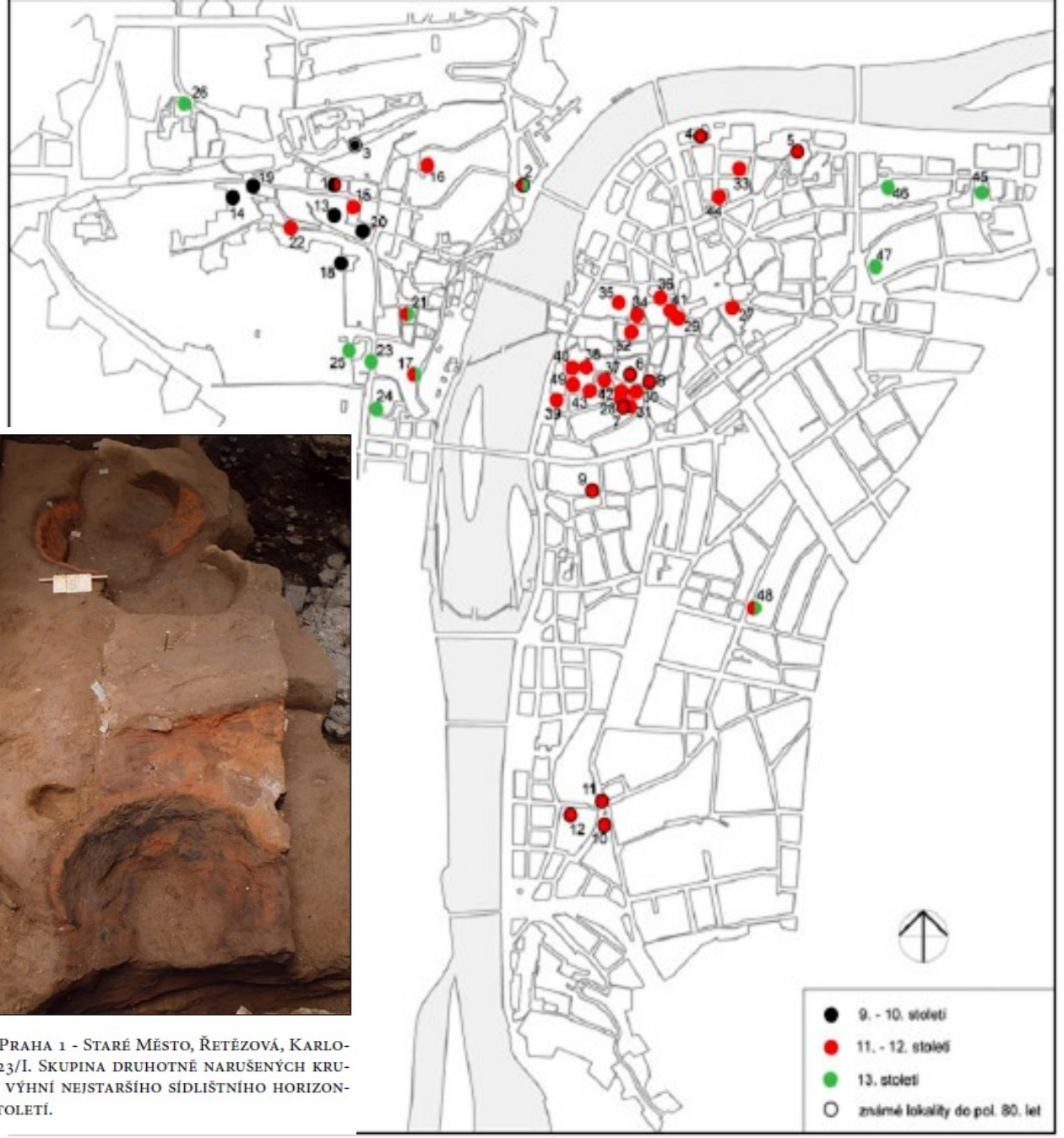
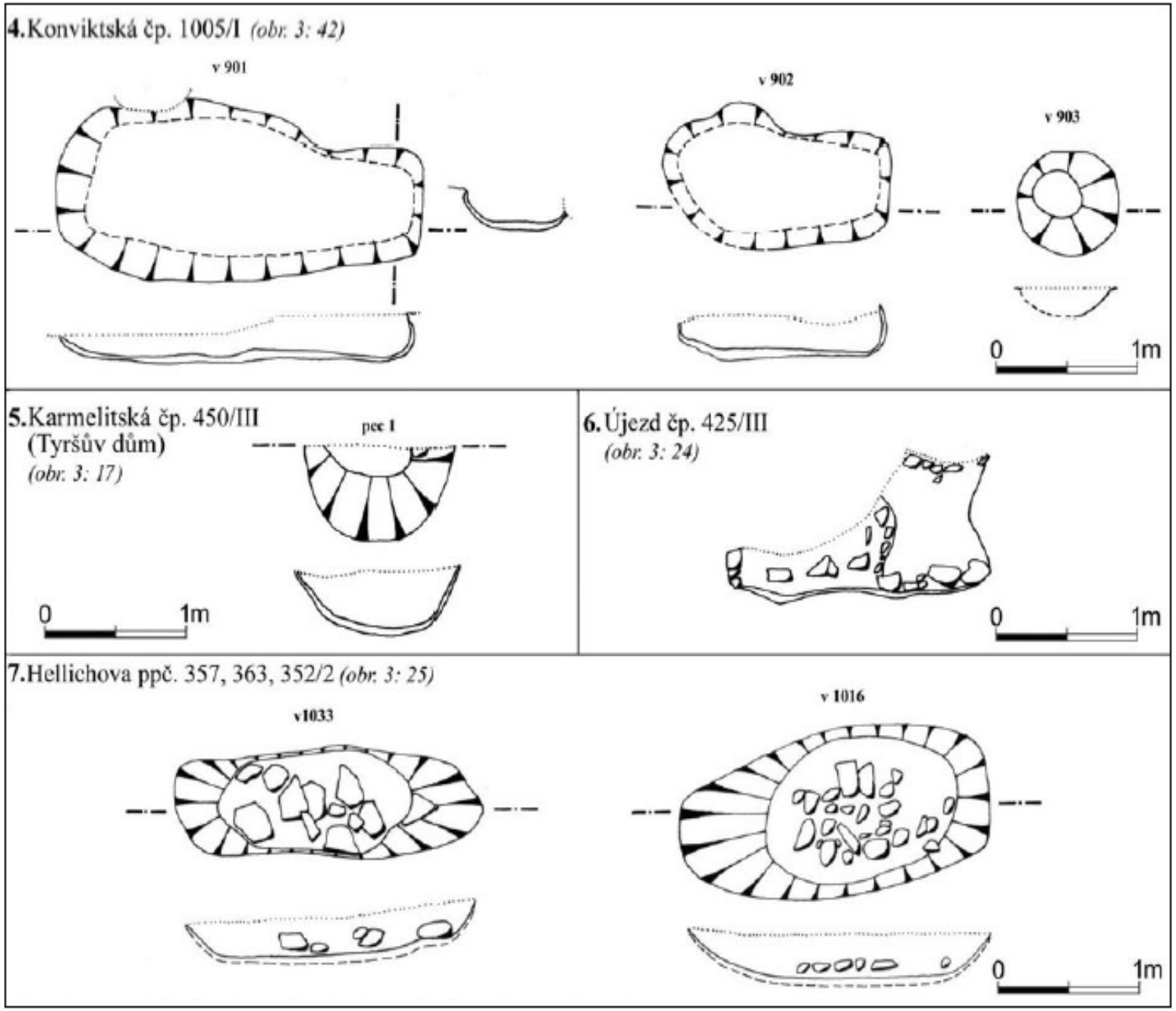


Foto 3. Praha 1 - Staré Město, Řetězová, Karlova čp. 223/I. Skupina druhotně narušených kruhových výhní nejstaršího sídlištního horizontu 11. století.



Obr. 3. Lokality s archeologickými doklady raně středověkých železářských aktivit na území historické Prahy (stav poznání od 2. poloviny 80. do konce 90. let 20. století).



Obr. 6. Typy železářských objektů z historického jádra Prahy. 4: 12. století, 5, 6, 7: 13. století.

Foto 1. Praha 1 - Staré Město, Klementinum - hospodářský dvůr, ppč. 82. Příčný řez do podloží zahloubeným výrobním objektem z 11. století.

Foto 2. Praha 1 - Staré Město, Klementinum - hospodářský dvůr, ppč. 82. Kruhová výheň z horizontu 1. pol. 12. století.

Železné (limonitické) rudy používané pražskými středověkými železáři. Praha-Nerudova ul, Karmelitská, Nebovidská.

Druhy železných rud

- **Hematit** – Fe_2O_3; 60 – 70 % Fe
  - snadno redukovatelná ruda, tmavě červené až ocelově šedé barvy
  - tmavě červené až ocelové barvy, matného nebo kovového lesku
  - hodí se k výrobě slévárenského surového železa

- **Magnetit (magnetovec)** – Fe_3O_4 nejbohatší ruda na Fe: 55 – 68 %
  - černě zbarvená, obtížně redukovatelná
  - hematit-magnetitová se tavila v Želechovicích

- **Limonit (hnědel)** – obsah v čistém stavu 59,8 až 63% Fe
  - amorfní (beztvará) hmota žluté až šedé barvy

- **Siderit (ocelek)** – $Fe(CO)_2$ žluté až šedivé zabarvení
  - obsah Fe 25 až 40 % (+ malé množství manganu a fosforu)
  - redukce není obtížná, když je předem pražena

Těžba

- **Způsoby dobývání** – v pravěku a raném středověku se železorudné suroviny pro hutnické účely získávány 2 způsoby:

1) povrchová těžba a sběr: **Pinky** – těžební jámy
– původně se těžilo na povrchu nebo mělce pod ním
– Moravský kras: okolí Rudice, Habrůvky a Olomučan
lokalita Vystrčená: kruhové jámy hl. 2 až 3 m
– po dosažení vrstvy rudy horníci dno pinku rozšiřovali do boků na vzdálenost nářadí (motyka)

2) důlní činnost – ražení hlubokých jam a štol jednoduchými železnými nástroji
– využití přírodních činitelů (ohně, vody)
– doprava vytěžené rudy na povrch (necičky, nůše, transportních vozíky)

a) svislé šachty – až 100 m hluboké o čtvercovém průřezu cca 1 x 1 m
– vyztuženy bedněním z dřevěných trámů a prken

b) šikmé chodby (úpadnice) – doprava vytěžené rudy pomocí transportních vozíků

Úprava suroviny

- Vytěžená ruda musela projít úpravou, aby se mohla redukovat (tavit) v železářských zařízeních:

- **Třídění** – odstranění nežádoucí hlušiny (hlinité a kamenité složky)
  - na místě těžby, drcení nebo zpracování

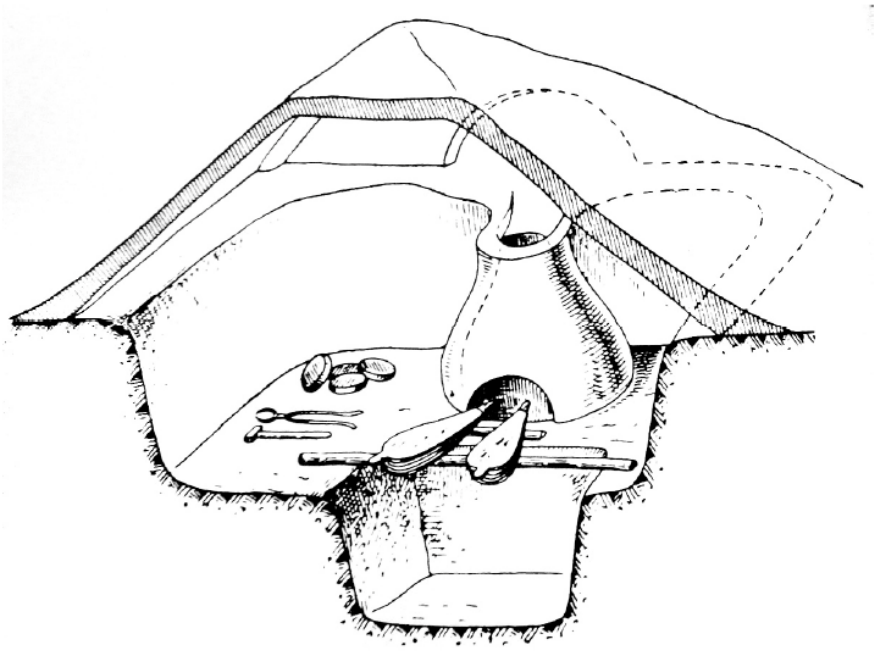
- **Drcení** – před tavbou nebo po pražení, aby ruda ztratila tvrdost
  - velikost drceného koncentrátu úměrná velikosti výrobního zařízení (od velikosti lískového ořechu)
  - někde se ruda rozemleta téměř na prach (nevhodné pro tavbu)

- **Pražení** – přípravný proces zahřívání suroviny za přístupu či nepřístupu vzduchu
  - mělo usnadnit tavbu v peci a zmenšit výrobní náklady
    a) uvolnění uhlíku a síry
    b) usnadnění redukovatelnosti (vytavení)
    c) zlepšení drtitelnosti příliš tvrdých rud

Výroba železa

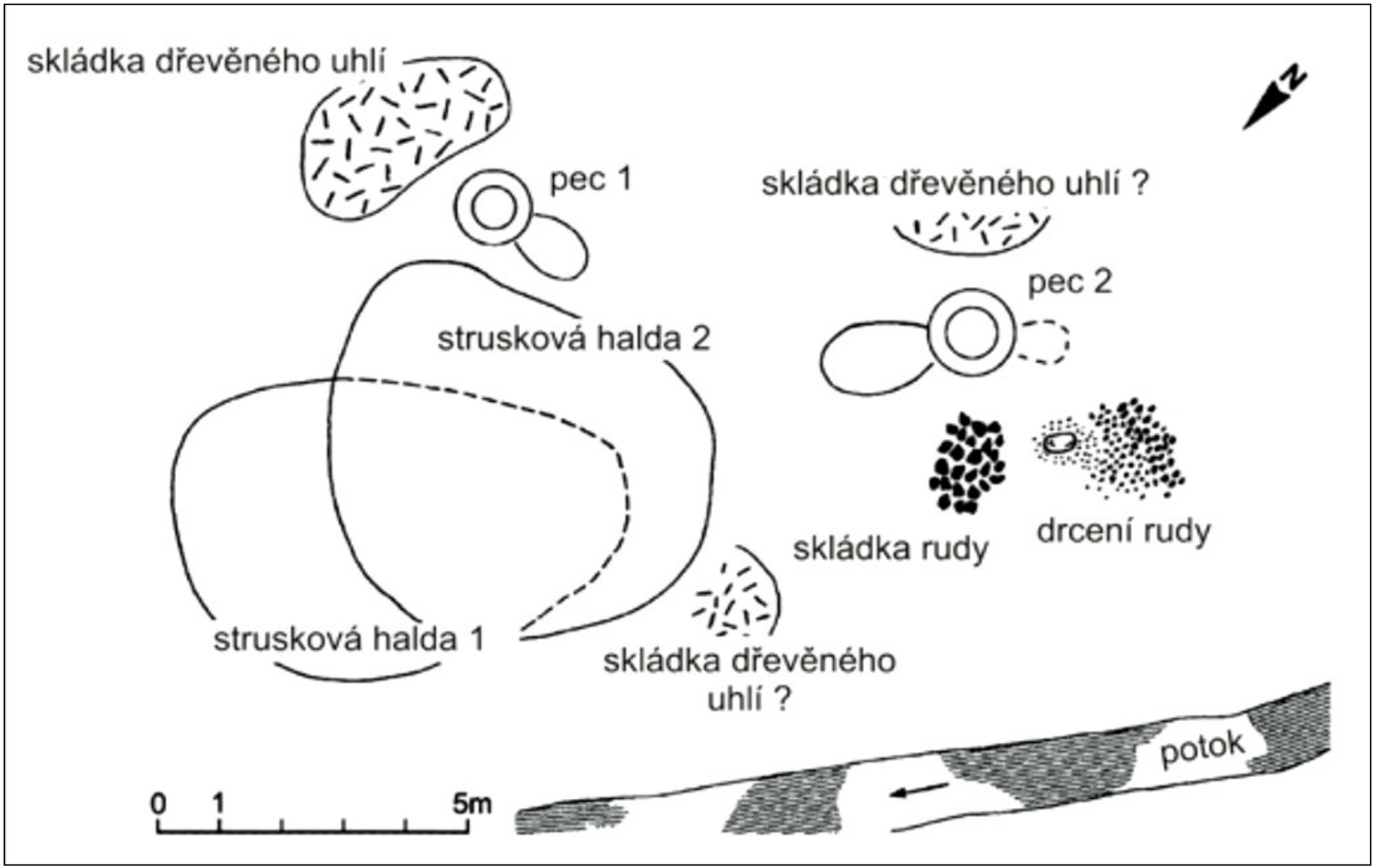
- **Příprava surovin:** **ruda** – vyčištění, vysušení a drcení (kousky 1 x 1 cm), pražení
  uhlí – vypálení dřevěného uhlí v milířích

- **Přímá výroba** – **do 16. stol.:** přímá redukce uhlíku a oxidů Fe za vzniku CO
  – hořením dřevěného uhlí vznikl oxid uhelnatý, který stoupal vsázkou a reagoval s kousky železné rudy:
  teplota u koruny šachty (kychty): cca 600 °C
  teplota při ústí dmychadla (dyzny): cca 1200–1400 °C
  bod tání železa: 1538 C
  – vlivem nižší teploty nevzniklo železo tekuté, ale kujné
  v podobě houby s vysokým obsahem uhlíku (4,5 %)
  – větší část kovu zůstala ve strusce (teplota okolo 1300ºC)



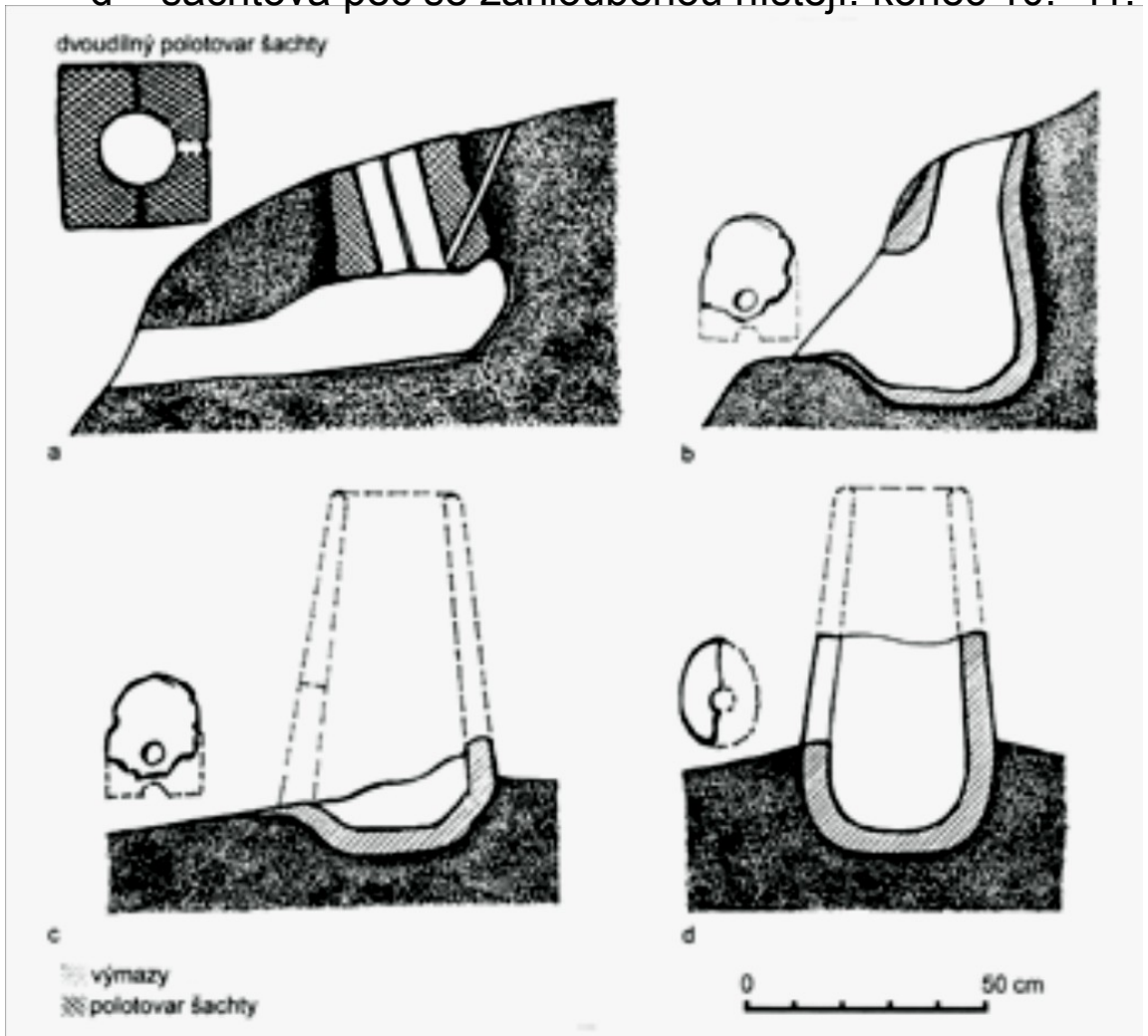
- **Nepřímá výroba** – reakce CO s oxidy Fe za vzniku CO2
  – **od 15. stol.;** železo se z rudy téměř úplně vytavilo
  – zvýšení teploty: využití měchů (vyšší zahřátí vsázky)

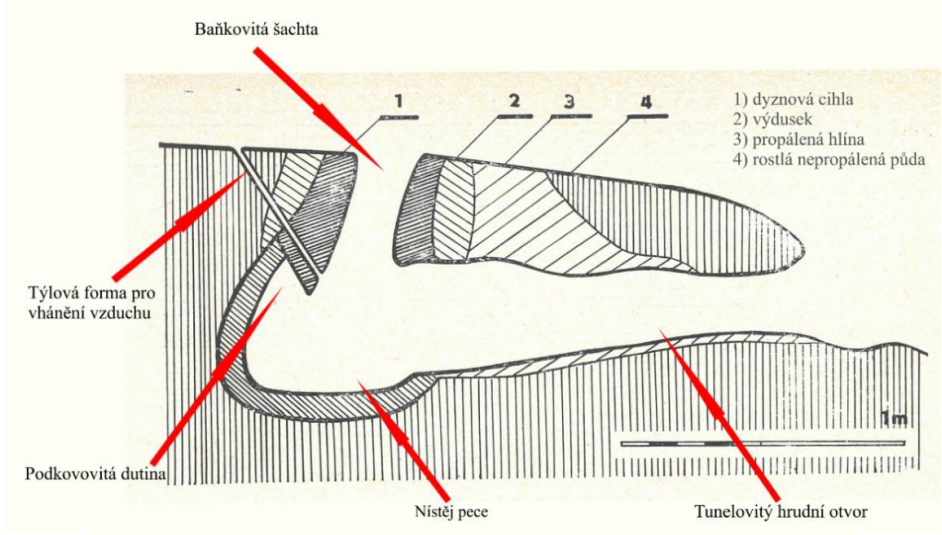
Rekonstrukce železářské hutě: příprava železné rudy – skladování rudy a dřevěného uhlí – ukládání struskového odpadu – vodní zdroj

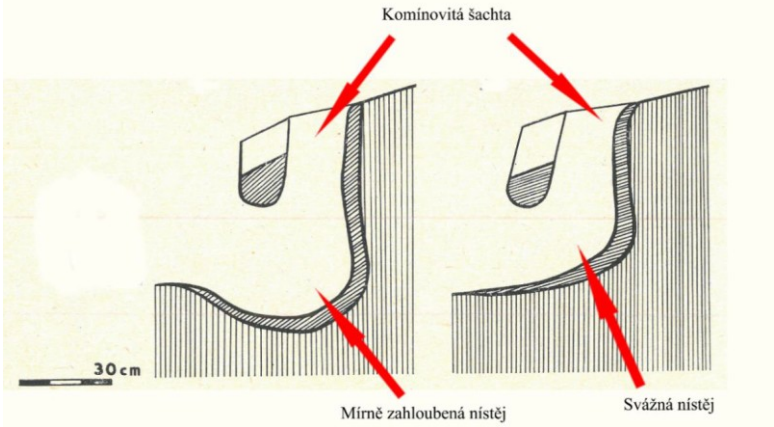


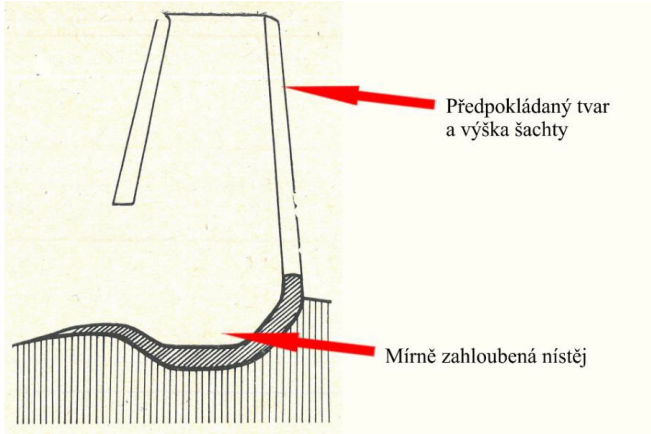
- **Základní typy raně středověkých pecí:**

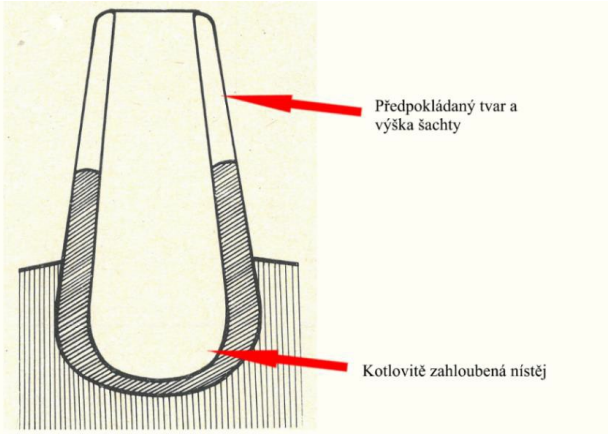
a – pec typu Želechovice: 8.– poč. 10. stol.
b – pec s tenkou hrudí: 8.– poč. 10. stol.
c – samostatná šachtová pec: konec 10.–11. stol.
d – šachtová pec se zahloubenou nístějí: konec 10.–11. stol.







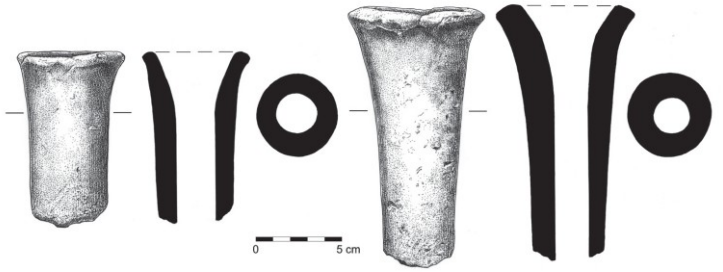




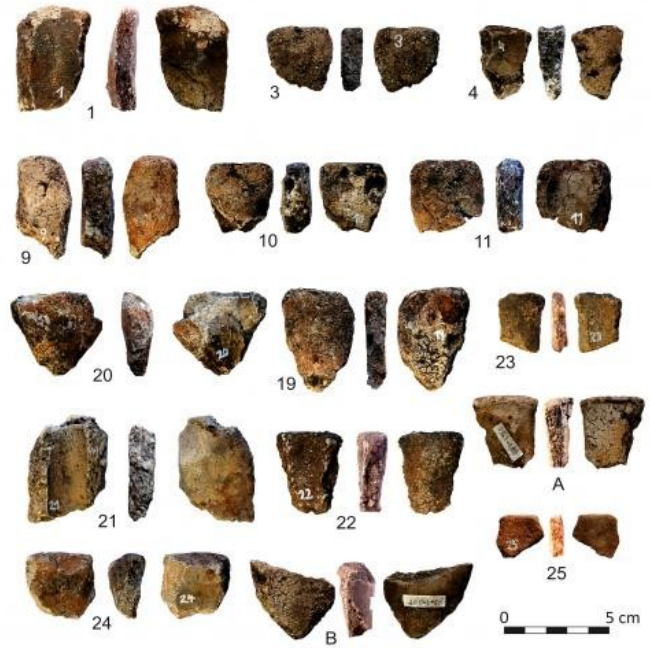
Šachtová pec, typ Nemesker
9. – 10. stol.
Rekonstrukce v expozici muzea v Šoproni
Analogie*:* Pobedim

Pece: **8. – 12. stol.:** Maďarsko, vých. Rakousko a již. Slovensko:
4 hlavní typy: 8. stol. **avarské**
9. – 10. stol.: **typ Nemesker**
2. pol. 10. stol.: Imola
11. a 12. stol.: typ Vasvár

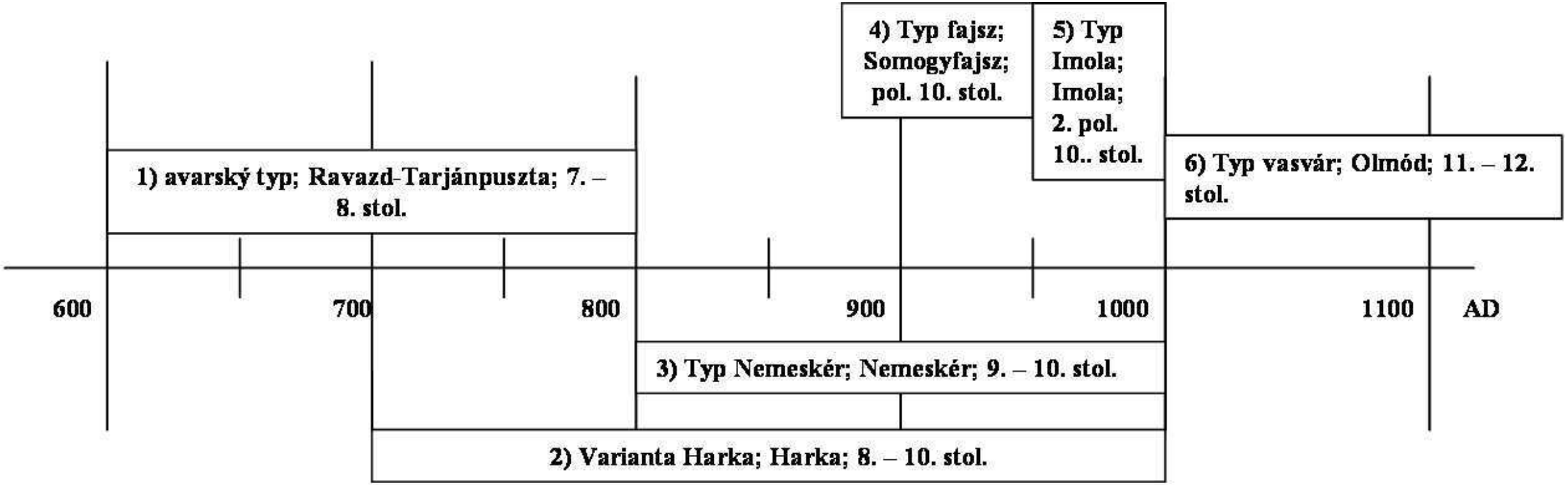
Dyzny – keramické trubice ke dmýchání vzduchu do nístějí (spodních částí) pecí, které chránily ústí měchů před žárem (hliněné naústky měchů).



Dyznové vložky – keramické trubice kónického tvaru usnadňující upevnění dyzen do stěn nístěje pecí či výhní. (zlomky nálezů)



Typy pecí – 1. **avarské**
¨ – **2. typ Nemeskér,**
– **3. typ Imola a vasvár**



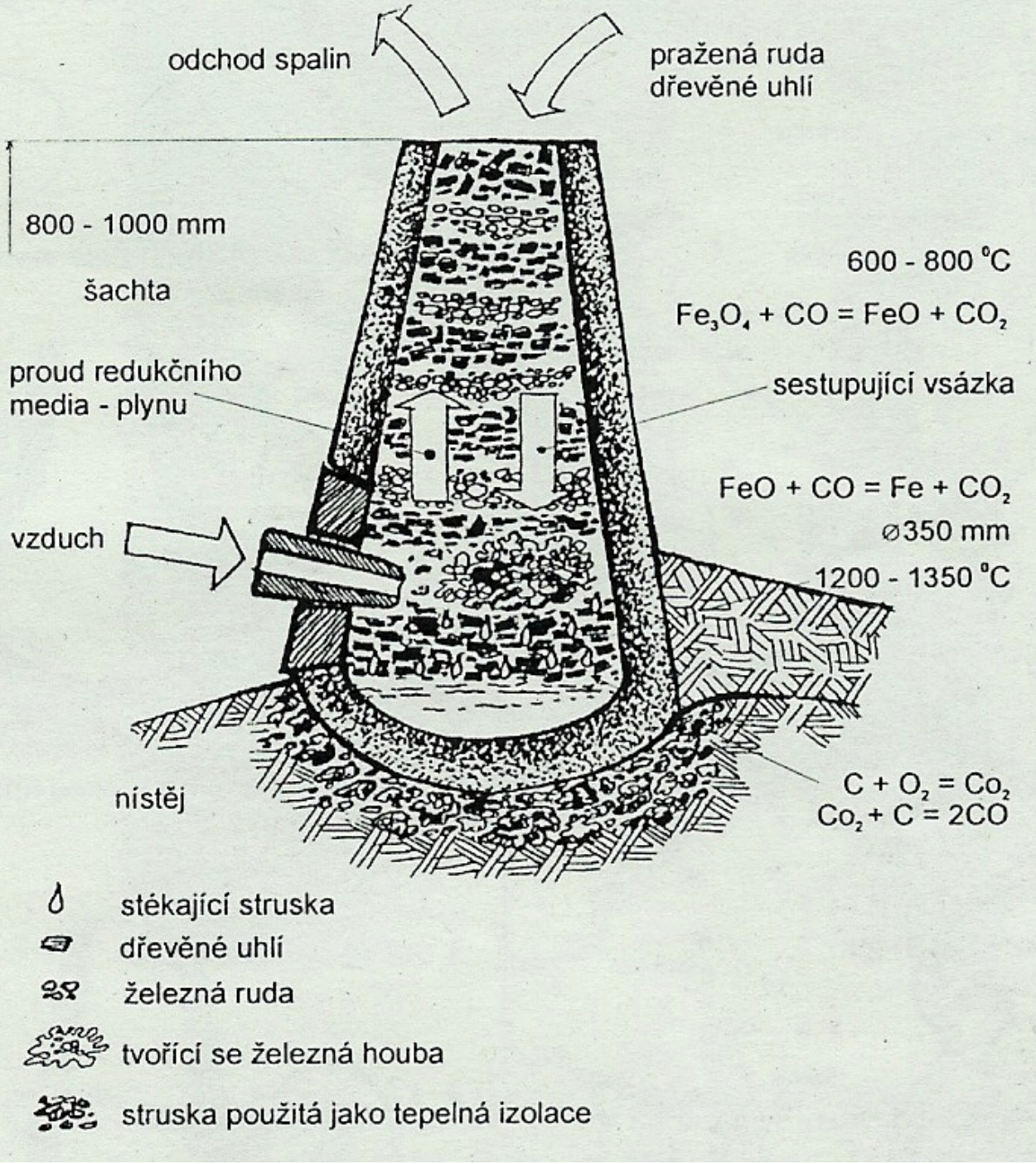
Technologie tavby

- **1. fáze: postavení a vysušení hliněného korpusu pece**
  nasypání uhlí a vhánění vzduchu

- **2. fáze: sázení (nasypání) rudy a uhlí a redukce** (tavení)
  na dně struska, která se odpustila a houbovité Fe
  Jedna vsázka – cca 20 kg železné rudy
  25 kg dřevěného uhlí
  9 kg železné houby (výtěžek 30%)

- **3. fáze: chladnutí pece**
  vyjmutí houby ze dna (kujného železa)

- **Houba** – výsledek tavby (musela se skovávat)
- **Lupa** – kovářský polotovar k expedici
- **Struska** – výrobní odpad
  6 – 30 kg železa na 100 kg strusky



- **Výsledek tavby** – **železná houba:** spečenec kovu, strusky a zbytků paliva
  – polotovar se musel kladivy skovávat, aby se odstranila nežádoucí struska a zbytky paliva
  – různá kvalita vytavení

houba

– **železná lupa:** polotovar, z něhož kováři sekerkami odsekávali kusy kovu a ve výhni je kladivy formovali (nářadí, zbraně aj.): 0,5 a 1,5 kg

lupa

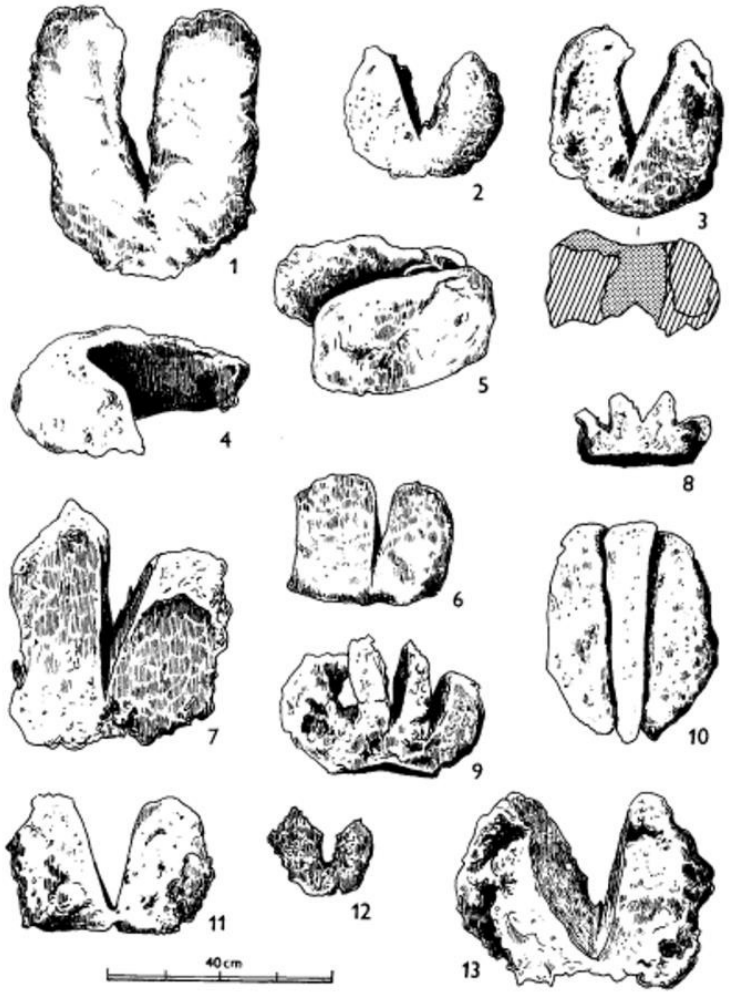
naseknuté lupy: z železářské hutě u Olomučan, hradisek Staré zámky u Líšně, Klášťova, Mikulčic, Pouzdřan, slovenské Hodruše aj.

polovina lupy

– **distribuce do velkomoravských center:** celé i poloviny

Naseknuté lupy – **železné polotovary**

– **výskyt:** od Kazachstánu, přes Bulharsko, Rumunsko, střední a severní Evropu (Norsko a everní pobřeží Španělska



1) Rumunsko - 1. stol. n. l. (9 kg)
2) Olomučany - 9. stol. n. l. (2,45 kg)
3) Polsko - 12.–13. stol. n. l. (2,2 kg)
4) Ukrajina - raný středověk (4,9 kg)
5) Rusko - 13. stol. n. l. (4 kg)
6) Kazachstán - 13. stol. n. l.
7) Norsko - raný středověk (12,45 kg)
8) Norsko - 9. stol. n. l. (0,6 kg)
9) Švédsko - raný středověk (5,22 kg)
10) Švédsko - raný středověk
11) Norsko - (2,9 kg)
12) Švédsko - 14.–15. stol. n. l. (0,4 kg)
13) Norsko - raný středověk (10 kg)

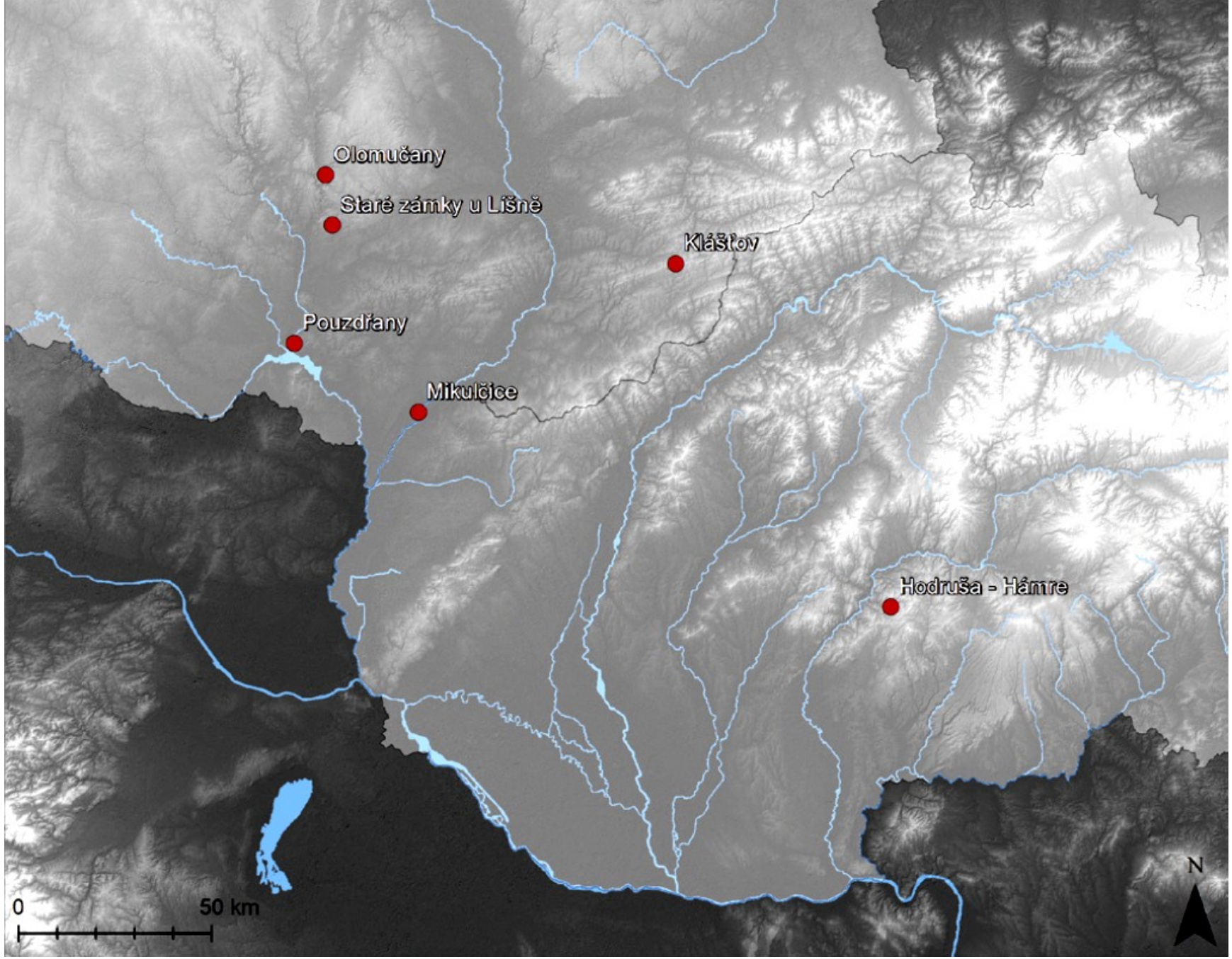
Olomučany

Staré zámky

Mikulčice

Lokalita	Hmotnost (g)	Rozměr (cm)	Úhel naseknutí	Hustota g/cm³	Místo nálezu	Uložení	Poznámka
Olomučany 3	602 g	10,5 × 6,5 × 5	X	4,3 g/cm³	les – blízkost huti	Technické muzeum v Brně	polovina; inv. č.: 03.01-223
Olomučany 4	414 g	10 × 5,5 × 4,5	X	4,8 g/cm³	les – blízkost huti	Technické muzeum v Brně	polovina; inv. č.: 03.01-224
Olomučany 5	281 g	8 × 4,5 × 4,5	X	3,6 g/cm³	les – blízkost huti	Technické muzeum v Brně	polovina; inv. č.: 03.01-225
Staré zámky u Líšně 2	1765 g	15 × 9,5 ×7	X	3,92 g/cm³	hradisko	ÚAPP v Brně	polovina; inv. č.: 72/18-101/37
Staré zámky u Líšně 3	847g	12,5 × 6,5 × 5,5	X	3,85 g/cm³	hradisko	Archeologický ústav AV ČR v Brně, v. v. i.	polovina, 1953, čtverec B-I, vrstva c
Mikulčice 3	1244 g	13,5 × 11,5 × 7,8 cm	X	X	hradisko	Archeologický ústav AV ČR v Brně, v. v. i.	zlomek 594-342/72 Inv. č. 342/72; K 817/72 K 1972-75 Čtv. -14/-10
Mikulčice 4	930 g	11,5 × 5,6 × 7,4 cm	X	X	hradisko	Archeologický ústav AV ČR v Brně, v. v. i.	polovina; S1404
Mikulčice 5	642 g	11 × 6 × 5,5 cm	X	X	hradisko	Archeologický ústav AV ČR v Brně, v. v. i.	polovina; T 1563/75, 594-3186/75 T 1975-76 (Kostelec) Čtv. 88, hl. 35-50 cm

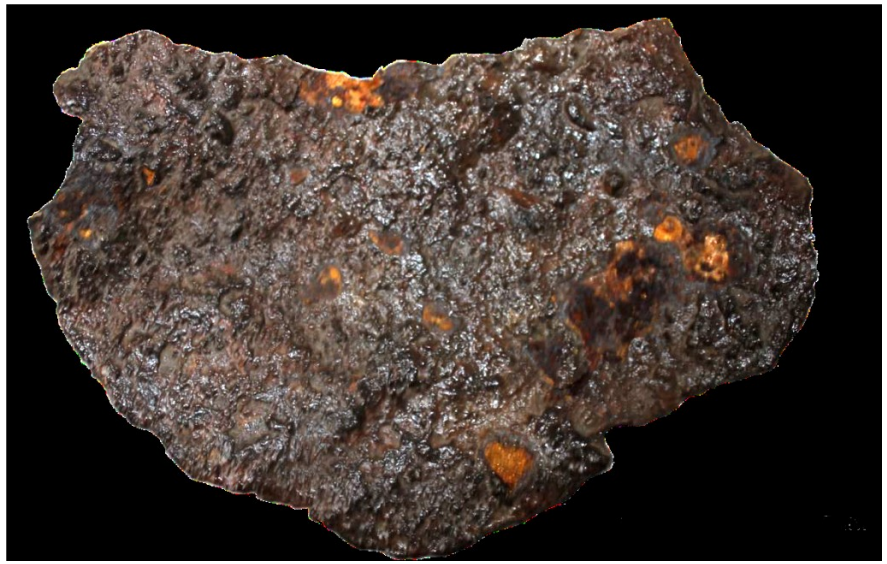
tzv. prstovité lupy: ze Skandinávie



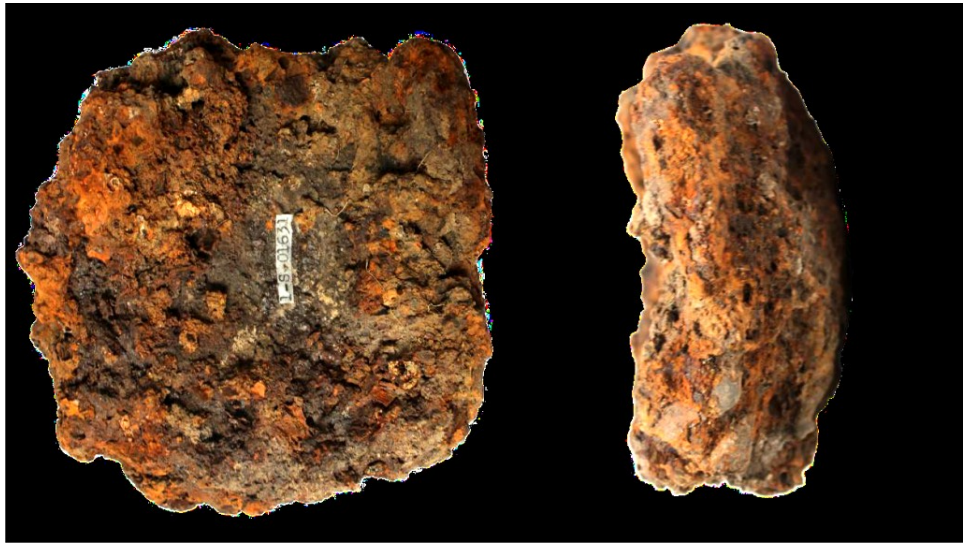
Lokalizace míst nálezů železářských naseknutých lup (Merta 2019; Michal Hlavica).

- **Odpad: struska:** 8. – 9. stol.: oblast **Markisches Sauerland** (Ň) 60 – 70 tun strusky
  1100 prozkoumaných hald: průměr 10 až 12 m, v. 0,6 - 0,7 m
  3960 – 19800 t železa na 66 000 t strusky

- **8. – 9. stol.: Olomučany:** 15 pecí 1620 – 2700 t strusky
  Želechovice: 25 pecí 6 – 7 t/rok 1400 t strusky
- **9. stol:** velkomoravská centra: pouze kovářské dílny: **Břeclav-Pohansko** (výheň z 9. stol.)
- **1/3 9. stol.: Sliač – Horná Zem** hutnická a kovářská dílna – opracovaný kámen: kovadlina
  – sekerovité hřivny: železné pruty



Strusky



- **Slovanské depoty železných předmětů:** hromadné nálezy různého obsahu

  a) **zemědělské nářadí:** radlice, motyky, srpy, kosy (6/7. stol: Lety u Dobřichovic)

  b) **bojovnická výstroj:** depot z Plužné: dvě sekery, kopí, udidlo, železný hrot

  c) **misky slezského typu**: v depotech od 7. stol. či 7/8. stol. s jinými předměty (většina z konce 8. a 9. stol.)

  většinou na hradištích, v Čechách méně než na Moravě a ve Slezsku

- **Morava – 2 skupiny:** 1. předvelkomoravské: 7. – 9/10. stol.

  2. velkomoravské: 2/3 9. – poč. 10. stol. (Vysoké Pole: z vrchu Klášťova 11 depotů, 753 m. n. m.)

  ukládány více na hradištích

  – N. Profantová: vyšší výskyt vysvětluje blízkostí Podunají, větší produkcí železa a směnou

- **Čechy** – od konce 8. stol. a převážně v 9. stol.
- **Slovensko** – hradisko Valy u Bojné v Považí (Bojná I): 5 depotů, kolem další hradiska

Bartošková, A., 1986: Slovanské depoty železných předmětů v Československu. Studie AÚ ČSAV XVIII/2, Praha.

- **Kovařské výhně** – sloužily ke zpracování čerstvě vyjmutého železa z pece
  - zpracování lupy do forem polotovarů
  - výroba předmětů

- **Kováři** – zpracovávali hutnické produkty, vyráběli a opravovali nářadí

  - **zbrojíři:** výroba militarií (zbraní)
  - **pasíři:** kovové součásti opasků (hrad Cvilín)
  - **kovolitci:** tavení barevných kovů: dílny: Olomouc – Povel (8. st.)
    Dolním nám. (12. stol.)
  - **klenotníci:** výroba šperků a ozdob (drahé kameny)

Kovářské nástroje

Literatura

- **HRUBÝ, J.,** 2007: Středověké železářství ve střední Evropě. !n: Tradice a současnost železářské výroby 5. materiály z konference konané v Muzeu Dr. Bohuslava Horáka v Rokycanech ve dnech 3. – 5. 10. 2007, Muzeum Dr. B. Horáka, Rokycany 65–91.
- **PLEINER, R.,** 1954: Slovanská soustava železářských pecí v Želechovicích u Uničova – Système slave de fours sidérurgiques à Želechovice (Jélékhovitsé) en Moravie, AR VI, 196–209.
- 1955: Výroba železa ve Slovanské huti u Želechovic na Uničovsku. Rozpravy ČSAV 65, řada SV 6. Praha.
- 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích. Monumenta archaeologica VI. Praha.
- 1969: Experimental smelting of steel in early medieval furnaces, PA LX, 458–487.
- 1984: Hutnictví železa v českých zemích a na Slovensku v době předfeudální a raně feudální. In: Pruš, J., Dějiny hutnictví železa v Československu 1, 11–58. Praha.
- 2000: Iron in archaeology. The European bloomery smelters. Praha.
- **SOUCHOPOVÁ, V.,** 1969: Stopy železářské výroby z rané doby středověké v Olomučanech a na Blanensku. In: Sborník Okresního vlastivědného musea v Blansku I, 41–46. Blansko.
- 1980: Objev hutnických dílen z 8. století n. l. na Olomučansku (okr. Blansko). In: Sborník Okresního muzea v Blansku XII, 47–52. Blansko.
- 1986: Hutnictví železa v 8.–11. století na západní Moravě. Studie AÚ ČSAV XIII/1. Brno.
- 1995: Počátky západoslovanského hutnictví železa ve světle pramenů z Moravy – The Beginnings of the Metallurgy of Iron among Western Slavs in the Light of Sources from Moravia. Studie ARÚ AV ČR XV/1. Brno.

Výroba dřevěného uhlí

Uhelná jáma, Agricola 1540.

Druhy dřeva: poměr rudy ke dřevu ve vsázce: 15 : 1

- Tarjanpuszta (západní Maďarsko): dub
  Metzingenu-Kurleshau: smrk
- Slovensko: buk a jedle (Varin)
  smrk (Spišská Nova Ves)
- převládající druhy: smrk, buk a javor

Milíř, Schwarzer Bergbuch, 16. stol.

Výroba dřevěného uhlí

- Uhlí si hutníci vyráběli sami:

  pyrolýza: pálení dřevěného uhlí

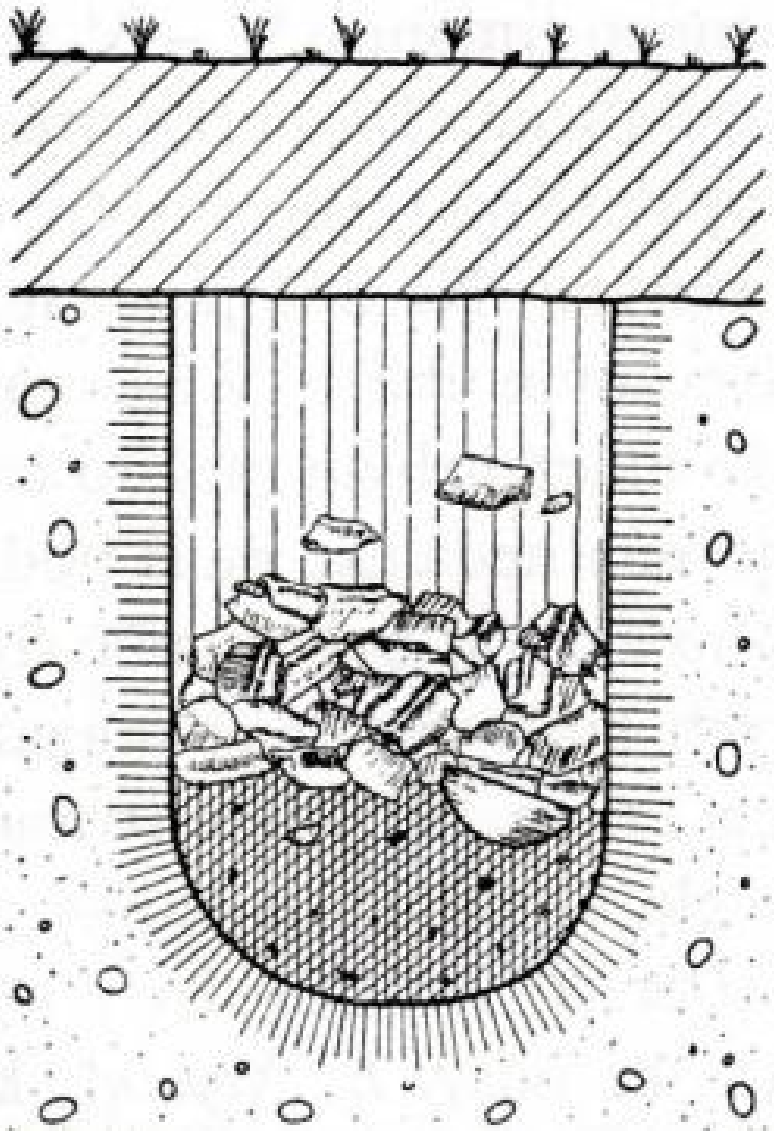
- **1. Uhelné jamy**:
  - zahloubená válcová jáma (hl. cca 1 m) se zaplnila tvrdým dřevem z listnatých stromů (pařezy, polena)
  - po zapálení byl horní otvor utěsněn zeminou
  - proces zuhelnatění se reguloval skrze několik otvorů v horní izolační vrstvě

    270 C: omezení přístupu vzduchu

    300 C: vzniká až 75% produktu

    350 až 400 C: vzniká jen malé množství

- Od středověku a v novověku se využívaly **milíře**.



jáma v Arraské ulici v Praze-Bubenči

„Král“ – zápalný komín v centru milíře

1

2

3

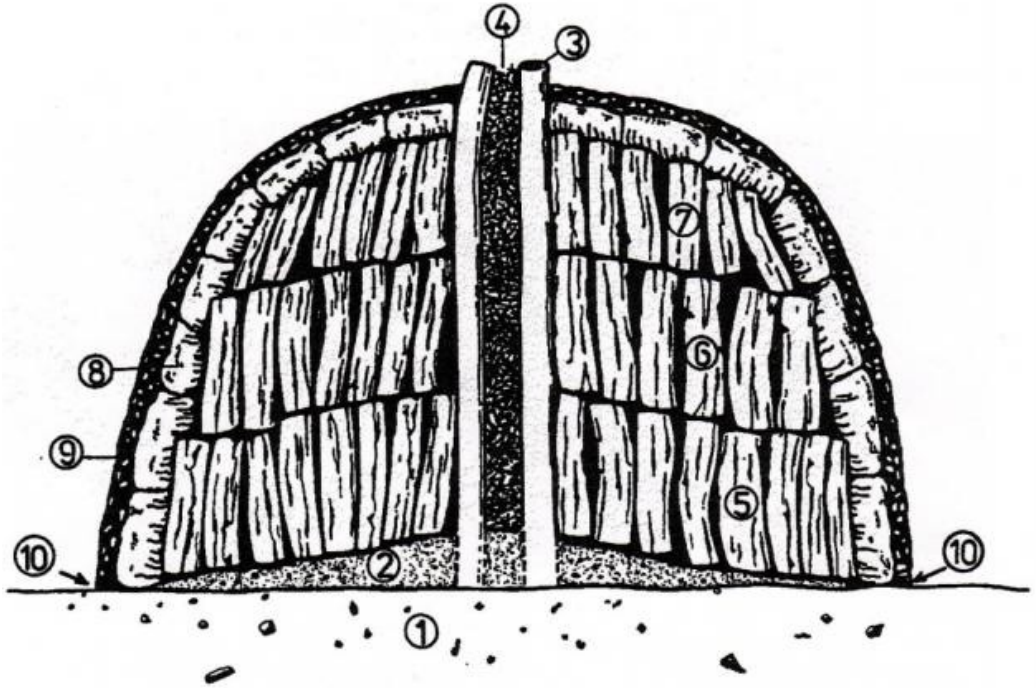
4

- **2. Milíře** – objekty ze svisle naskládaných polen kolem středového kůlu pokrytého vrstvou drnů a mazanice (pálené hlíny)
  - **základní typy:**

a) **německý** – polena svisle naskládána kolem středového kůlu (nazván „král či knot“ obložený klestím)
povrch: izolační vrstva z drnů, hlíny a mouru;
zapaloval se shora

b) **slovanský** – podobný, ale „krále“ tvořily dvě polena zaražená do země do výšky první vrstvy polen; zapaloval se zespodu zápalným kanálem (vytažené poleno)

c) **alpský** – paprskovitě příčně vrstvená polena s „králem“ ze tří tyčí; zapálení zespoda i z hora (vsypáním uhlíků)



1. rovná plošina
2. kuželovitá hlinitá podstava;
3. tyče vytvářející „krále“
4. snadno hořlavá vyplň „krále“
5. vrstvy polen
8. drnový kryt
9. kryt z hlíny a mouru
10. spodní vzduchové kanálky

Experimentální výpaly

- **Doba zuhelnatění milířů:** u menších (2 - 4 m) – 3 až 7 dnů
  u větších (5 - 10 m) – 8 až 15 dnů

- 2000-7: Středisko experimentální archeologie **Villa Nova v Uhřínově:**
  - **dřevo:** 5 m^3, 12 hodin
  - **uhlí:** 1,5 m^3, 240 kg (tj. 30 %)

- 2007: **Lhota u Kladna** (V. Matoušek)
  - **dřevo:** d. 40–45 cm (2,5 m^3 dubu, 2,5 m^3 buku); půl roku staré
  - **drny:** 2 m^3, jíl: 2,5 m^3, drobný štěrk: 1 m^3
  - **uhlí:** 1,5q (zlomky 20–30 cm) + 0,5q drobného uhlí ze středu

- 2009: **Stará huť u Adamova** (Technické muzeum Brno, Archaia, Muzeum Planá
  - **dřevo:** 6,8 m^3
  - **obvod milíře:** 11,9 m; výška: 1,5 m
  - **doba výpalu:** 10 dní
  - **uhlí:** 2 m^3 (výtěžnost 30 %)