

Věra Souchopová

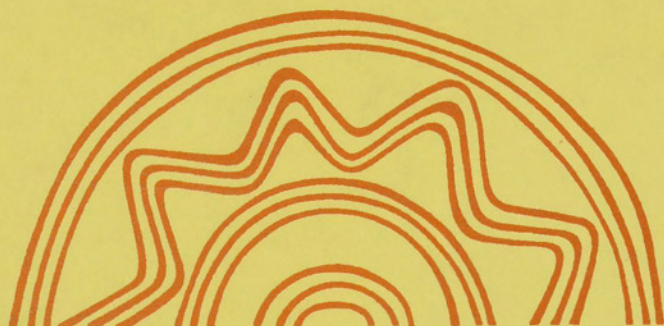
**Počátky západoslovanského
hutnictví železa ve světle
pramenů z Moravy**

STUDIE ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU

AKADEMIE VĚD ČR V BRNĚ

ROČNÍK XV

1



STUDIE ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY V BRNĚ

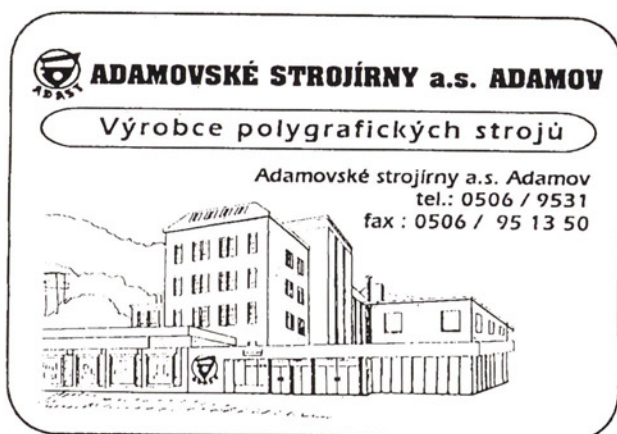
Studie Archeologického ústavu AV ČR v Brně navazují na řadu Studií Archeologického ústavu ČSAV v Brně. Jsou zaměřeny monotematicky na různé problémy pravěkého až raně středověkého osídlení Moravy a Slezska. Každý svazek obsahuje kresebnou a fotografickou dokumentaci, mapky, plány a cizojazyčné resumé, pokud práce není vydávána celá v některém světovém jazyku.

Na vydání tohoto svazku se sponzorsky podílelo

TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ

a

ADAMOVSKÉ STROJÍRNY a.s. ADAMOV



Odpovědný redaktor: PhDr. Jaroslav Tejral, DrSc.,
ředitel Archeologického ústavu AV ČR v Brně

Redakce: PhDr. D. Jelínková, CSc., A. Del Maschio, B. Prudký

Adresa redakce: Archeologický ústav AV ČR v Brně,
612 00 Brno, Královopolská 147

Zkratka knižní řady: StAÚ Brno

Věra Souchopová

**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**

Věnováno mamince.

STUDIE ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU
AKADEMIE VĚD ČR V BRNĚ

ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY V BRNĚ
BRNO 1995

Ročník XV, sv. 1

Rukopis odevzdán 1. 3. 1995

ODPOVĚDNÝ REDAKTOR

PhDr. Jaroslav Tejral, DrSc.

RECENZOVAL

prof. PhDr. Radomír Pleiner, DrSc.

Copyright © 1995 by Archeologický ústav AV ČR Brno

ISSN 1211 - 1457

Předmluva

Cílem této studie je přispět k objasnění původu železářství u západoslovanských populací, vyhodnotit objevená výrobní zařízení a případně se pokusit sledovat jejich genesi. Tématickým východiskem byly poznatky z výzkumů hutnických železářských dílen ve střední části Moravského krasu, publikované ve studii *"Hutnictví železa v 8. - 11. století na západní Moravě"* (Souchopová 1986), neboť na tomto archeologickém materiálu bylo možné prokázat trend vývoje hutnictví železa v uvedeném období, tedy v době vzniku, rozvoje i zániku Říše velkomoravské. Možnosti sledovat vývoj v místě a v kontinuitě usnadnily interpretaci jednotlivých nálezů i jejich začlenění do kontextu slovanského hutnictví železa vůbec. Autopsie z výzkumů hutnických dílen ve střední části Moravského krasu a srovnání těchto nálezů a nálezových souvislostí s nálezy z celé oblasti osídlené západními Slovy umožnily získat některé zcela nové poznatky, vytvořit přehled vývoje západoslovanského hutnictví železa a poukázat na některé jeho genetické prvky na Ukrajině.

Snažila jsem se o syntetické zpracování problematiky, určité otázky však mohly být pojednány jen dílčím způsobem, neboť současný stav výzkumu zatím jiné řešení neumožňuje (hutnické nástroje, hutě na Slovensku a na polském území).

Práci jsem rozdělila do několika kapitol, z nichž první jsou věnovány rozborům nálezů hutnických pecí, jejich pravděpodobnému místu původu, vývoji a variantám základních typů. Toto, spolu s charakteristikou dílen a používaných technologických postupů, je základem nových zjištění.

Počet archeologických výzkumů, které se dotýkají hutnictví železa, se za posledních dvacet let významně rozrostl. Týká se to přirozeně i oblasti slovanského a raně středověkého hutnictví železa, kterému je mnohde věnována zcela záměrná pozornost. Intencionální výzkumy jsou např. vedeny v Maďarsku, České republice a Polsku. Velkou zásluhu na rozvoji železářské problematiky v archeologii má mezinárodní sdružení Comité pour la sidérurgie ancienne de l'Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques, jehož sekretariát sídlí v ArÚ AV ČR v Praze. Publikováním průběžné bibliografie a krátkých zpráv o stavu vědeckého bádání v tomto oboru, které jsou pravidelně uveřejňovány v AR, a pořádáním konferencí k archeometalurgické problematice, velmi napomáhá rychlé a účinné výměně informací. Podobně je tomu i u seminářů, které se každoročně konají v technických muzeích. V Národním technickém muzeu v Praze je rozsah přednášek zaměřen čistě na železářství, a to od jeho počátků, až do dnešní doby, zatímco semináře Technického muzea v Brně jsou věnovány celkovému fenoménu výroby, archeologickým výzkumům výrobních zařízení a novým metodám jejich poznávání.

Větších souhrnných prací věnovaných výzkumu slovanského hutnictví železa není mnoho. Kromě *Pleinerových "Základů slovanského železářského hutnictví v českých zemích"* (1958), které se staly jedním ze základních děl v tomto oboru vůbec, a studie *"Das Eisenhüttenwesen bei den Slawen in frühen Mittelalter"* (1965), jsou to potom dále jeho pasáže o technologii hutnictví železa např. v *"Pravěkých dějinách Čech"* (1978) a v *"Dějínách hutnictví železa v Československu"* (1984).

Pro poznání problematiky slovanského hutnictví železa na Slovensku je velmi důležitý syntetizující a obsažný článek *D. Bialekové "Osídlenie oblastí so surovinovými zdrojmi na Slovensku v 9. - 11. storočí"* (1978), stejně jako i další speciálně zaměřená práce této autorky věnovaná kovářskému zpracování železa, jíž je *"Dávné slovanské kováčstvo"* (1981). Závažné poznatky k starému hutnictví a kovářství jsou obsaženy rovněž v úsecích věnovaných tomuto oboru v *Kučerově knize "Slovensko po páde Velkej Moravy"* (1974).

Ve všech těchto pracích a v mnoha nejmenovaných, kde je věnována pozornost hutnictví železa třeba i v rámci zpracovávání příbuzné problematiky, je pozorovatelný stále větší podíl vyhodnocování materiálu pomocí exaktních věd a stále se prohlubující znalosti v jednotlivých úsecích, ať již jde o technologii či společenské otázky. Podobně tomu je i v literatuře zahraniční.

Ukrajinské výzkumy shrnul a krátce, ale velmi erudovaně pojednal *S. V. Paňkov* (1982), problematikou hutnictví železa se léta zabývá *V. I. Bidzilja*, který také zkoumal pro slovanské hutnictví železa velmi důležitou dílnu hajvoronskou (1964). Základními pracemi stále zůstávají knihy *B. A. Kolčina "Černaja metallurgija i metalloobrabotka v drevnej Rusi"* a *"Technika obrabotki metalla v drevnej Rusi"*, obě vydané v roce 1953. Pro rozšíření poznatků z experimentálního hutnění železa je velmi přínosná studie věnovaná pokusným tavbám v staroruském typu pece, zpracovaná spolu s *O. Ju. Krugovou* (1965).

V Maďarsku je výzkum věnovaný starému hutnictví veden zejména ve dvou železorudných oblastech. Jednak na severu v okolí Bukových hor, jednak na západě při hranicích s rakouským Burgenlandem. Již před léty byly publikovány první výsledky v maďarsky psané monografii, jejímiž autory byli *G. Heckenast, Gy. Nováki, G. Vastagh* a *E. Zoltay* (1968). V západomaďarské oblasti v okolí Šoproně pracuje v oboru výzkumu nejstaršího železářství *J. Gömöri* (1980; 1987; 1989), který prozkoumal řadu hutí a dolů a své výzkumy zveřejňuje ve vědeckém periodickém tisku. Je ovšem třeba připomenout, že maďarský výzkum není cílen na problematiku slovanskou, která podle našeho mínění v oněch zeměpisných oblastech vystupuje do popředí, ale na problematiku avarskou a staromaďarskou.

V šedesátých letech se přikročilo k výzkumu některých časně středověkých, nepochybně slovanských hutí v přílehlé části Burgenlandu, a to v rakousko-polské koprodukcí (*Ohrenberger-Bielenin* 1969), ale již několik let předtím byly monograficky zveřejněny výzkumy *R. Mayrhofera* a *Fr. Hampla* v oblasti rakouských Alp (1958). Tito autoři výslovně upozorňují na slovanskou hutnickou tradici i na zbytky slovanského osídlení ještě v 11. a 12. století.

Pokud jde o Polsko, situace tam není zcela jasná, neboť je k dispozici málo časně středověkých hutnických lokalit. *K. Bielenin*, jeden ze zakladatelů obrovské výzkumné kampaně v Horách Sv. Kříže u Kielců, zaměřené na pozdně laténské a římsko-barbarské hutnictví (1974 aj.), se sice pokoušel najít spojovací články tohoto velkého výrobního centra s dobou slovanskou (1968, 267; 1969, 120), ale současný stav výzkumu přece jen ukazuje, že tamní výroba končí někdy v 4. - 5. stol. n. l. a obnovuje se až mnohem později. Problematikou dávného hutnictví železa se zabývají i další polští badatelé - *J. Piaskowski, E. Nosková, A. Mazur, E. Zaitz*.

Nedílnou součástí archeologických výzkumů a nálezů jsou i rozbory a vyhodnocování prováděné metodami exaktních věd. K nejdůležitějším patří provádění experimentálních taveb, které vedlo k výraznému korigování původních představ archeologů (ale i metalurgů) o průběhu procesu přímé výroby železa z rud v malých pecích. Taveby jsou prováděny se značným úspěchem v mnoha zemích. U nás to bylo nejprve ve spolupráci s polskými badateli (*Pleiner 1969*), později pak v kooperaci archeologů s pracovníky Výzkumného ústavu 070 Brno a CKD Blansko (*Souchopová-Stránský 1989*), v současné době se základnou pokusného hutnění železa v rekonstrukcích malých redukčních pecí stalo pracoviště Technického muzea v Brně. Nermalou měrou se na řešení problematiky starého hutnictví a zpracování železa podílí i používání některých dalších metod exaktních věd, jako např. metalografická zkoumání železných strusek a železných předmětů ve vztahu k předpokládaným zdrojům rudy (*Pleiner 1969; Piaskowski 1988, 1989; Mihok - Javorský 1989*), které jsou nejen doplňujícím zdrojem poznatků získaných archeologickým výzkumem, ale mnohde i zdrojem nahrazujícím zatím absenci archeologických nálezů.

Materiál shromážděný v rámci předložené studie potvrdil možnost využití dosavadních nálezů a poznatků i pro širší závěry, a to jak technologické, tak i společenské. Doufám, že svým podílem přispěje k hlubšímu poznání dávného hutnictví železa a posune stav našich vědomostí alespoň o malý krok kupředu.

V závěru bych chtěla poděkovat alespoň některým z těch, kteří mě v mé práci podporovali. Zpočátku to byl především akademik J. Poulík, který se závažnou měrou zasadil o možnost provádění soustavných archeologických výzkumů ve střední části Moravského krasu, v oblasti, která se posléze ukázala z hlediska poznání vývoje slovanského hutnictví železa tak významná.

Za pomoc ve vědecké práci a za nezištné poskytování těžce dostupné zahraniční literatury jsem povinnována vřelým poděkováním Prof. Dr. R. Pleinerovi, DrSc., za dlouholetou pomoc a spolupráci při provádění pokusných taveb pak musím poděkovat jak jemu, tak i Prof. Ing. K. Stránskému, DrSc., a za dlouholetou přátelskou pomoc při experimentech i při výzkumu v terénu, zvláště po stránce kresebné, chci vyjádřit své díky také PhDr. J. Mertovi.

Pokud se týká experimentálních taveb, tak zde by se musel seznam těch, kteří mně byli nápomocni, rozšířit na dlouhou řadu jmen, z nichž mnohé bych určitě zapoměla uvést. Chci tedy jen říci, že poznatky a zjištění uvedené v této studii, jsou výsledkem i jejich práce a pomoci.

I. Hutnictví železa na západní a centrální Ukrajině v době před historickým vystoupením Slovanů

Slovanská etnogeneze, přesto, že probíhala už v plné době železné, není za současného stavu výzkumu řešena bez problémů a mnohé názory na etnicitu té které uvažované skupiny obyvatelstva značně kolísají a mění se na základě vyhodnocování nálezů z dalších výzkumů. Tím musí být přirozeně poznamenány i představy o zdrojích, z nichž Slované čerpali v hutnictví železa. Vydeme-li z více méně obecně uznávané teorie o ukrajinské kolébce Slovanů, která se měla rozkládat na území na jih od řeky Pripeti, na severovýchod od oblouku Karpat a na sever od Dněstru, pak je zřejmé, že slovanské hutnictví železa mohlo být obohaceno technickými znalostmi z několika výrazných etnických celků, jejichž kultura vývoj Slovanů ovlivňovala, stejně tak jako rodící se Slovanstvo ovlivňovalo je. Změny v konstrukcích hutnických pecí jsou zaznamenávány právě v souvislosti s kulturně-ekonomickými zásahy pronikajících etnických skupin či obecně eliminujícího vlivu velkých kulturně-politických celků.

Z doby kolem poloviny I. tisíciletí před n. l. jsou známy z Ukrajiny tři lokality, na nichž se dochovaly pozůstatky redukčních hutnických pecí.

První nález tohoto druhu byl učiněn v roce 1936 v Nové Pokrovce v charkovské oblasti. Objekt později v literatuře vyhodnotila *A. T. Brajčevskaja* (1956, 64-67) jako nadzemní šachtovou pec kuželovitého tvaru. Nístež pece byla oválná o rozměrech 44 x 24 cm, vnější obvod pláště pece měřil 75 x 36 cm. Stěny pece se dochovaly až do výšky 72 cm. Byly vyrobeny z jílu silně promíseného pískem a v poslední třetině výšky pece se výrazně zužovaly. V západní a východní stěně pece byly nalezeny dmýchací otvory.

K peci z Nové Pokrovky se však váže celá dlouhá řada nejasností a dubitativních údajů, pro které by bylo snad lépe tento objekt vynechat z úvah o vývoji hutnictví železa vůbec. Autor výzkumu I. F. Levickij ji totiž datoval do 1.-2. stol. n. l., ale pro své tvrzení nezanechal, dle interpretace *A. T. Brajčevské*, která pec po řadě let do literatury uvedla, dostatek dobrých podkladů (1956, 65-66). Sama tuto pec řadí až k pol. I. tisíciletí n. l., přičemž jako oporu pro toto datování uvádí časně slovanský mohylník s prokazatelnými vlivy sousední saltovo-majacké kultury, který se nad lokalitou s pecí rozkládal. K rekonstrukci pece dle *A. T. Brajčevské* se přiklání i *S. V. Paňkov* (1982, 201), řadí však tuto památku spíše mezi nálezový fond doby skýtské, i když se o nejasnosti jejího datování zmiňuje. Do doby skýtské řadí pec též *B. A. Šramko* (1962, 135-136), zatímco *G. E. Afanasjev* a *A. G. Nikolajenko* interpretují pec jako podzemní a kloní se k jejímu datování kolem poloviny I. tisíciletí (1982, 173). Důvodem k datování je zde opět úvaha, že objekt ležel na svahu duny a že výše uložená saltovská kulturní vrstva se smývala a pec tak překryla.

Do doby skýtské je dále datována nadzemní šachtová pec s hliněnými stěnami a oválnou nístějí ze Šarповského hradiště ve středním Podněstří (5. - 4. stol. př. n. l.; *Brajčevskij-Dovženok 1967, 90-91*). Poněkud sporná je interpretace konstrukce rozměrných pecí objevených u lokality Gorodišče. Podrobně byla prozkoumána pouze jedna z nich - B. A. Šramko ji interpretuje jako pec starého jámového typu překrytou hliněným příklopem, S. V. Paňkov jako pec nadzemní šachtovou, jejíž plášť byl vystavěn z hlíny a kamene. Stejně jako u pece z Nové Pokrovky i zde vyvstávají problémy kolem datování. Přiklonili se k Šramkovu řazení pece do doby skýtské, potom se situace jeví tak, že toto období je charakterizováno *typem nadzemní pece šachtové* (Paňkov 1982, 202).

Nadzemní šachtové pece se objevují i v pozdějším období, v poslední čtvrtině 1. tisíciletí př. n. l. Jsou to především *celá pole pozůstatků hutnických pecí se zahloubenými nístějemi*, které, jak současné výzkumy ukazují, se staly velmi výrazným fenoménem hutnictví železa té doby na západní a centrální Ukrajině.

Dosud nejvýznamnější se jeví tzv. Zakarpatské výrobní centrum v Novoklinovém, které kopal od roku 1962 V. I. Bidzilja (1970, 123). Autor spojuje tuto železářskou výrobu se zakarpatskou skupinou laténských plemen z poslední čtvrtiny I. tisíciletí př. n. l. Celkový počet pecí není přesně znám, neboť ze 13 výrobních okrsků zjištěných na ploše 25 km² byly prozkoumány jen dvě dílenské plochy, na nichž byly objeveny pozůstatky nístějí celkem 142 pecí, stavěných v řadách a typově odpovídajících běžné normě. Průzkum na uvedených okrscích ukázal, že kovářské zpracování vyrobeného železa se dělo někde mimo tento areál, pravděpodobně na pozdně laténském oppidu Hališ-Lovačka, vzdáleném vzdušnou čarou jen 30 km. Tam bylo odkryto několik kovářských dílen s velmi širokou sférou výrobků - od zbroje ke stavebnímu železu, přes inventář různých řemesel, zemědělské nářadí, zvláště bohatý sortiment výrobků pro dřevobrábějící řemesla, atp. (Bidzilja 1964, 92-143). Výroba železa v Novoklinovém daleko přesahovala rámec místní potřeby; V. I. Bidzilja předpokládá, že novoklinovské železo zpracovávané dílnami v Hališ-Lovačce bylo dodáváno na trh nejen v oblasti severních Karpat, ale i na obilím bohatý trh podunajský. Popisovanou teritoriální specializaci výroby železa spojuje s tržním významem Hališ-Lovačky; obě řemeslná centra, která ležela na východním okraji laténské kultury, na suchozemských cestách přes Karpaty, sehrála ve své době zřejmě velmi významnou roli ekonomickořemeslných předpolí (Bidzilja 1970, 47).

Novoklinove je datováno keramikou laténskou a kuštanovickou, která je ve skýtském čase charakterizována nižším hospodářským stupněm, nedovolujícím předpokládat budování velkých železovyrábějících center. Pro tuto formu teritoriální specializace se objevily podmínky až s proniknutím laténské kultury do severovýchodní části Karpatské kotliny (*tamtéž, 41*).

V současné době jsou však známa ještě další naleziště s pecemi tohoto typu. Jedním je nález šesti struskových konglomerátů výplní nístějí pecí datovaný do kultury Korčak, tedy nález podstatně mladší lokality Novoklinove. Dílna pracovala u dnešní vesnice Kurgany na levém břehu říčky Tni, v žitomirské

oblasti (*Paňkov 1982, 205*). Konglomeráty jsou jasným dokladem přežívání tohoto typu pecí až do 6. - 7. stol. n. l., tedy dokladem vlivu laténské kultury, která se rozvinula před přelomem letopočtu v zakarpatském řemeslném centru Novoklinovo-Hališkolovačském.

Se stejnými kulturními vlivy je spojován také nález pozůstatků 36 a 58 nistější nadzemních pecí šachtových objevených ve střední Ukrajině, v Umaňi, západně a východně od autostrády Kyjev-Oděsa (*Paňkov 1982, 206*). Jsou datovány pozdně zarubiněckou keramikou nalezenou přímo v jedné z nistější pecí ne zcela zaplněné struskou. Etnicita této kultury není zcela vyjasněna, bývá považována za kulturu slovanskou či praslovanskou, ale nevylučují se ani určité baltské prvky, a to především v jejich okrajových oblastech. Znovu je zvažována myšlenka původní baltoslovanské jednoty, a to i vzhledem k baltské hydronymii, sahající velmi hluboko do předpokládaného slovanského prostředí, až na jih od řeky Pripeti (*Váňa 1983, 17*). Vliv baltského hutnictví železa na hutnictví slovanské však pozorován nebyl - v okruhu baltských kultur byly používány šachtové pece se silnými stěnami a pece kupolovité, umaňské pece ukazují na vlivy kultury przeworské, pro niž je typická právě masová výroba železa v nadzemních pecích se zahloubenou nistější (*Paňkov 1982, 209*). Zde je ještě třeba se zmínit o snaze řadit umaňské pece k volně stojícím nadzemním aparátům, a to na základě jejich srovnávání se sinickými pecemi kultury černjachovské (*Kropotkin - Nachapet'jan 1976, 324*). Tato úvaha však není nosná, neboť opomíjí jak konstrukční rozdíly pecí na jednotlivých lokalitách, tak i rozlišné uspořádání plochy dílen a četnost pecí, tak typickou právě pro masovou výrobu tohoto typu.

Na základě dnešního stavu výzkumu nelze vyloučit, že nadzemní pece se zahloubenou nistější pracovaly i na vícekulturní lokalitě u vsi Zavodovka-Korsuň v čerkasské oblasti (*Bidzilja 1969, 54*), kde bylo zjištěno také osídlení kulturou černjachovskou. Byl tam nalezen velký struskový konglomerát, který by uvedenému typu pece odpovídal. Na lokalitě byl v roce 1978 proveden další výzkum, který měl přispět k objasnění typu pece, v níž konglomerát vznikl. Byl v tomto směru ale neúspěšný a typ pece zůstal neobjaněn (*Paňkov 1982, 210*).

Mezi *naleziště s pecemi typu hutnických polí* na Ukrajině lze tedy s určitostí počítat jen lokality Novoklinove, Umaň a Kurgany.

Jiné kulturní působení, vlivy skytsko-kimmerijské tradice, vykazuje 15 nadzemních šachtových pecí již výše zmíněného ljutěžského výrobního centra, které se rozkládalo při ústí řeky Irpeň v kyjevské oblasti (*Paňkov 1982, 202*).

Ljutěž měla pro hutnictví železa velmi dobré podmínky - dostatečné množství lehce dobytelné železné rudy i kvalitní tvrdé dřevo z místních lesů. O rozsahu výroby železa tam svědčí nejen hutnické pece, ale také struska, jejíž hmotnost v kulturní vrstvě dosahovala několik tun, a na 400 jam hospodářského i výrobního charakteru (např. pro výrobu dřevěného uhlí). Výška hliněných cylindricky formovaných stěn pecí dosahovala 70 - 80 cm, průměr nistější se pohyboval kolem 50 cm. Některé z nich byly mírně zahloubeny do země a opatřeny předpecní jámou (*Pačkova 1975, 76*).

Kromě pecí nadzemních šachtových se objevují na Ukrajině také i *jámové dílny* s pecemi zčásti vhloubenými do stěn výrobního objektu, které silně připomínají mnohé lokality starší doby římské ve střední Evropě. Hutě leží u vesnice Remezovcy ve Lvovské oblasti, na území kultury lipické, označované jako dáko-getská. Byly objeveny dvě hutnické dílny (objekt II. a XII; *Pačkova 1975, 140-151*). První z nich, která byla čtyřúhelníkovitého půdorysu o celkové ploše 6,3 m², pracovala s pěti redukčními pecemi vestavenými do severní stěny jámové dílny. Jejich nístěje byly mírně zahlobeny, celková výška pecí činila cca 100 cm. Průměr nístějí se pohyboval od 28 do 50 cm, průměr kychtové partie od 21 do 23 cm (*Paňkov 1982, 204*). Před stěnou, do níž vyústovaly hrudní části pecí, byla podlaha dílny výrazně snížena kvůli snazší manipulaci při práci. Tato dílenská hutnická jáma (podobně jako u objektu XII, na téže lokalitě, kde však byla umístěna pouze jedna pec) silně připomíná např. velmi dobře dokumentované objekty doby římské z Ořechu u Prahy. Jako analogickou je možné uvést dílnu č. 14, kde se kromě pozůstatků tří pecí zachovalo i prohloubené stanoviště hutníka (*Motková-Pleiner 1987, 387-390, obr. 12-15*). Nístějový průměr pecí z Ořechu se pohyboval kolem 35 cm, výška pecí byla cca 100 cm (*tamtéž, 444*). Odpovídá tedy nejen umístění pecí v jámových polozahlobených dílnách a jejich konstrukce, ale zhruba i rozměry. Pece tohoto typu jsou z Čech starší doby římské známy z mnoha lokalit (Praha-Jinonice, Praha-Dubeč, Praha-Dolní Počernice, Praha-Stodůlky, Tuklaty, Březno, Třebovle-Broučkov, Kyjice, Lovosice - krátké popisy a literatura viz *tamtéž, 400-402*), z Moravy pochází nález pecí v jámové dílně z Křepic - zde jsou však umístěny uprostřed dílny (*Peškař 1962*), ze Slovenska známy nejsou. I tento typ hutnických pecí má ostatně svůj základ v hutnictví železa doby laténské (viz např. tři pozdně laténské hutě v katastru obce Chýně - *Pleiner 1958, 110-114, obr. 21, 22, tab. I*), což vyvolává představu, zda provozovateli těchto hutí nebyli potomci starých keltských mistrů (*Pleiner 1984, 24*).

Remezovské hutě mají tedy své analogie v chronologicky souběžných českých pecích starší doby římské, což lze chápat jako doklad konvergentního vývoje bez etnických souvislostí. Za zmínku ale stojí, že lokalita Remezovcy vykazuje také osídlení kulturou černjachovskou a slovanské nálezy z 8. stol. n. l., bohužel však už bez dokladů hutnických pecí (*Paňkov 1982, 204*).

K nadzemním šachtovým pecím se řadí nálezy pozůstatků hutnických zařízení kultury černjachovské. K poměrně častým nálezům patří v této kultuře strusky na sídlištích (Lukaševka, Bokany, Karakulskije sady, Alčedar, Malaešty, Belcy atd. - *Fedorov 1960, 109*), ty však nemusí být nutně hutnického charakteru. Rovněž dyzny nalezené na lokalitě Šoldanešty mohly sloužit jak při výrobě železa, tak i při jeho kovářském zpracování (*tamtéž*). Pozůstatky hutnických pecí byly nalezeny jen na několika místech - je to Lopatna, Branešty, Ivankovcy, Sinica a Luka Vrublevskaja. Funkční určení objektu z posledně jmenované lokality s sebou však nese určité rozpaky, neboť ani v předpokládané hutnické peci, ani okolo ní nebyla nalezena žádná struska. Chyběla i strusková křusta, kterou se teplé strany stěn redukčních aparátů běžně vyznačují (*Tichanova 1974, 16; Paňkov 1982, 204*).

O sinických pecích kultury černjachovské jsme již pojednali v souvislosti s jejich zařazováním k typu pecí hutnických polí (*Kropotkin - Nachapeťjan 1976, 324*), i když z nálezové situace vyplývá spíše jejich řazení k pecím sice nadzemním šachtovým, ale volně stojícím, bez znaků, které charakterizují pole zahloubených nístějí, jakožto zbytků typizovaných šachtových pecí. Situace není zcela jasná i proto, že o těchto pecích nalezených na přítoku jižního Bugu, na řece Sinici, nemáme mnoho údajů. Z původně objevených asi 10 až 15 pecí byl totiž archeologicky zkoumán pouze jeden objekt, nalezený až později (*tamtéž, 317-318*). Z této pece zůstala zachována nístěj mírně cylindrického tvaru zapuštěná do rostlé půdy. Její stěny byly vyloženy plochými kamennými deskami a vymazány hlínou, která sloužila jako pojivo, dno nístěje bylo pouze vyrovnáno a vymazáno hlínou. Propálení stěn pece i hlíny v okolí svědčilo o jejím použití, v zásypu pece byly mimo to nalezeny i dvě hlíněné dyzny s ústími pokrytými vrstvou struskové krusty (*tamtéž, 322, obr. 4:1*). Kromě toho byl v blízkosti pece nalezen struskový konglomerát o váze cca 12 kg. Datování sinických pecí je ale založeno pouze na blízkosti sídliště černjachovské kultury, které se rozkládalo na protějším břehu řeky, což s sebou zajisté nese určitou nejistotu, pokud jde o kulturní zařazení této památky (*Paňkov 1982, 204*). Pec byla netypicky velká, což působí podezřele (průměr dna nístěje se uvádí 80 cm, zahloubení do rostlé zeminy 55 cm). Mezi rozměrné a tudíž i nepřilíš věrohodné hutnické objekty patří také pece objevené v Moldávii, v prutsko-dněstrovském meziříčí, v Lopatné, postavené z plochých vápencových desek a vymazané jílem (*Fedorov 1960, 109*). Jako příklad značné velikosti pecí lze uvést pec č. I, u níž se zachovala oválná nístěj o rozměrech 172 x 134 cm, přičemž stěny se vyznačovaly silou u nadzemních šachtových pecí obvyklou (ve spodní části šachty 15 cm, směrem nahoru se pec zužovala na 8 cm). V destrukci pece byla nalezena struska, dřevěné uhlí a hlíněné dyzny (*tamtéž*).

Podobná pec, jejíž konstrukce však nebyla z kamene, nýbrž jen z jílu, se našla také na lokalitě Ivankovcy (*Paňkov 1982, 202*).

Na Ukrajině se tedy v období přibližně jednoho tisíciletí, od druhé poloviny I. tisíciletí před n. l. do poloviny I. tisíciletí n. l. objevují tři typy hutnických pecí.

Jsou to *nadzemní volně stojící šachtové pece*, které jsou reprezentovány nálezy např. pecí kultury černjachovské, nálezem z Velké Pokrovky a pecemi z ljutěžského výrobního centra. Lze předpokládat, že tento typ pecí navazuje na kimmerijskoskýtské tradice (*Paňkov 1982, 202*). K tomu je ovšem třeba poznamenat, že právě tento typ pece je typem nejobecnějším a v historii výroby železa se objevuje prakticky po téměř celou dobu vývoje. V době, ve které je znám na Ukrajině, je vlastně také typem užívaným ve střední a západní Evropě.

Rovněž *pece vestavěné do stěn dílenských jam* v Remezovcích, které představují další skupinu pecí na Ukrajině, mají určité analogie ve střední Evropě v pecích starší doby římské (*tamtéž, 204*).

Třetí skupinou jsou *pece se zahloubenou nístějí, shlukované do tzv. hutnických polí* (*Pleiner 1965 b, 16-17*). Vyznačují se extenzivním způsobem

výroby, což je spolu s konstrukcí jednotlivých pecí spojuje s nálezy téhož typu z Polska a České republiky (*Sudice; Ludikovský - Souchopová 1979, 23-46*). První etapa těchto svébytných hutí, vyznačujících se jasnými produkčními znaky, je spojována se šířením keltské nebo druhotně keltizované civilizace směrem ke Karpatským horám, s formováním zakarpatské skupiny laténské kultury, která se vyznačuje nejen pecemi hutnických polí, ale i dalšími nálezy, které dokládají obecně laténské rysy vývoje oblasti. Je to především sídliště charakteru oppida Hališ-Lovačka, které bylo zřejmě ve spojení právě s rozsáhlou hutnickou výrobou v jeho okolí (*Bidzilja 1971, 177-178*). Výroba mizí se zánikem civilizace doby laténské a z toho vyplývajících narušených obchodních vztahů, které byly směřovány právě na trhy v předunajských oblastech.

Znovuzrození extenzivní výroby v centrální Ukrajině na lokalitách v umaňském výrobním centru a v Kurganech je už spojováno s postupem przeworské kultury a s masovou výrobou železa známou z polských oblastí (*Paňkov 1982, 209*).

II. Prameny k hutnictví železa u západních Slovanů

Pramenem poznání hutnictví železa jsou především *nálezy hutnických dílen a pozůstatků pecí*, s jejich vyráběným produktem i odpadem. Důležitým nálezovým materiálem bývají také datované nálezy strusek pocházející ze sídlištních lokalit. Ukazuje se, že v některých obdobích jsou nálezy strusek na sídlištních celkem běžným jevem. Např. B. A. Rybakov uvádí z výzkumu ve Staré Rjazani nálezy menšího množství strusky téměř v každém domě (1948, 502), časté nálezy strusky byly však pozorovány i v mnoha jiných lokalitách a jsou snad spíše pozůstatkem kovářství než hutnictví železa (Souchopová 1986a, 62). Mnohde nabývají nálezy strusek na významu tím, že jsou podrobovány metalografickému a chemickému šetření a přispívají tak k řešení některých dosud nejasných otázek hutnictví železa (viz např. Gurin 1988; Mihok - Javorský 1989). Ani pro potřeby této práce nebylo proto možné vynechat některé nálezy strusek, v zásadě jsem se však snažila důsledně zpracovat především poznatky z výzkumů hutnických dílen, z nichž některé vykazují velmi dobře zachované pozůstatky pecí. Jsou to většinou ty, které byly z větší či menší části zabudovány do země. U pecí nadzemních a šachtových je už třeba pracovat s větším počtem rekonstruovaných prvků, což se týká nejen původní výšky těchto pecí, ale např. i systému vhánění vzduchu do pecí, práce pecí na volný vítr apod. Interpretace nálezů nístějí nadzemních šachtových pecí tak s sebou přináší některé potíže a tyto pece jsou mnohdy posuzovány různými autory zcela odlišně. Nové nálezy hutnických dílen však začínají tento problém vyrovnávat, a to právě díky většímu počtu nalezených pecí a tím i větší možnosti zachování jak typických prvků, tak i detailů. Při zařazování nalezených pecí do určitých typů je třeba uvažovat ve dvou rovinách. První je hrubý stavební typ pece a jeho rozšíření jako obecnější jev, druhou je typová varianta s výraznými detaily jako produkt určité skupiny tvůrců, kteří ji vyvinuli a v rámci konvence určitý čas udržovali. Jako u všech archeologických nálezů, je i zde velmi důležité rozpoznání chronologické posloupnosti jednotlivých železářských objektů a jejich šíření.

V západoslovanském hutnictví železa bylo rozlišeno několik typů pecí, o nichž pojednáme dále. Jejich chronologické zařazení a geografické rozmístění umožňuje sledovat vývoj uvedeného oboru činnosti, a to především na těch územích, odkud je znám dostatek materiálu. Současný stav výzkumu hutnictví železa umožňuje však překlenout i ta období, z kterých nálezy hutnických dílen dosud neznáme a vytvořit si určitou představu o vývoji hutnictví železa i v těch oblastech, kde je archeologického materiálu zatím málo.

1. Pece vtesané do terénu

Doba kolem poloviny I. tisíciletí n. l. byla ve střední Evropě charakterizována pronikáním Slovanů do oblastí, které dosud tímto etnikem osídleny nebyly. Jejich nástup je zatím v archeologickém materiálu rozpoznáván jen podle sídlištních nálezů zemědělského charakteru, na oblast výroby železa můžeme usuzovat jen dle rázu hotových výrobků. Z této doby neznáme prakticky žádné nálezy pozůstatků hutnictví, které by mohly být přisuzovány Slovanům, ale pozdější, velmi rychlý rozvoj hutnictví železa, který má jednotné rysy a směřuje k výrazné intenzifikaci práce, dovoluje předpokládat, že nové archeologické výzkumy obohatí naše poznání slovanské výroby železa i z období kolem poloviny I. tisíciletí. Archeologické nálezy vesnic i pohřebišť, které se co do počtu velmi rozrůstají, přímo evokují otázku, zda v rámci této kolonizace nepřibyl na naše území i noví řemeslníci.

Hutníci, závislí na zdrojích suroviny, nepřicházeli snad už s počátečními vlnami slovanského osídlení, ale jejich příchod byl jistě jen otázkou času. Bylo to v době, kdy rozrůstající se slovanské osídlení pocítilo hlad po železe, který již nemohly uspokojit místní trhy, a to bylo zřejmě dříve, než tomu nasvědčuje dnešní stav archeologického výzkumu. Ukazuje na to především vyspělost slovanského hutnictví železa v 8. století, které vystupuje v jednotné formě a s velmi dokonalou specializovanou výrobou. Pro západní Slovany je na celém území typický jednotný tvar pece. Jde o *pece typu Želechovice*, známé dnes už nejen z eponymní lokality, ale i z dalších moravských nalezišť (Dolní Sukolom, Olomučany, Senička). Pece typu Želechovice byly stavěny dle stejného konstrukčního schématu - jsou to *pece vtesané do lavice rostlé hlíny s dlouhým tunelem v hrudní partii* a s podkovovitou dutinou v zadní stěně šachty. Vzduch do pecí byl vháněn měchy, a to šikmým vzduchovodem, který vyústoval v místě přelomu stropu podkovovité dutiny ve stěně šachty. Pec byla zařízením na svou dobu velmi důmyslným, neboť díky oné podkovovité dutině byla schopna produkovat ocel. Tato možnost byla potvrzena i experimentálními tavbami (Pleiner 1969a, 475-476). Zabudování prakticky celého tělesa pece do rostlé hlíny zajišťovalo velmi dobrou stabilitu teploty pece při tavbě. Tunel v hrudi pece sloužil zřejmě jen v počáteční fázi tavby a umožňoval její snadné přehřátí na potřebnou teplotu. Pece byly stavěny v bateriích, což značně racionalizovalo jejich obsluhu (tab. 5).

Podobné konstrukce pecí známe i z období předcházejících. Z doby římské byl podobný typ pece nalezen na lokalitě v Potsdam - Krampnitz, kde byla vykopána do spraše vtesaná redukční pec s tunelovitým hrudním kanálem. Kritické vyhodnocení tohoto Besternhornova nálezu podal P. Weiershausen, který uvedenou pec pokládal za zařízení schopné produkovat železo s vyšším obsahem uhlíku (1939, 123-133). Velkou podobnost prokazují rovněž římské pece z Postupimi - Kellerbergu (Hoffmann 1941, 561), či z Igołomi u Krakova (Reyman 1952, 119-128), které se však vyznačují úzkou a kolmou šachtou.

Dalším nálezem, který bychom mohli označit za typově podobný, nikoliv však shodný, je dobře známá pec z Bernského Jury ve Švýcarsku, publikovaná

A. Quiqerezem už v 80. letech minulého století. Jako objekt velmi blízký k želechovickým pecím ji vyhodnotil R. Pleiner (1955, 29). Ztotožníme-li se s Weiershausenovým datováním do středověku (*Weiershausen 1939, 176*), potom bychom mohli tuto pec pokládat i za časově odpovídající nálezům vtesaných dýmaček z našeho území. Tyto staré nálezy už dnes ale nelze revidovat a jejich datování proto zůstává nejasné. K nálezu je třeba ještě poznamenat, že pec z Bernského Jury nebyla vtesána do hlíny, ale byla vystavěna a pak obsypána hlínou. Pro zpevnění konstrukce pece či její zateplení bylo použito kamenné obkládky. Dalším odlišným znakem konstrukce pece z Bernského Jury je, že nemá, podobně jako ostatní pece mimo dýmačky z území Moravy, dutinu v zadní stěně šachty.

Zajímavým *předobrazem vtesaných pecí s dlouhým hrudním tunelem*, který by mohl i teritoriálně souviset s vtesanými pecemi z 8. století n. l., jsou *hajvoronské pece na Ukrajině*. Rozkládaly se na bezejmenném ostrově jižního Bugu, mezi osadami Solgutov a Hajvoron. Z širšího geografického položení hutě je patrné, že hutnictví železa v této v podstatě polyetnické oblasti bylo vystaveno mnoha podnětům. Na rozdíl od výše uváděných podobných konstrukčních typů ve střední a západní Evropě, působily na hajvoronské hutnictví železa také vlivy z původní slovanské oblasti. O užívání vtesaných hutnických pecí na Ukrajině svědčí i některé nálezy z území saltovo-majacké kultury, tedy z území, které bylo oblasti, považované za původně slovanskou, velmi blízké. Tyto nálezy jsou ale mladší než huť u Hajvoronu (*Afanasjev - Nikolajenko 1982*).

Nález 21 redukčních pecí z Hajvoronu je datován do 6.- 7. století n. l., pece jsou autorem výzkumu B. I. Bidziljou interpretovány jako nadzemní šachtové (*Bidzilja 1963, 126*), přesto se však nákresy půdorysů a především vertikálních řezů nápadně shodují s konstrukčním schématem vtesaných dýmaček a v ruské literatuře poslední doby jsou proto také zcela oprávněně porovnávány s výše uváděnými nálezy pecí tohoto typu na severním Donci (*Afanasjev - Nikolajenko 1982, 173*). Hajvoronské pece nemají sice dutinu v zadní stěně šachty, ale jinak se jeví jako konstrukčně plně srovnatelné s vtesanými dýmačkami z České republiky. Zvláště nápadné je to u těch, které byly dochovány lépe než ostatní - u pece č. 2, 17, 18. Pec č. 2, která byla zachována do výšky 62 cm, měla šachtu mírně cylindrického tvaru a šikmý vzduchovod od měchu, umístěný v týlní stěně, ve výšce 45 cm ode dna pece. Šikmé vedení vzduchovodu umožňuje předpokládat, že jeho vyústění na chladné straně pece muselo být ještě výše a je tedy obdobné jako u ostatních vtesaných pecí. Přední stěna má stejně jako všechny redukční pece této lokality u dna hrudní otvor o výšce 30 cm a šířce 21 cm. Ten přechází v plošinu upěchované hlíny, v půdorysu odpovídající dnu hrudních kanálů vtesaných pecí srovnávaného typu. O tom, že tato plošina zřejmě byla dnem kanálu, svědčí i nákres, kde je čárkovaně naznačeno předpokládané pokračování hrudní stěny pece ve výši odpovídající stropu kanálu (*tab. 6 : 1a, 1b*). Předpoklad existence kanálu se potvrzuje i nálezem hajvoronské pece č. 17. Tato měla stěny zachovány do výšky 55 cm a šachtu cylindrického tvaru s dmýchacím otvorem v týlní stěně ve výšce 44 cm ode dna

nístěje. Hrudní otvor o výšce 21 cm a šířce 18 cm měl v horní partii zachovaný propálený hliněný převis, plynule vycházející ze stěny pece - jde očividně o část stropu hrudního tunelovitého kanálu pece (*tab. 6 : 2*). Na jeho existenci ukazují i stavební detaily u dalších dvou poměrně dobře zachovaných pecí. Jsou to granitové desky postavené na výšku a prodlužující hrudní část pece č. 18 (*tab. 6 : 3*) a podobně užití kameny u pece č. 6 (*Bidzilija 1963, 129*).

U některých pecí jsou uváděny údaje o síle šachtových stěn bez struskové krusty, z nichž vysvitá, že hajvoronské pece byly neobvykle tenkostěnné (např. pec č. 6: 3-3,5 cm; pec č. 11: 4-8 cm; pec č. 12: 6 cm; pec č. 17: 2-3 cm;), u pece č. 20 se uvádí síla stěn jako nerovnoměrná, v hrudní části dokonce jen 1-2 cm (*tamtéž, 128-132*). B. I. Bidzilija uvádí jako průměrnou sílu stěn pecí u 16 objektů 2-2,5 cm (*tamtéž, 135*). Přestože předpokládá, že se na lokalitě tavilo pouze v teplých měsících roku, je třeba uvážit, že tak tenkostěnné pece by spotřebovaly na dosažení a udržení teploty obrovské množství paliva a trpěly by velkou tepelnou nerovnováhou. Pokusné tavby, prováděné v různých typech pecí, nás přesvědčily o tom, že udržení stejnoměrné teploty je prvořadou záležitostí a že teplota v peci je velmi citlivá i na každé ne dosti rychlé dodání dřevěného uhlí či na příliš brzké vsazení železné rudy. Hajvoronské pece v interpretaci B. I. Bidzilji se jeví jako objekty velmi choulostivé na udržení potřebného tepelného režimu. Domnívám se, že uváděná průměrná síla stěn pecí reprezentuje jen zárem tavicího pochodu tvrdě vypálený výmaz teplých stěn pecí, který se díky vypálení během výzkumu zachoval, zatímco písčité okolí bylo při odkrývání nevědomky odstraněno. Masivnost stěn pecí velmi přispívala k udržení potřebné teploty v peci - pro srovnání je možné uvést pece z dílny 98/2 v polesí Olomučany u Blanska, kde síla stěn pecí dosahovala vždy až k dalšímu pecnímu prostoru, tedy kolem 150 cm; síla týlní stěny zasahující do svahu terénu je prakticky nekonečná.

Na základě těchto srovnání se připojuji k názorům, které řadí hajvoronské pece konstrukčně spíše k objektům vtesaným než volně stojícím. Při jejich výzkumu mohlo snadno dojít k odstranění podložního písku z bužských náplav až po silně propálený výmaz stěn pecí. Podobně tomu bylo např. i s pecí z Moczydlnice Klasztornej u Olawy, kde byla též odebrána veškerá zemina až po vypálené stěny (*Weiershausen 1939, 110, obr. 25*).

Na konstrukční podobnost hajvoronských pecí a *zemních pecí saltovomajacké kultury* upozornili už *G. A. Afanasjev* a *A. G. Nikolajenko*, kteří se zabývali vyhodnocením zajímavého nálezu pece v Jutanovce (*1982, 173*). Lokalita leží na Severním Donci, mezi dvěma památníky této kultury přiřítané alano-bulharským kmenům, mezi Jutanovským hradištěm a katakombním mohylníkem. Popsaná redukční pec (*tab. 6:5*) v mnohém připomíná aparáty zhruba současného stáří, které byly nalezeny u nás, v Želechovicích a v Olomučanech. Byla zabudována do lavice rostlé hlíny tak, že do vyhloubené jámy o výšce cca 100 cm a o maximálním průměru 50 cm se z jílu a písku formoval základní tvar pece, přičemž se předpokládá, že vnitřní stěny šachty byly připravovány mimo a do upravené jámy vkládány už jako hotová konstrukce. Pec měla v přední stěně mírně nakloněný manipulační otvor

a po obou stranách šikmo vedené vzduchovody. Prostor mezi stěnami pece a stěnami jámy byl vysypán jemným pískem. Do pece se sázelo kychtou, jak o tom svědčí nálezy kousků rud a dřevěného uhlí na povrchu lavice hlíny (Afanasjev-Nikolajenko 1982, 169-171, obr. 1, 3).

U jutanovské pece bylo zřejmě k dmýchání vzduchu užito dvou měchů jednočinných, zatímco u pecí s jedním formovým otvorem mohlo být užíváno měchů dvoučinných, aby bylo dosaženo pravidelného přívodu vzduchu. Další zvláštností jutanovské pece je používání připravené konstrukce vnitřních stěn. Tento způsob je srovnáván s pozdějšími etnografickými paralelami, kdy byly pro výrobu železa užívány hliněné džbány zapuštěné do země. Dmýchání měchy bylo vedeno stejně jako u jutanovské pece z obou stran (*tamtéž*, 171).

Dmýchání ze dvou stran je předpokládáno i u pece ze saltovského hradiště Volčansk v charkovské oblasti (Šramko - Michejev 1969, 80). Tvar této pece, datované do VIII. - X. století n. l., je však rekonstruován jen přibližně, na základě nálezu velkého množství fragmentů jejích stěn (104 ks).

Jutanovská pec nebyla zřejmě ojedinelým objektem. Svědčí o tom skutečnost, že ještě před archeologickým výzkumem byly při stavbě silnice z Volokonovky do Jutanovky nacházeny úlomky stěn pecí, pokrytých z teplé strany struskovou krustou. Pozůstatky úlomků pecních konstrukcí tohoto typu byly nalezeny také na dalších lokalitách (Afoněvka, Zalumnoje, V. Saltov, Nová Pokrovka, Balujki, Tavoľžanka; Afanasjev - Nikolajenko 1982, 174, obr. 7) a je možné předpokládat i další naleziště a pozůstatky hutnických pecí. Svědčí o tom řada lokalit v dalších oblastech lesostepní varianty saltovomajacké kultury, kde byly nalezeny nahromaděniny železářských strusek (např. Verchnije Mamony).

Určitou podobnost s jutanovskou pecí shledávají G. E. Afanasjev a A. G. Nikolajenko také u pece č. 2 na hradišti Kalfa v Moldavii a jako analogickou uvádí pec z Nové Pokrovky (*tamtéž*, 173). Objekt z Kalfy je ale poměrně velmi špatně dochovaný (Čebotarenko 1973, 78-79) a o rozporné vypovídací schopnosti pece z Nové Pokrovky jsem se již zmínila při pojednání o hutnictví železa na Ukrajině v době před historickým vystoupením Slovanů.

Budeme-li tedy uvažovat jen dobře dochované pecní objekty, které poskytují dostatek údajů o jejich konstrukci i časovém zařazení, pak dospějeme k závěru, že na Ukrajině patří k vtesaným pecím velmi pravděpodobně nálezy z Hajvoronu a zcela jistě z Jutanovky. Pec z Jutanovky se poněkud odlišuje systémem dmýchání vzduchu, který byl veden ze dvou stran, pece hajvoronské můžeme však pokládat za typický příklad zemní pece s dmýcháním vzduchu vedeným šikmou formou v týlu pece a s větším otvorem v hrudní části pece. Vzhledem k jejich teritoriální poloze bychom tyto pece mohli také pokládat za pece slovanské či za pece, které mohly slovanské hutnictví výrazně ovlivnit. Svého rozšíření dosáhl potom tento typ pece v době postupu Slovanů na západ.

Z území Polska je popisovaný typ vtesané pece znám z Moczydlnice Klasztornej (Mönchmotschelnitz) u Olawy. Pec v řezu odpovídá konstrukci pecí typu Želechovice, bez podkovovité dutiny v zadní stěně. Její datování je nejisté, snad 9. - 10. století. Pec měla šachtu o průměru 40 cm a výšce

60 cm. Je popisována jako vtesaná do tělesa valu, s tunelovitým hrudním otvorem a dvěma vzduchovody v týlu a boku šachty (*Weiershausen 1939, 109-110*).

Vtesané pece, které byly objeveny v *Rakousku* na lokalitách Payerbach 1 a Hirschwang 1 a 3, jsou datovány do 10. až 11. století n. l. (*Mayrhofer - Hampl 1958, 10; Justová 1990, 130*). Na lokalitě Payerbach 1 byly zjištěny pozůstatky celkem šesti pecí ležících v obloukovitě prohnuté řadě nad odpadovou haldou, která vznikla jejich činností. Ztížená situace výzkumu prováděného v zalesněném terénu způsobila, že pouze u pece č. 4 mohly být zjištěny rozměry nejen pozůstatků bazálních částí, ale i celkové konstrukce pece zapsané do hromady navezeného jílu. Autory výzkumu byla interpretována jako zařízení pro vyhřívání vytaveného houbovitého železa a hypoteticky je uvažováno o překrytí šachty pece kopulí (*Mayrhofer - Hampl 1958, 7-10, obr. 3-5*).

Lépe dochované pece byly nalezeny v huti v poloze Hirschwang 1 a Hirschwang 3. Na lokalitě Hirschwang 1 byla baterie čtyř pecí, u nichž zůstaly dochovány zadní a postranní stěny, hrudní partie pecí byly zřejmě strženy. Větrovody, které byly zjištěny u všech čtyř popisovaných objektů, vyústovaly poměrně nízko nade dnem šachty, kolem 4 cm ode dna. Jejich průměr se pohyboval kolem 8 cm. Šachty pecí se jevily jako poměrně nízké, neboť dosahovaly maximálně jen 39,5 cm. To ovšem může být dáno i situací v zalesněném terénu, kde docházelo k výraznému narušení pecí, jak je patrné ze všech popisovaných nálezů.

V prostoru mezi pecemi a odpadovou haldou byly nalezeny mělké předpecní jámy, do nichž tunely pecí vyústovaly. Pece byly umístěny v pravidelných intervalech kolem 90 cm od středu jedné pece ke středu pece další, přičemž jejich stěny byly pokryty silnou struskovou krustou (*tamtéž, 13-17*).

V navezeném jílovém pahorku, kde bylo ke zpevnění použito i kamenů, byly vybudovány i pece na lokalitě Hirschwang 3 (*tamtéž, 24-30*). Byly nalezeny celkem čtyři pece, z nichž jednu charakterizují autoři jako redukční, další tři interpretují jako vyhřívací pece, zbudované na místě pecí redukčních.

Pec interpretovaná jako *redukční* (pec č. 1) měla pravoúhlou, obdélnou, v rozích zaoblenou šachtu o délce 70 cm, šířce 38 cm a výšce 43 cm. V hrudní stěně šachty, jen 2 cm nade dnem nístěje, byly umístěny 2 otvory o světlosti 8 cm. Autoři výzkumu je interpretují jako vypouštěcí otvory pro strusku. V nístěji pece zůstal u tunelovitého hrudního otvoru hliněný uzávěr, který vznikl vypálením při vysoké teplotě a mohl by být dokladem o uzavírání pece při tavbě. *Pec* byla stavěna s použitím ochranné izolační vrstvy obíhající vnitřní plášť pece ve vzdálenosti 8 cm od teplých stěn. Účelem vrstvy mělo být v podstatě umožnění opravy pece bez toho, že by původní stavba pece musela být stržena. O používání takové ochranné izolační vrstvy se zmiňuje také *P. Weiershausen (1939, 8-10)*.

Pece 2 - 4 jsou interpretovány jako *pece vyhřívací*. Určitou pochybnost o správnosti jejich zařazení mezi vyhříváčky způsobuje především pec č. 3. V hrudní části nístěje pece byl totiž nalezen struskový jazyk, který sahal až k předpecní jámě. U vyhřívacích pecí, které vlastně fungovaly jako kovářské

výhně, se však struska shromažďovala jen postupně v malých množstvích a zůstávala pouze v nížeji pece. Rozměry této pece odpovídají také ostatním redukčním pecím, na lokalitě Hirschwang 1 a 3 (délka 54 cm, šířka 20-23 cm, výška 52 cm). Jak o tom svědčí nálezy z jiných oblastí (např. pec VI z velkomoravské hutě u Olomučan - *Souchopová 1986a, 30*), mohlo být pro vyhřívání získané železné houby používáno v hutích zcela dobře také pecí redukčních.

Z dnešního maďarského území, které patří také k oblastem okupovaným Slovy v době jejich historického nástupu, horizontální vtesané zemní pece jako takové neznáme. Jediným dokladem užití šikmého týlního vzduchovodu je nález z Gyaláru v Hunyadském Rudohoří. Tento nález starého data se v literatuře mnoho cituje, ale jeho datování je velmi nejisté (*Gömöri - Kisházi 1985, 336*).

Z Maďarska té doby pocházejí nálezy zcela jiného typu pece - je označována jako *typ Nemeskér* a její původ hledá *J. Gömöri (1989, 130)* v místech původních avarských sídel. Hutnictví železa se tedy rozvíjí u Slovanů a Avarů na zcela jiném typu pece, přesto, že oba tyto celky spolu sousedily a že v některých směrech se jejich kultury prolínaly. Přináší to zároveň i odpověď na otázku, zda je možné v oblasti výroby tak všeobecně užívané rozlišit místa původu jednotlivých typů pecí. Předpokládám, že ano a že např. užívání rozdílných typů pecí u Avarů a Slovanů spojených těsným geografickým sousedstvím, toho může být dokladem. Uvedla bych tu ještě jeden případ konvence ve stavbě typu pece, který sice nepochází ze slovanského prostředí, ale je velmi zajímavý, neboť je doložen v písemných pramenech. Je to nález pozůstatků typu nižší silnostěnné pece se struskovým kanálem, který se objevuje ve Vestfálsku v 7. století n. l. společně s vlnou saských kolonistů (*Sönnecken 1971, 94, obr. 14*).

V našich zemích byly popisované vtesané pece zjištěny poprvé v předvelkomoravské hutnické dílně u Želechovic na Uničovsku na severní Moravě. Lokalita byla známá již od roku 1930, kdy tam kopal V. Reimer a K. Schirmeisen. Komplexního a precizního zpracování se však Želechovicím dostalo až po revizním výzkumu AÚ ČSAV v roce 1950-51 (*Pleiner 1955; 1958, 208-224*). V rekonstrukci želechovické vtesané pece bylo také provedeno experimentální hutnění (*týž 1969*), při němž byla upřesněna předpokládaná funkce podkovovité dutiny v zadní stěně šachty. Sloužila k manipulaci s železnou houbou a tím k výrobě železa s vyšším obsahem uhlíku. Železo se posunem do dutiny ocitlo z dosahu oxydujícího proudu, vzduch z formy je míjel a tak se mohla lupa, obklopená žhavým palivem stranou struskové lázně, snáze nauhličovat v klidnějším a dostatečně žhavém prostředí. V želechovické huti bylo tedy možné vyrábět ocel.

Pece konstrukčně velmi podobné želechovickým byly nalezeny v blízké Dolní Sukołomi, kde byla v roce 1931 odkryta jedna pec a v roce 1935 další dva pecní objekty. Nedostatek doprovodných nálezů neumožňuje pece datovat, ale dokumentace a popisy svědčí o jejich příbuznosti s pecemi želechovickými. Překvapujícím bylo zjištění autora výzkumu *K. Schirmeisena (1936, 109-110)*,

že vnitřní stěny pecí byly vyztuženy železným válcem 8-20 mm silným, který byl z teplé strany omazán žáruvzdornou hlinkou. Pravděpodobně šlo o záměnu železné výztuhy s dobře dochovanou vrstvou struskové krusty, která mohla být při postupných opravách pecí ještě opatřena izolační vrstvou (Pleiner 1958, 207). Dolní Sukolom je vzdálena od Želechovic necelé 2 km a hutníci obou lokalit měli k dispozici stejná ložiska železné rudy vyhodnocená jako hematitová a magnetit-hematitová (tamtéž, 207-214).

Další lokalita s nálezy pecí téhož konstrukčního systému jako pece želechovické byla objevena až v roce 1978, v polesí obce Olomučany u Blanska, v lesním odd. 98/2. První sondy v místech vývrátů stromů přinesly jen nálezy pecí se silně narušenými šachtami, další pece však byly objeveny ve výzkumné sezóně 1980. Datování lokality bylo ale i tehdy pro nedostatek keramického nebo jinak datovatelného materiálu obtížné. K časovému zařazení lokality přispěl nejvíce nález další hutě, označené jako 98/3, která ležela jen 140 m jihozápadně od hutě první (Souchopová 1982, 9). Obě dílny se rozprostíraly na tomtéž břehu potoka vyvěrajícího ze studánky U kukačky, přičemž druhá huť byla umístěna na malém ostrohu, který vznikl v místech dalšího vodního přítoku. Odpadové haldy obou lokalit byly zčásti smyty tokem vody - halda dílny 98/2 byla odplavena téměř zcela, u dílny 98/3 se velká část haldy zachovala a tam byl také nalezen keramický materiál, který tuto huť datuje do 8. století n. l., tedy do téhož časového období jako huť želechovickou. V obou hutích pracovaly pece stejného konstrukčního řešení - horizontální objekty zapuštěné do lavice rostlé země se vzduchem vedeným šikmým kanálkem v týlní stěně šachty. Na hrudní straně byly tyto pece opatřeny dlouhým tunelem, který byl v průběhu tavby pravděpodobně uzavírán. V týlní stěně šachty byla vytvořena malá podkovovitá dutina, která sloužila jako prostor pro nauhličení železné houby (Souchopová 1980, 47-8; 1989b, 55).

Pece v olomučanských dílnách byly celkově menších rozměrů než pece odkryté v hutích želechovických; překvapujícím zjištěním je, že se v obou olomučanských hutích od sebe velikostně velmi liší i pece v rámci jednotlivých baterií. Např. v huti 98/2 byla největší pec č. 1, jejíž celková délka činila 190 cm, výška šachty 90 cm; nejmenší pec byla pec č. 3 o celkové délce 100 cm a výšce šachty 55 cm (tab. 7:3, 1). Také v huti 98/3 jsou rozdíly mezi velikostí jednotlivých pecí značné - největší byla pec č. 4, která měla délku 185 cm a výšku šachty 98 cm, zatímco celková délka nejmenší pece č. 1 této lokality činila jen 95 cm s výškou šachty 40 cm.

Typická pro huť želechovickou i pro olomučanské dílny z 8. století je podkovovitá dutina v týlní stěně šachty, která umožňovala vyrobit v tomto typu pece ocel. Tato byla zjištěna i v další moravské prokopené huti v Seničce na Olomoucku, kde byla odkryta baterie čtyř pecí uspořádaných v řadě, s dutinami o výšce 40 cm v zadní stěně šachty. Šlo o konstrukčně klasické pece typu Želechovice s dmýcháním vzduchu v týlu a s dlouhým hrudním kanálem. Dochovaná délka těchto větrných kanálů se pohybovala kolem 40 cm, šířka nistější byla kolem 35 cm, kruhovitě utvářená kychta se zužovala na 22 cm. Pece jsou datovány keramikou do 12. a na počátek 13. století (Dohnal 1982, 39 - 40).

Datování je založeno jen na několika úlomcích keramiky, což vzhledem k záchrannému charakteru výzkumu poskytuje určitý prostor k úvaze o možných změnách v datování v případě nálezů dalších pecí. Je na místě zdůraznit, že pece ze Seničky jsou konstrukčně identické s ostatními pecemi typu Želechovice na Moravě, liší se pouze datováním.

Pro počátky západoslovanského hutnictví železa je tedy typické *horizontální pojetí konstrukce pece* (Pleiner 1983b, 102). Tento typ se zpočátku objevuje v nepříliš vyhraněné formě v 6. - 7. století n. l. na lokalitě Hajvoron, na periferii kdysi slovanského osídlení mohl přežívat několik století (Hirschwang 1 a 3, Payerbach 1).

Typickým znakem pecí nalezených na území Říše velkomoravské, kam se dostávají někdy v 8. století n. l., je podkovovitá nauhličovací dutina v zadní stěně šachty. Jde o technické zdokonalení konstrukce, které se uplatnilo na zřejmě dosti malém území v určitém časovém období. Z 8. století bylo na území dnešní Moravy nalezeno celkem 39 pozitivně doložených horizontálních pecí, které byly díky této dutině schopny produkovat ocel. Na ostatních územích se s tímto znakem nesetkáváme. Je zajímavé a z hlediska dalšího poznání snad i důležité, že k jeho zavedení došlo právě v době hospodářského rozmachu v 8. století, který vedl ke vzniku Říše velkomoravské.

Dmýhání tílní stěnou vedené pomocí šikmého vzduchovodu bylo zjištěno u všech popisovaných pecí tohoto typu. Určitou variantou jsou nálezy vedení dmýchaného vzduchu pomocí dvou formových otvorů, což je doloženo u pece č. 4 na lokalitě Hirschwang 3 (Mayrhofer - Hampl 1958, 30, obr. 27 - 28) a na lokalitě Jutanovka (tab. 6 : 5; Afanasjev - Nikolajenko 1982, 169 - 171, obr. 1, 3).

Důležitým zjištěním je pravděpodobné *uzavírání hrudního kanálu* pece při stavbě pomocí přepážky. Svědčí o tom dva nálezy z terénu. Kromě uzávěru kanálu u pece č. 1 v Hirschwangu 3 (Mayrhofer - Hampl 1958, 25, obr. 1), lze podobně interpretovat i nálezovou situaci při odkryvu pece č. 4 v hutnické dílně v polesí Olomučany, v les. odd. 98/3 (Souchopová 1989, 56), kde byl v místě přechodu šachty v tunel nalezen propálený začervenalý jíl a kámen, který mohl tvořit opěru stěny hlíněného uzávěru tunelu z vnější strany (tab. 7:2).

Z uvedených nálezů a z poznatků získaných při experimentálních stavbách v tomto typu pece lze tedy soudit, že šachta pece byla v době stavby uzavřena přepážkou. Tunel pece sloužil jako větrný v počáteční fázi stavby. Jeho účelem bylo dodat do nitra pece směrovaný mocný proud vzduchu potřebný pro vyhřátí prostoru pece a rozpálení jejích stěn (Pleiner 1969a, 467).

2. Vestavěné pece s tenkou hrudí

Vestavěné pece s tenkou hrudí se vyznačují tím, že téměř celé těleso pece je zapuštěno do lavičky rostlé hlíny. Volně přístupná byla pouze hruď pece s velkým formovým otvorem ve spodní části. Hutníci při stavbě pecí

postupovali tak, že vykopali do lavice rostlé hlíny výklenek, jehož objem o něco přesahoval velikost chystané pece, vlastní tvar metalurgického zařízení potom vymodelovali z předem připraveného výmazového materiálu. Hrud' pece byla modelována jen z tohoto materiálu; její síla se na moravských lokalitách pohybuje kolem 12 cm. Vnitřní prostor pece se nad vrcholem formového otvoru zaklenuje a přechází v úzkou komínovitou šachtu, excentricky posunutou k zadní stěně dýmačky. Vyústovala kychtou v horní ploše lavice hlíny.

Tato pec měla díky tomu, že byla téměř celá kryta masou rostlé zeminy, *velmi dobré tepelné vlastnosti*, což se prokázalo i při experimentálních tavbách. Její výhodou byla i *snadná obnovitelnost výmazů*, dostupných velkým formovým otvorem při úpatí hrudi pece a *možnost odpichu části strusky* při tavbě, což bylo potvrzeno jak nálezy strusek z odpichu, tak i vypouštěním strusky při pokusných tavbách (Souchopová - Stránský 1991, 153). Odpich strusky přispíval zřejmě i k tomu, že výmazy vestavěných dýmaček byly ničeny méně než u ostatních typů pecí; struskový povlak na jejich stěnách je sice prosáklý do hloubky, ale není tak silný jako např. u nadzemních pecí šachtových z doby mladohradištní, pracujících bez možnosti odpichu strusky (Souchopová 1986a, 41).

Za nejstarší nález tohoto typu pece jsou pokládány pozůstatky jednoho exempláře z doby římské, které byly odkryty pod hroby pohřebiště v někdejší Scarbantii, dnešní Šoproni (Május 1. tér; Nováki 1966, 191). Tento nález však zůstal ojedinělý až do současnosti, což vnáší určitou nejistotu do posuzování vykopaného objektu.

Další nálezy vestavěných pecí s tenkou hrudí jsou známy až z 9. století n. l. z území Moravy, ze střední části Moravského krasu, ze dvou hutnických lokalit doby velkomoravské. Dvě pece byly nalezeny spolu s typickým keramickým materiálem na dosud nedokončeném výzkumu v poloze Nad Vyškůvkou (tab. 17:2), ostatních pět v areálu hutě v poleší Olomučany, les. odd. 98/1, poblíž výše popsaných hutí s pecemi typu Želechovice z 8. století n. l. Tato velkomoravská huť se rozkládala v rudonosné oblasti střední části Moravského krasu. Byla vybudována ve strmém svahu nad potokem. Neschůdnost terénu překonali hutníci tím, že ve svahu vybuvovali terasu a na ní potom postavili redukční pece s doprovodnými objekty. Odpad odhazovali dolů, pod hranu terasy, kde se tak vytvořily až 90 cm vysoké haldy strusky. V zalesněném terénu se plocha terasy a struskové haldy rýsovaly jako zlom ve svahu. Na severozápadní straně dílny se nacházely vestavěné pece s tenkou hrudí. Čtyři z nich byly umístěny ve stěně zahluobené obslužné jámy poměrně malých rozměrů a nepravidelného půdorysu (max. š. 2 m; Souchopová 1986a, obr. 12). Pece nebyly užívány současně, ale jedna po druhé, vždy až po opotřebování pece předchozí. Byly stavěny zleva doprava, nejlépe dochovaný exemplář měl celkovou výšku 62 cm, rozměry nístěje 30 x 34 cm, zahluobení nístěje 9 cm, světlost kychty 15 x 12 cm (pec I; tamtéž, 26).

Této peci byla analogická pec č. IX, další velmi dobře dochovaná vestavěná pec. Pracovala izolovaně, jako samostatný objekt. Byla vestavěná do jílovité lavice rostlé půdy, vzniklé úpravou při budování terasy dílny. Její celková

dochovaná výška činí rovněž 62 cm, rozměry nístěje 40 x 35 cm, světlost kychty 12 x 12 cm (*tab. 14:1*).

Pro doplnění informace o typu pecí užívaných ve velkomoravské huti v polesí Olomučany, v lesním odd. 98/1, je třeba poznamenat, že v dílně pracoval ještě další typ pece - *nadzemní pec šachtová s mělkou nístějí* (*tab. 14:2*), nalezená rovněž v pěti exemplářích.

Do pozdějšího období, do 10. až 13. století n. l. jsou datovány vestavěné pece s tenkou hrudí nalezené na *území Maďarska*. Podle naleziště v Bukových horách jsou označovány jako typ Imola (*Vastagh 1972, 245*). V Maďarsku je naleziště s pozůstatky těchto pecí už celá řada (*Heckenast-Nováki-Vastagh-Zoltay 1968, 58-59; Gömöri-Kisházi 1985, 339, obr. 6*). V oblasti Bukových hor patří k nejdůležitějším kromě už zmiňované Imoly, Felsőkelecsény, Trisz, Uppony (*tab. 2*), na jižním Slovensku souvisí s tímto dávným hutnickým územím objev vestavěných dýmaček s tenkou hrudí na lokalitě Gemerský Sad (*o. Rožňava*). Dvě dobře dochované pece měly výšku 50 cm, konstrukčně se předpokládá, že jejich vyšší část se nedochovala. Pece jsou datovány do 11. - 12. stol. n. l. Na lokalitě bylo nalezeno také dřevěné uhlí, železná struska a železné koláčovité slitky (*Füryová 1984, 83; 1985; 1987*).

Druhá velká oblast s nálezy vestavěných dýmaček s tenkou hrudí se rozkládá v západním Maďarsku (Sopron - Krautacker, Sopron - Kányaszurdok, Sopron - Bánfalvi út., Rúpcevis, Szomogyfajsz atd.; *viz tab. 2*). Dosud největším nalezištěm je huť na lokalitě Szakony, kde bylo objeveno 22 pecí tohoto typu (*Gömöri 1979, 85-6; 1983, 97-103; 1989, 129*). Na západomaďarská naleziště navazují památky tohoto typu v přilehlé části Rakouska, v Burgenlandu, kde jsou uváděny vestavěné pece s tenkou hrudí z lokality Unterpullendorf-Sportplatz (*Bielenin 1977a, 57, obr. 6*), nověji také z Lutzmannsburgu (*Kaus 1984, 538; 1986, 40-43*). Pece z maďarského i rakouského území mají výšku kolem 70 cm, průměr nístějí kolem 30 cm (*Gömöri-Kisházi 1985, 340*), konstrukce odpovídá pecím z Moravy.

Konstrukci velmi podobnou vestavěným dýmačkám s tenkou hrudí vykazují také 23 kusů pecí postavených v areálu a okolí kdysi skýtského hradiště u vsi Hryhorivka na *středním Dněstru*. Pece jsou datovány nejdříve do 9. století, ale počítá se i s datováním do doby pozdější (*Artamonov 1955, 110*). Velikost pecí odpovídá běžnému průměru, jejich celková výška sahá od 50 do 70 cm, vnitřní průměr spodní části nístěje byl 30 až 45 cm. Nacházejí se před nimi také obslužné jámy, u hutnických pecí běžné. Jsou vyplněny struskou a úlomky dyzen, mnohdy pokrytými struskou.

Jako vestavěné dýmačky s tenkou hrudí je možné interpretovat i jeden starší *nález z Prahy - Košíř*, publikovaný *K. Vlačíhou (1910, 13 - 16)*. Popis i nákres pecí velmi připomíná náleзовou situaci ve velkomoravské dílně v Olomučanech, kde byly čtyři z pecí zabudovány do stěn jedné obslužné jámy (*Souchopová 1986a, obr. 12*). V Košířích bylo stejně umístěno sedm hutnických pecí (*tab. 8:2*). Dle popisu měly jednotnou konstrukci s hruškoovitým tvarem vnitřního prostoru. U pěti pecí se uvádí rozměry - výška se pohybovala od 70 do 100 cm, průměr šachet od 35 do 50 cm, světlost kychet

od 17 do 20 cm. Nejistota při určování typu nalezených pecí je ještě znásobena jejich nejasným časovým zařazením, které je dáno jen popisem zlomků nádob. R. Turek řadí tyto pece do mladší doby hradištní, není však vyloučeno, že nemohly být třeba i staršího data (Pleiner 1958, 204).

Do mladší doby hradištní jsou s určitou opatrností datovány také další dva nálezy vestavěných pecí s tenkou hrudí, odkryté při záchranném výzkumu slovanského sídliště v *Kuřimi (okr. Brno - venkov)*. Objekty nebyly bohužel dostatečně zachovány a při určování typu bylo možné vzít v úvahu především popis konstrukce s více méně standartními rozměry. U lépe dochovaného aparátu, označeného jako pec 5a bylo také pozorováno výrazné zúžení spodní části šachty do vrchní komínovité partie o průměru 15 - 20 cm (Procházka 1992, 321).

Na závěr uváděných lokalit s pecemi tohoto typu je třeba ještě vzít v potaz oblast *Transylvánie*, kde se tento typ pece vyskytuje rovněž. Jeho časové zařazení není ale ani zde jasné - je spojován s dáckým obyvatelstvem, ale toto řazení je čistě hypotetické (Tripsa 1983, 28; Gömori - Kisházi 1985, 342).

Široké časové i územní rozložení vestavěných pecí s tenkou hrudí sebou přineslo různé varianty v jejich konstrukci. Zásadní a dosud těžko řešitelnou otázkou zůstává, zda tyto pece pracovaly s otevřenou či uzavřenou hrudí. Z hlediska technického na to dávají zcela jasnou odpověď *pokusné tavby*, které se prováděly na Moravě v modelu pece s uzavřenou hrudí a v Maďarsku v peci s hrudí otevřenou. Výtěžek nejúspěšnější moravské tavby prováděné v tomto typu pece činil 44 % z vložené rudné vsázky, což představuje železnou houbu o hmotnosti 8,80 kg z 20 kg železné rudy vložené do pece (Souchopová - Král - Čípek - Stránský 1985, 29). Při pokusech prováděných maďarskými archeology a metalurgy byla hruď pece otevřena a vzduch dovnitř byl vhnán ventilátorem dyznou vloženou do spodní části šachty pece. Nejúspěšnější pokus přinesl výtěžek ve formě 310 gr železných granulí z 10,5 kg vložené železné rudy (Heckenast - Nováki - Vastagh - Zoltay 1968, 195 - 232). Výsledky experimentálních taveb hovoří tedy naprosto jasně ve prospěch *uzavření hrudi pece při tavbě*, archeologické nálezy však tak jednoznačné už nejsou, což je i příčinou setrvávání u úvah o tavbách s otevřenou hrudí (Gömori - Kisházi 1985, 344). *Velké formové panely*, které mohly být užívány u vestavěných pecí s tenkou hrudí, byly nalezeny spolu s těmito pecemi dosud jen na jediné lokalitě - ve velkomoravské huti v polesí obce Olomučany, lesní odd. 98/1. Nálezová situace se ale komplikuje tím, že na této lokalitě byly užívány kromě vestavěných dýmaček s tenkou hrudí i nadzemní šachtové pece s mělce zahloubenou nístějí a velkým formovým otvorem, jehož šířka při úpatí pece odpovídá užití stejného typu panelu. Tento typ nadzemní šachtové pece je v Maďarsku označován jako typ Nemeskér a je tam doprovázen i nálezy podobně velkých formových panelů jaké známe z Olomučan (Gömori 1978-1979, obr. 40). Velkomoravská huť u Olomučan tedy dává možnost předpokládat, že tyto panely byly užívány u obou typů pecí. Je však třeba mít na paměti, že je to nález dosud ojedinělý a že fragmenty panelů byly nalezeny pouze v odpadových haldách. Do formových otvorů vestavěných pecí

s tenkou hrudí však zapadají velmi dobře velikostí i tvarem (*tab. 15*).

Určitou představu o uzavírání vestavěné dýmačky při tavně mohou poskytnout i výše uváděné hryhorivské pece. U jedné z nich, u pece č. 3, bylo zjištěno, jakým způsobem byla hrud' pece uzavírána - formový otvor byl utěsněný hlínou, v níž byly zaústěny čtyři kusy dyzen směřujících do nitra pece (*Artamonov 1955, 109, obr. 45*).

Dyzny, nacházené v hutích s vestavěnými dýmačkami s tenkou hrudí, nejsou jednotného typu. Byly užívány jak trychtýřovité, tak i válcovité tvary. Jejich ústí mohou být jak zaoblená, tak i rovně seseknutá (*Heckenast - Nováki - Vastagh - Zoltay 1968, obr. 69*). Jsou většinou kruhovitého tvaru, z Hryhorivky jsou uváděny ale i dyzny hraněné (*Artamonov 1955, 109*). Ve velkomoravské huti u Olomučan se nacházely jednak dyzny výrazně tenkostěnné s protaženým zahroceným ústím, jednak dyzny s ústím zaobleným (*Souchopová 1986, 32*). V souvislosti s řešením otázky uzavírání nadzemních šachtových pecí i vestavěných pecí s tenkou hrudí jedním typem panelu není bez zajímavosti zjištění, že i na eponymní lokalitě Nemeskér byly nalezeny tyto dva typy dyzen (*Gömöri 1978 - 1979, obr. 36*). Výrazně tenkostěnné dyzny se zahroceným protaženým ústím pocházejí např. také z hutnické dílny v Kányaszurdoku (*Gömöri 1979, obr. 14; Gömöri - Kisházi 1985, obr. 20*), z hutě v Rőjtökmuzsaj jsou uváděny dyzny tenkostěnné s ústím rovně seseknutým (*Gömöri 1987, obr. 5*).

Odlišnosti se běžně vyskytují v rámci jedné dílny i ve tvarování nístějí pecí. Velmi častá je mělká miskovitá nístěj (*tab. 9:1, 3; Heckenast - Nováki - Vastagh - Zoltay 1968, obr. 15*); setkáváme se však i s nístějí sváznou k týlní stěně šachty (*tab. 9:2*). Výrazně svázná nístěj byla nalezena u pece datované do doby římské objevené v Šoproni. Nístěj této pece se zahlubuje až do 17 cm pod úroveň formového otvoru (*Nováki 1966, 169, obr. 4*). Nístěj jedné z pecí olomučanských je naopak mírně svázná směrem k hrudí pece (*pec č. IX; Souchopová 1986a, obr. 28:5*), podobně jako tomu bylo např. u pece 1 z Köszegfalvy (*Heckenast - Nováki - Vastagh - Zoltay 1968, obr. 32*).

Velmi zajímavé řešení tvarování nístějí se objevuje u pecí z hradiště Hryhorivka. Některé z nich mají nístěj, podobně jako výše uvedené olomučanské hutě, sváznou směrem k formovému otvoru. Ten je ale umístěn vysoko nade dnem nístěje (cca 15 - 16 cm). U druhé varianty byl uprostřed vyrovnaného a výmazem opatřeného dna nístěje uložen plochý kámen a ten spolu s celou nístějí znovu opatřen výmazem. Tím se střední část nístěje poněkud vyvýšila a kolem ní vznikl žlábek. Formový otvor byl u těchto pecí zbudován ve výši kamene (*Artamonov 1955, 109*).

Odlišnosti se projevují i v konstrukci jiných částí vestavěných pecí s tenkou hrudí - např. na lokalitě v Répcevis byly nalezeny pozůstatky pecí, které měly kychtový otvor hranatého tvaru (*Gömöri 1983, 97-103; 1989, 132*). Svým způsobem to připomíná nálezy vtesaných pecí blízkých typu Želechovice na řece Schwarze, u nichž se projevilo výrazně hranaté tvarování konstrukce šachet (*Mayrhofer - Hampl 1958, obr. 22, 27*); kychtové partie u těchto pecí zachovány nebyly.

Bereme-li tedy v úvahu jen nálezy těch pecí, jejichž konstrukce plně odpovídá popisu vestavěných dýmaček s tenkou hrudí a jejichž datování je spolehlivé, potom vidíme, že vestavěné dýmačky s tenkou hrudí se vyskytovaly ve třech oblastech. Je to severní Maďarsko, území západního Maďarska s přílehlou částí rakouskou a Morava. Ze západního Maďarska ze Šoproně pochází nejstarší datovaný nález tohoto typu pece, objevený ve vrstvě pod pozdně římským pohřebištěm (*Nováki 1966, 167-169, obr. 3,4*); další nálezy pecí s tenkou hrudí pak známe až z výše uvedených moravských hutí z 9. století n. l. Velké časové rozmezí, které mezi těmito nálezy leží, nedává dosti prostoru k úvahám o jejich genetické souvislosti, podobnost konstrukce uvedených pecí je ale velmi nápadná. J. Gömöri hledá původ vestavěných pecí s tenkou hrudí v hutnických dílnách u řeky Jeniseje, v tuské oblasti a spojuje první nálezy těchto pecí v Karpatské kotlině se skýtskými vlivy, jejich pozdější fázi pak s vlivy avarského hutnictví železa (*Gömöri 1989, 128*). Tento předpoklad se nejeví zatím jako dosti podložený, neboť u některých nálezu pecí z tuské oblasti lze pozorovat spíše určitou konstrukční podobnost s pecemi se šikmým vzduchovodem v zadní stěně šachty (*Sunčugašev 1979, 28, obr. 18, 19*), i když i toto je interpretace příliš volná. Domnívám se, že současný stav archeologického výzkumu neposkytuje zatím dosti materiálu pro řešení otázky původu vestavěných dýmaček s tenkou hrudí. Bylo však získáno dostatek důležitých poznatků, především ke konstrukci a chodu pecí, které mohou do budoucna k řešení této otázky přispět.

Jednou z nich je *problematika produkčnosti těchto pecí*. Mnoho o tom vypovídá výzkum velkomoravské hutě v polesí Olomučany, kde byla věnována velká pozornost průzkumu odpadových hald, rozlévajících se od spodního okraje terasy po svahu v šířce od 4 do 9 m; síla vrstvy je až 0,9 m. Haldy vzniklé činností jednotlivých pecí nelze zcela rozlišit, protože se částečně překrývají. Obsahují především strusku, která byla základem při zjišťování pravděpodobné produkce hutě. Struska, která se nacházela např. pod vestavěnou pecí č. IX, měla hmotnost 902 kg. Vycházíme-li z běžně užívaného vzorce, že 100 kg strusky vzniklo při výrobě 6 až 30 kg železa, potom lze vypočítat, že v peci č. IX mohlo být vyrobeno od 54 do 270 kg železa, což znamená průměrnou hodnotu 162 kg na pec. Celá velkomoravská huť o desíti pecích mohla tedy vyprodukovat celkem asi 1 620 kg železa. Vyrobené množství železa mohlo být ale i větší, neboť při pokusných tavebách bylo dosaženo nejen výsledku procentuálně podobného (13 % výtěžek železné houby vztažený na rudnou vsázku, *Stránský - Souchopová - Ludikovský 1978, 465, tab. II; pokus Blansko II*), ale i lepšího (31 % výtěžku železné houby, *tamtéž; pokus VAAZ IV*). Vzhledem k velkým a asi z generace na generaci předávaným zkušenostem velkomoravských hutníků, jejich znalostem a zručnosti při vedení technologického postupu taveb lze uvažovat spíše o vyšším výtěžku. Produkce hutě se pohybovala zcela jistě nad těmi průměrnými 1 620 kg železa, pravděpodobně spíše kolem hranice 2 700 kg železa.

Uváděná hmotnost strusky zároveň svědčí i o opakovaném užívání pecí k většímu množství taveb. Dokladem toho je i velký počet nalezených dyzen

(v průměru kolem 90 dochovaných celých ústí dyzen na 1 pec a zlomky z dalšího neurčitelného počtu).

Dobrá produktivita práce hutě i plánovité rozvržení jejího prostoru svědčí o *vyspělosti tohoto typu hutnických dílen*. Olomučanská dílna je dosud nejstarší známou dílnou pracující s vestavěnými dýmačkami s tenkou hrudí z doby slovanské, další mladší hutě z výše popisovaných oblastí Maďarska a Rakouska tomuto obrazu velmi dobré produktivity práce plně odpovídají. V maďarské literatuře jsou vestavěné pece s tenkou hrudí uváděny v souvislost s *vytvářením velkých politicko-hospodářských celků* ("This type is considered to represent the royal iron producing organisation" - *Gömöri 1989, 130*); podobně se jeví situace také při odkryvu velkomoravské hutě u Olomučan (*Souchopová 1986a, 82*). Souvislost mezi zavedením vyspělého metalurgického aparátu, produkce se značným výtěžkem a mezi organizovaností raně státních útvarů je už dnes dosti zřetelná a odráží se i ve výsledcích archeologických výzkumů, a to tím spíše, že dnes lze už uvažovat v určitých časových dimenzích výskytu tohoto typu pece. Nejstarší hutě s těmito pecemi, které dnes známe, pracovaly tedy na území střední části Moravského krasu v 9. století, v době rozkvětu Říše velkomoravské. Po pádu Velké Moravy, po rozbití její politicko-hospodářské struktury, hutnictví železa na tomto území ustává a hutě na dobu 50 až 100 let mizí. Hutnictví železa, které se ve střední části Moravského krasu objevuje později, na hutnictví železa doby velkomoravské nenavazuje. Vestavěné dýmačky s tenkou hrudí známe ale z 10. století odjinud - ze severního a západního Maďarska a z přilehlé části Rakouska, tedy opět z míst nových mocenských středisek, nového státního útvaru. Ale není to jen Maďarsko - je pravděpodobné, že s těmito pecemi pracovala i huť v Praze - Košířích. Byla to tedy opět huť zařazená do rámce organizace nového velkého státního útvaru. Vestavěné pece s tenkou hrudí byly vyspělým typem pece schopným produkovat na svou dobu značné množství železa, a to je zřejmě činilo tím metalurgickým aparátem, který se osvědčoval při zajišťování zvýšené potřeby tohoto kovu v podmínkách počínající centralizace raně státních útvarů.

3. Nadzemní šachtové pece s mělkou nístějí a velkým formovým panelem

Šachtové pece jsou charakterizovány nadzemní konstrukcí, tzv. pláštěm pece. Dle některých lépe dochovaných exemplářů lze předpokládat, že plášť pece se směrem ke kychtě mírně zužoval (*Souchopová 1986a, obr. III nahoře*). Nístěj těchto pecí bývá zahlobená do podloží a podle hloubky zapuštění a tvaru je potom popisována jako miskovitá či kotlovitá s některými variantami.

Nadzemní šachtové pece jsou typem, který se vyskytoval v mnoha časových úsecích vývoje hutnictví železa (*tamtéž, 29*), pro slovanské hutnictví železa v jeho počátcích však typické nejsou. Současný stav výzkumu potvrzuje spíše předpoklad, který připisoval slovanskému hutnictví železa oblibu v zemních

vtesaných pecích (Pleiner 1984, 36). Určitým novým prvkem v dosud objevených typech pecí jsou nálezy z hutnické velkomoravské dílny u Olomučan, v lesním oddělení 98/1, kde byly nalezeny pozůstatky pěti exemplářů nadzemních pecí šachtových. Dochovaly se z nich většinou jen miskovitě nístěje mělce zahlužené do podloží; po posledních tavných byly vyčištěny, takže je vyplňoval pouze druhotný zásyp. U pece VIII (tab. 13:2) se zachovala i část nadzemního pláště, obsypaného z vnější strany hlinou. Délka nístěje pece dosahovala 40 cm, šířka 33 cm, zahloubení 13 cm. U této nístěje bylo možno také bezpečně zjistit šířku spodní části formového otvoru umístěného v hrudi pece (27 cm).

Další dochované pozůstatky nístější pecí na lokalitě odpovídají rozměrově uvedené peci č. VIII, takže lze očekávat, že měly i stejnou konstrukci nadzemního pláště a formového otvoru. U pece č. V bylo zjištěno, že výstavba nístěje prošla dvěma etapami - po ukončení funkčního období hlouběji zapuštěné nístěje byla nad ní vystavěna nová. Tu potom ještě v poslední fázi překryla skládka železné pražené rudy. Rozměry nístěje pece byly tyto: délka 40 cm, šířka 37 cm, šířka formového otvoru v úrovni podloží 34 cm, zahloubení 15 cm.

Peci č. VI a VII byly umístěny vedle sebe (tab. 14:2). Jejich nístěje byly mělce zapuštěny do vrcholu valovitého tělesa rostlé hlíny, takže obsluha pecí musela být poměrně snadná. Nístěj pece č. VI mohla být použita druhotně jako vyhřívačka. Tento předpoklad je založen ale pouze na nálezu dvou naseknutých železných lup před nístějí této pece, jinak byly obě nístěje pecí nalezeny rovněž vyčištěny, jen s druhotným zásypem. Rozměry nístěje pece č. VI: délka 45 cm, šířka 35 cm, max. zahloubení 13 cm. Rozměry nístěje pece č. VII: délka 45 cm, šířka 35 cm, max. dochované zahloubení 12.

Nadzemní šachtové pece z velkomoravské hutě u Olomučan jsou datovány keramikou do 9. století n. l., a to spíše do jeho druhé poloviny. *Velikostí i tvarováním formového otvoru*, na který lze usuzovat dle nálezů dyznových panelů (tab. 15:1), se podobají nadzemním šachtovým pecím označovaným podle nálezů v jedné z hutí v západním Maďarsku jako *typ Nemeskér (Gömöri - Kisházi 1985, 337, obr. 8-11)*. Pec byla běžně datována do 9. - 10. století, ale některé nové poznatky podepřené užitím termoluminiscenční metody naznačují, že tento typ pece mohl být v Karpatském bazénu znám případně už v 7. - 8. století n. l. Jde o hutnickou dílnu v Tarjánpusztě a v Zamárdi se sedmi a dvěma polozahloubenými pecemi, interpretovanými jako tzv. avarský typ, který se měl dále vyvíjet v pece typu Nemeskér (Gömöri 1989, 128, 130, obr. 2). Toto datování je i oporou pro hypotézu J. Gömöriho, který hledá původ nadzemních šachtových pecí v sídelních územích turkotatarských Avarů na řece Jeniseji (tamtéž, 128; Sunčugašev 1979, 61).

Vrátíme-li se k velkomoravské hutnické dílně v polesí Olomučany, les. odd. 98/1, potom je třeba uvažovat o původu nadzemních šachtových pecí tam užívaných. Situace je poněkud komplikovaná, neboť na této lokalitě byly nalezeny dva typy pecí - vestavěné dýmačky s tenkou hrudí, které bychom měli za současného stavu výzkumu pokládat za starší než tzv. *typ Imola* maďarské

literatury a nadzemní šachtové pece, jejichž datování koresponduje s datováním pecí typu Nemeskér. Nabízí se velmi jednoduchá hypotéza - vzájemně *prolínání vlivů v pomezních oblastech slovansko-avarských*, přičemž bychom mohli vestavěné dýmačky s tenkou hrudí pokládat za přínos slovanského hutnictví železa. Nadzemní šachtové pece se k nám zřejmě dostaly z Karpatké kotliny, kde je prokázán jejich časnější výskyt, averský původ těchto pecí je však třeba pokládat zatím jen za pracovní hypotézu, a to tím spíše, že *J. Gömöri* se v další pracovní hypotéze přiklání spíše k dále východnímu původu u pecí vestavěných a zahlobených do terénu (1988, 91-100). Výzkumy hutnických dílen, umístěných mimo běžné osídlení, s sebou zpravidla nepřinášejí dostatek materiálu, vhodného pro přesnější datování lokality. A tady lze předpokládat, že používání nových datovacích metod a jejich případná kombinace, která by omezila možné chyby, může současné názory na původ a vývoj typů pecí velmi významně upřesnit.

Výrazným znakem pecí typu Nemeskér jsou *rozměrné hrudní formové panely* (tab. 10:1, 2), u nichž se předpokládá, že byly používány pouze pro jednu tavbu a které jsou nacházeny v mnoha fragmentech v odpadových haldách poblíž pecí. Ve velkomoravské hutí u *Olomučan* bylo zjištěno, že tento typ panelu mohl být používán i *pro uzavírání stěny vestavěných dýmaček s tenkou hrudí*. Předpokládám, že v hutí pracovala pouze jedna skupina hutníků a užívání stejných panelů i stejných dyzen pro oba typy pecí tomu rovněž nasvědčuje.

Podobně jako v olomučanské velkomoravské hutnické dílně, tak i v *maďarských hutích* se rozměry nistěji pecí typu Nemeskér pohybují kolem 30 - 40 cm v průměru. Výška pecí nebyla v Olomučanech dochována, u maďarských nadzemních šachtových pecí se rekonstruuje kolem 70 cm; stavebním materiálem byla hlína, u některých pecí však bylo použito i kamene (*Gömöri 1979, obr. 15*). Pozůstatky pecí jsou mnohdy nalézány na lokalitách, jejichž jméno upomíná na časně maďarské osídlení, hojně jsou tyto pece odkrývány v oblasti Šoproně. Je to např. Šoproň-Magashíd (*Nováki 1966, 165 ad.*), Magyarfalva (Harka), Kányaszurdok, Iván-Dudásdülö, Tömörd aj. K velmi důležitým lokalitám s nálezy tohoto typu pecí patří i eponymní lokalita Nemeskér a poněkud vzdálenější Tarjánpuszta, ležící jižně od Rábu (*Gömöri 1980, 318-322*).

Také na přiléhajícím území dnešního Rakouska, v *Burgenlandu*, byla odkryta dvě naleziště, u nichž se předpokládá, že pracovala s nadzemními šachtovými pecemi typu Nemeskér (Dörfel, Drassmarkt). Na lokalitách bylo velké množství odpadu shromážděného v hromadách o rozloze až 10 x 9 m a výšce do 0,8 m. Typ pecí je rekonstruován právě podle nálezů z těchto hald. Velikost nalezených struskových bloků vedla K. Bielenina k předpokladu, že rozměry nistěji se pohybovaly kolem 50 cm a síla stěn pecí kolem 10 cm. V haldách se také našly velmi dobře zachované dyznové panely, tvarově odpovídající pecím typu Nemeskér i nálezům z Olomučan. Ve formových panelech z Dörfelu zůstaly zachovány in situ dyzny, z jejichž polohy je patrné, že byly umístovány ve výšce cca 22 cm nad podloží a směřovaly velmi ostře

v úhlu 40° ke dnu pece (*Bielenin 1977a, 60*). Kromě běžné ostré porézni strusky se tam také nacházela struska, typická pro stadium tečení. Vytékala ve formě jazykovitých stružek, jejichž váha kolísá mezi 1,5 až 3,5 kg. Svědčí to tedy o vypouštění strusky z pecí během tavby (*tamtéž*) a také o tom, že režim tavby byl v podstatě stejný jako u vestavěných dýmaček s volnou hrudí (pece typu Imola), kde byl ověřen i experimentálními tavbami. Množství strusky vypouštěné z pecí na burgenlandských lokalitách je co do hmotnosti značné. Může to souviset i s větším uváděným průměrem pecí a tedy i jejich větším obsahem.

Nadzemní šachtová pec větších rozměrů byla nalezena také na hutnické lokalitě v *Rumunsku* u Dobollö. Poblíž pece postavené z jílovitého materiálu byl nalezen velký hrudní formový panel o velikosti 23 x 20 cm. Lokalita je ale, podobně jako nálezy dalších hutnických objektů (*Hargita, Brassó*), datována do 3. - 2. století př. n. l. (*Gömöri - Kisházi 1985, 337*).

Z území České a Slovenské republiky pochází z této doby i některé další nálezy nadzemních šachtových pecí, u nichž však nebylo doloženo užívání velkého hrudního panelu typického pro pece označované jako typ Nemeskér. Nadzemní šachtová pec datovaná už do přelomu 8. a 9. století byla nalezena na velkomoravském sídlišti v Pobodimi (Pobedim II, Na laze, objekt 5). Byla rekonstruována z druhotně uložených zlomků jako objekt ve tvaru kužele vysokého cca 50 cm, dole o průměru 44 cm, nahoře 27 cm. Stěny šachty byly u úpatí silné asi 8 cm, směrem ke kychtě se zužují na 4 cm. Formový otvor u pece zachycen nebyl (*Vendtová 1969, 151-152, obr. 42*). Poblíž se nacházel kus nístějového slitku a struska. Pec byla nalezena pouze v jednom exempláři, i když dle nálezkové situace se nevyklučuje existence ještě dalšího metalurgického objektu (*Vendtová 1969, 217; Bialeková 1975, 11*). Protože na lokalitě se našlo i větší množství železných nožů, některých ještě nedohotovených, lze uvažovat spíše o možnosti spojit tuto nadzemní šachtovou pec s kovářstvím (*Vendtová 1969, 217*). Podobně tomu mohlo být i s nálezem kusu hliněné propálené šachty z velkomoravského hradiště Pohansko u Břeclavi, jejíž nístějová část měla průměr cca 60 - 70 cm (*Dostál 1975, 286 - 287, tab. 33:2*).

Na těchto dvou nálezech je důležitá skutečnost, že šlo jen o pozůstatky šachtových stěn pecí, bez jejich napojení na nístěje. Přitom právě šachty pecí jsou na hutnických lokalitách velmi těžko rekonstruovatelné, zatímco nístěje pecí lemované širokým okruhem propálené zeminy, zůstávají v podstatě archeologicky nejstabilnějším prvkem zkoumaných hutnických dílen. Fragmenty šachtových pecí na uvedených nalezištích nemusí tedy nutně svědčit o hutnictví železa, ale lze spíše předpokládat, že patřily k zařízení na kovářské zpracování tohoto kovu.

Podobně tomu může být i s pozůstatky tří pecí a tří výhni objevených v osadě VI - Staré Město u Uherského Hradiště. Dvě z nich byly rekonstruovány rovněž jako nadzemní pece šachtové (objekt 39 a 42; *Hrubý 1965, 314 - 315*). Nálezkové okolnosti ani rekonstrukce objektů nejsou však přesvědčivé, a to tím spíše, že nálezy strusky pozůstávaly především ze struskových bočníků typických pro činnost kováře.

4. Renesance šachtových pecí se zahloubenou nístějí na Moravě

Hutnictví železa 10. - 11. století přináší ve sledované oblasti osídlené západními Slovy návrat nadzemních šachtových pecí se zahloubenou nístějí. Pece tohoto typu bychom mohli obecně charakterizovat jako *aparáty založené na principu keltsko-germánském*. Z uváděných období jsou dobře známy a byla jim věnována i velká pozornost v literatuře (lit. viz Pleiner 1983a, 68; 1987, 446-448). Jako obzvláště důležité se jeví keltské hutnictví železa, a to jak pro svou vyspělost, tak také pro předpokládané přetrvání části tohoto hutnictví v době římské. Je uvažováno dokonce o tom, zda hutnické dílny starší doby římské, nalezené v pražské kotlině, nebyly stavěny hutníky keltského původu (Pleiner 1984, 26). Ale i ostatní hutnictví železa doby římské pracovalo na principu nadzemních šachtových pecí, nacházených nejen v malých roztroušených hutích, podobných těm z českých zemí, ale i ve větších produktivnějších centrech. Tradice nadzemních šachtových pecí používaných v této době mohly být velmi hluboce zakořeněny, neboť nelze vyloučit, že Keltové popisovaný typ pecí nepřevzali od staršího illyrsko-venetského obyvatelstva (*tamtéž*, 28). V době stěhování národů tento typ pece mizí a setkáváme se s ním tedy až po více než půl tisíciletí, kdy se pece se zahloubenou nístějí opět objevují. Můžeme tak usuzovat na základě nálezů z hutnický využívaného území střední části Moravského krasu. V tomto místě došlo k očividnému přerušení vývoje z předešlé doby a dle současného archeologického materiálu lze předpokládat, že na nějakou dobu opustili hutníci tuto oblast vůbec.

Po této pauze, vyvolané chaosem v zemi po rozpadu Říše velkomoravské, se hutníci na konci 10. století do střední části Moravského krasu opět vracejí. V jejich práci už ale nic nepřipomíná produktivní velkomoravské dílny, jejichž vývoj již jasně šel k manufaktuře (Pleiner, 1958, 228). Došlo nejen k přerušení vývoje, ale do určité míry i k *retardaci v technologii výroby*. Objevuje se nový typ pece, který na velkomoravské předlohy nenavazuje. Je to výše popisovaná šachtová pec se zahloubenou nístějí.

Kotlovitým zahloubením nístěje byly opatřeny pece nalezené v areálu hutnické dílny z 10. - 11. stol. n. l., rozkládající se ve vesnici Olomučany, v Růžové ulici na parcelách č. 591/2 a 591/3 (Souchopová 1969; 1973; 1976b, 7; 1986a, 39 ad). V prostoru dílny byly mimo jam vyhloubených při těžbě písku a jílu a pozůstatků po skládkách pražené železné rudy nalezeny také zbytky pěti nadzemních šachtových pecí. U nejlépe dochovaného exempláře pece zůstala in situ rovněž část nadzemního pláště. Bohužel právě tato pec byla nalezena jako první a odkryta neodborně. Byla rozbita ještě před příchodem archeologa na lokalitu. Na její tvar lze však usoudit dle pořízeného fotografického snímku. Stejnou konstrukci měly zřejmě i ostatní pece této hutě, z nichž však zůstaly zachovány jen nístěje s nevysokými pozůstatky nadzemních stěn.

Pece měly hlubokou kotlovitou nístěj oválného tvaru zapuštěnou 35 až 50 cm pod úroveň podloží. Její délka se pohybovala kolem 45 cm, šířka kolem 40 cm. U pece č. II (*tab. 19:2*), jejíž nístěj byla velmi dobře zachována, byla

zjištěna v západní stěně dutina o výšce 25 cm, která vyklenovala stěnu pece asi o 5 cm. Zda měla nějaký účel nelze s určitostí říci, při experimentálních tavbách jsme de facto žádný nezjistili. Snad by jí mohlo být vytvoření většího prostoru pro jímání strusky (Cenek - Bezděk - Stránský - Souchopová 1975, 84). Tento prostor se totiž během používání pece zmenšoval díky opakovaným výmazům. Stěny pecí byly na teplé straně opatřeny několika vrstvami výmazů, nanášenými vždy po poškození stěn při tavbě. Svědčí o tom vnitřní plochy těchto vrstviček, pokryté struskovou krustou. Bylo zjištěno až osm vrstev opravných výmazů, jejichž síla se pohybovala mezi 20 až 40 mm a jejichž konečná hmotnost činila 240 až 270 mm. Tím se samozřejmě při posledních tavbách poněkud zmenšil prostor pece. Opravné výmazы se soustřeďovaly na stěny nístěje a pláště pece, dno nístěje bylo opravováno v míře daleko menší.

O nadzemním plášti pece jsme informováni především z fotografie pece, z níž je patrné, že nálezce očistil nejen nadzemní plášť pece, ale i vnější povrch nístěje. Na snímku je tedy možné zjistit, jak vypadalo asi 30 cm nadzemního pláště pece, jehož tvar byl v podstatě kuželovitý (Souchopová 1986a, obr. III nahoře).

Nístěje pecí byly vyčištěny, v žádné z nich nebyl nalezen struskový slítek, který by byl pozůstatkem poslední tavby. Souviselo to pravděpodobně s tím, že tyto pece sloužily k opakovaným tavbám.

Olomučanské pece byly dmýchací, s nuceným přívodem vzduchu. Dokladem toho jsou nejen *nálezy silnostěnných masivních dyzen*, ale také *část dyznové cihly*, původně zřejmě oválného tvaru. Z teplé strany je silně vypálená do temně šedé barvy a prosáklá struskovou krustou. Chladná stěna dyznové cihly je vypálená jen málo a v důsledku toho je i dosti poškozená. Cihla byla velmi masivní. Od obvodové hrany o síle cca 35 cm se zesiluje směrem do středu a v místech otvoru pro zaústění dyzny dosahuje mocnosti 72 mm (*tamtéž*, obr. XI:2).

Pece, které pracovaly na sklonku 10. a v 11. století v huti v prostoru dnešní vesnice Olomučany ve střední části Moravského krasu, můžeme tedy rekonstruovat jako nadzemní pece šachtové, s kotlovitě zahloubenou nístějí pro jímání strusky a s umělým přívodem vzduchu. Pece pracovaly opakovaně, čehož dokladem jsou četné opravné výmazы.

S pecí podobné konstrukce se setkáváme i na další mladohradištní dílně, ve střední části Moravského krasu, v lesní trati *Padouchov u Habrůvky* (Souchopová 1986a, 46 a d.). Huť se nachází v zalesněném a nepřehledném terénu, kde bylo zapotřebí použít pro bližší rekognoskaci magnetometrického měření (Hašek - Mayer 1976, obr. 13; 1977). Přítomnost pece byla indikována výrazným vrůstem magnetické anomálie v místě, kde byla výzkumem posléze zjištěna hromada železné strusky o rozměrech 320 x 300 a výšce 50 cm. Z pece, která ležela těsně nad horní hranou hromady se zachovala pouze nístějová část zahloubená do šikmé stěny valovitého tělesa rostlé hlíny. Byla vymazána cca 4 vrstvami výmazů, vypálenými do bělošedé barvy a prosáklými na teplých stěnách vrstvami železné strusky. Výmazы byly na rozdíl od pecí velkomoravských značně rozpraskány a poškozeny. Nístěj pece byla vyčištěna.

V huti se po zničení této pece zřejmě ještě pracovalo, protože nístěj byla druhotně vyplněna běžnou kulturní vrstvou lokality. Propálení zeminy kolem pece zasahovalo do okruhu až 20 cm, nístěj byla oválná, o délce 45 cm a šířce 32 cm. Byla zahloubená 31 cm do původního podloží (*Souchopová 1986a, obr. VIII nahoře*).

Zahloubením do valovitého tělesa rostlé hlíny připomíná nístěj této pece dvě z nadzemních šachtových pecí z areálu velkomoravské hutnické dílny v polesí Olomučany, les. odd. 98/1 (*tab. 14:2*). O dmýchání vzduchu pomocí měchů svědčí nálezy masivních hliněných dyzen, kterých bylo v haldě pod pecí celkem 141 kusů. Svědčí to, stejně jako i opakované výmazy stěn pece, o jejím dlouhodobějším užívání. Nebyly nalezeny žádné strusky z odpichu, zato ale byly při sondáži této lokality nalezeny dva kovářské nístějové slitky; jeden z nich právě pod popisovanou pecí. Z uvedeného je zřejmé, že v mladohradištní huti v lesní trati Padouchov pracovala nadzemní šachtová pec bez možnosti vypouštění strusky a s umělým přívodem vzduchu. Zapuštění do šikmé stěny valovitého tělesa rostlé hlíny a zničení přední stěny pece znemožňuje určit úplnou původní hloubku nístěje.

Hutnická dílna, která pracovala v polesí obce Habrůvka, zpracovávala železo zřejmě i kovářsky. Dokladem toho jsou mimo jiné i *fragmenty kovářských štítků*, které se používaly pro ochranu měchu před žárem kovářské výhně (*tab. 23:2*).

Z poslední doby je třeba ještě připomenout další nález pozůstatků nadzemní šachtové pece s hlubší nístějí v areálu dosud neukončeného výzkumu mladohradištní hutě v polesí Olomučany, v lesní trati "U Máchova pomníku" (*tab. 19:1*), která odpovídá konstrukci dochované části pecím odkrytým v huti z téhož období z Olomučan, Růžové ulice, č. parc. 951/2-3.

Vývoj hutnictví železa ve střední části Moravského krasu je tedy po pádu Říše velkomoravské charakterizován nástupem nadzemních šachtových pecí s jednodušší technologií výroby. Po stránce technologické jsou tyto pece určitým krokem zpět. Odpovídají tomu i ostatní nálezové okolnosti - pece jsou stavěny na ploše dílny bez předchozího plánu, haldy odpadu se kupí přímo pod pecemi a i v jejich širším okruhu. Jde o typ výroby malého rozsahu, jíž se mohli zabývat snad kováři z blízkých vesnic využívající např. pouze určitého času roku vedle práce v zemědělství. Vyráběli železo v menších množstvích, asi pro potřebu své vlastní komunity. Situace v hutnictví železa odpovídá i tehdejší hospodářsko-spoločenské situaci, v níž se Morava změnila z centra vývoje na periferii. Projevuje se určitá feudální rozdrobenost země, jejímž odrazem je právě i roztržitost hutnické výroby, uspokojující pouze místní potřeby železa (*Pleiner 1958, 321*).

Je třeba upozornit, že šachtové pece, pokud pracují s odpichem strusky, jsou ve svém principu typem velmi progresivním a procházejí celým procesem vývoje hutnictví železa od jeho počátků až po převedení malých redukčních pecí na dýmačky poháněné vodní energií. Konstrukčně jsou vlastně i předchůdcem pozdějších vysokých pecí (*Souchopová 1986b, 139*).

Olomučanské pece s šachtou a zahloubenou nístějí jsou však krokem zpátky, a to v souvislosti s produktivnějšími hutnickými pecemi doby velkomoravské.

Stejně jako se změnila situace v postavení Moravy a tím i střední části Moravského krasu, je třeba změnit i pohled na význam tamějších archeologických nálezů a na jejich začlenění do vývoje západoslovanského hutnictví železa. V období předvelkomoravském i velkomoravském přinášela střední část Moravského krasu nálezy, na kterých lze dokumentovat progresivní, typické a zásadní směry ve vývoji hutnictví železa. Renesance šachtových pecí se zahloubenou nístějí znamená však už zřejmě jen jednu z variant vývoje, a to asi ne tu nejprogresivnější. Vůbec je možné říci, že typy pecí užívané v té době ve střední Evropě jsou dosti rozmanité. I přes určité nebezpečí opakování informací rozváděných v předchozích podkapitolách, bych se pokusila tento obraz hutnictví železa načrtnout.

Stále se ještě setkáváme s *vtesanými pecemi*, které byly v oblibě na území západní Ukrajiny u Hajvoronu už v 6. - 7. století n. l. a na území nyní již zaniklé Říše velkomoravské na sklonku 8. a v první polovině 9. století (Pleiner 1955, 39; Souchopová 1986a, 80). V 11. století byly pece tohoto typu užívány na řece Schwarze na lokalitách Payerbach 1 a Hirschwang 1 a 3 (Mayrhofer - Hampl 1958, 10). Na severní Moravě u Seničky pracovaly snad také v této době; jejich pozdější datování se vzhledem k charakteru výzkumu jeví jako poněkud problematické (Dohnal 1982, 39-40). Na maďarském území pokračují v 10. století stále ještě pece typu Nemeskér a začínají se prosazovat pece typu Vasvár, které se vyznačují dmýcháním vzduchu ze stran a jejichž původ je hledán v pronikání kulturních proudů ze západní Evropy (Gömöri 1989, 132-4). Silně jsou v Maďarsku v 10. - 12. století rozšířeny pece typu Imola (Gömöri-Kisházi 1985, 339, obr. 6), které známe z tohoto období také z přiléhající části Slovenska z lokality Gemerský sad (Füryová 1984, 83). Pravděpodobně přibližně do téhož období, do časně doby českého království, patří soustava pecí vtesaná do zahloubené jámy v Praze - Košířích Kotlářce (Pleiner 1958, 204). Nepříliš jasné datování u pecí z hradiště u Hryhorivky v Podněstří také nevylučuje možnost jejich využití v této době (Artamonov 1955, 110).

Šachtové pece se zahloubenou nístějí jsou tedy jen jedním z typů pecí užívaných v té době v hutnictví železa ve střední Evropě. Nevyjasněnou otázkou je, kde hledat jejich původ. Od jejich hojného výskytu v době římské je dělí velmi dlouhé časové rozmezí. V tom se do určité míry podobají vestavěným pecím s tenkou hrudí, jejichž předlohu by také snad bylo možné hledat v nálezu z doby římské, ale i tam je časový hiát pokládán za velmi dlouhý. Na renesanci šachtových pecí se zahloubenou nístějí by mohl také zapůsobit výskyt nadzemních šachtových pecí s mělkou nístějí a velkým hrudním otvorem, které jsou také označovány jako pece typu Nemeskér a které známe z Moravy už z 9. století n. l. Tyto pece mají však poněkud jiné konstrukční členění a tím i do určité míry odlišný způsob vedení tavicího procesu. Nadzemní šachtové pece z konce 10. a z 11. století n. l. na ně nenavazují, vychází z principu konstrukce pecí, které můžeme označit jako princip illyrsko-keltsko-germánský. Už z tohoto je ale např. patrné, že do střed-

ní části Moravského krasu se nevracejí potomci velkomoravských hutníků. Vzhledem k tomuto bych nijak kategoricky nevyklučovala možnost přežívání šachtových pecí se zahloubenou nístějí a jejich znovuzavedení ve střední části Moravského krasu související se změnou kolektivu hutníků. Je třeba si uvědomit, že *slovanské hutnictví železa u nás známe jen z určitých území a že vedle progresivnějších a produktivnějších směrů vývoje mohly existovat i oblasti s ne tak vyspělou hutnickou technologií, která však mohla, právě i díky své jednoduchosti, na méně exponovaných územích přetrvávat po mnoho generací.*

III. Hutnické dílny a organizace práce. Společenské otázky

Hutnictví železa je založeno na empirických poznatcích, což v jeho počátcích znamenalo mimo jiné i *velmi silné lpění na tradicích* a tradičních postupech. Přesto měl tento obor svůj vývoj, který je případně možné vidět v souvislosti s vývojem obecným v tom kterém regionu, zemi, oblasti. V archeologických nálezech se projevuje souvislost se stupněm společensko-hospodářského vývoje společnosti, k níž hutničtí mistři náleželi a s účinky vlivů, jež pronikaly ze sousedních oblastí. Zanedbatelné nejsou ani *projevy tradice, nápadně vystupující do popředí především v dobách společenských změn* souvisejících s velkými posuny obyvatelstva. Archeologické výzkumy přinesly už řadu poznatků, jež přispívají k osvětlení některých z těchto aspektů. Lze např. sledovat způsob uspořádání dílen, užívání různých typů pecí, objektů v huti atp. Již z toho vyplývá odpověď na otázku, zda se jednalo o malovýrobu či o výrobu většího rozsahu a zda huť pracovala extenzivním nebo intenzivním způsobem. Pro posuzování velikosti kolektivu v té které huti je to velmi důležité. *Provoz jedné pece byl dle etnografických analogií zabezpečován 2 - 4 pracovníky (Pleiner 1987, 416 - 419)*, kromě toho je však třeba zvažovat ještě řadu dalších okolností, které jsou do určité míry dány právě typem práce hutě. U výroby většího rozsahu je třeba kromě hutníků a jejich pomocníků obsluhujících pece počítat také s dalšími pracovníky, jejichž počet mohl jít do desítek. Byli to ti, kteří těžili železnou rudu, zpracovávali ji a dopravovali do hutí, dále to byli lidé, kteří se zabývali milířováním uhlí a eventuálně i kováři provádějící čištění a zpracování houbovitého železa v železo lupové. Je jisté, že mnohé z těchto prací se prolínaly, některé mohli provádět hutníci sami (např. prvotní zpracování houbovitého železa), ale přesto je třeba u mnohých hutí uvažovat o nutném zázemí doplňujícím vlastní hutnění železa.

Typem právě takovýchto hutí s větším rozsahem výroby jsou "pole" pozůstatků nístějí nadzemních šachtových pecí typická pro východokeltské a germánské prostředí; byla zmíněna při poukazech na lokality Novoklinove, Umaň a Kurgany na Ukrajině. Hutě tohoto typu, které jsou nacházeny na mnoha místech Evropy, byly velmi významným fenoménem v procesu vývoje starého hutnictví železa. Pro ně typická velká množství nístějí kumulovaná na nevelkých plochách jsou pozůstatkem stovek pecí, z nichž každá byla použita pouze pro jednu tavbu. Hutě na Ukrajině patří k nejvýchodněji položeným. Předpokládá se, že tento *extenzivní typ výroby* tam byl zanesen silnými stimulaujícími vlivy keltské civilizace (*Bidzilja 1970, 42*) a že výroba na nich vyžadovala kolektivní práci metalurgů spojenou s kolektivní distribucí vyrobeného kovu (*Paňkov 1982, 211*).

Za odraz spíše místní tradice je naopak možné považovat hut' na bezejmenném ostrově u osady Hajvoron na jižním Bugu, v níž pracovaly pravděpodobně vtesané zemní pece typické pro hutnictví železa slovanských kmenů, zaujímajících už v té době rozsáhlá území ve střední a jižní Evropě. Bylo to zařízení čistě účelového specializovaného typu, sloužící výhradně hutnění železa. Stopy po běžném hospodářském osídlení byly minimální. Jediná tam nalezená polozahloubená chata byla interpretována jako strážní objekt. Na okrajových částech ostrova bylo odkryto celkem 25 pecí, z toho 21 redukčních a 4 aglomerační, užívané pro pražení železné rudy, dovážené zřejmě z nedalekého rudiště u vsi Antonovo. K jejímu skladování byly určeny řady jam umístěných paralelně s obrysem břehu ostrova v místě vhodném pro přistávání lodí (*Bidzilja 1963, 123, 137*). Zdá se tedy, že šlo o dobře organizovanou hutnickou jednotku, která měla své domácí zázemí mimo ostrov. Sidliště, které by k této huti patřilo, objeveno nebylo. Předpokládá se na břehu Bugu, v jihozápadní části dnešní vesnice Solgutov, kde byly určité stopy osídlení zjištěny. Železo z ostrova bylo asi distribuováno v podobě železných polotovarů, které však neznáme. Stopy po kovářském zpracování houbovitého železa totiž nalezeny nebyly (*tamtéž, 142 - 143*).

Hajvoronská hut' je příkladem *uzavřené výroby železa* situované na geograficky omezeném prostoru. Stejně pevnou organizací práce jsou však charakterizovány i dílny s pecemi téhož typu nalezené v 8. století na území vznikající Říše velkomoravské (Želechovice, střední část Moravského krasu). Je pro ně typická plánovitost v rozmístění pecí v areálu dílny, řazení pecí do baterií a intenzivní produkce. Přínosem k poznání počtu pracovníků v těchto hutích je zjištění, že pece v hutích ve střední části Moravského krasu pracovaly ob jednu, v provozu byly vždy 3 až 4 pece současně. Předpokládá to tedy i větší počet hutníků na lokalitě. Lze si ovšem i představit jednoho hutnického mistra, který by tyto tavby sledoval a řídil jejich průběh, přičemž u pecí mohli pracovat jen muži obstarávající vsázky a obsluhující měchy. Určitou provozní analogii lze vidět u kmenů Hausa v Nigeru a Nigérii, kde bylo rovněž zvykem řízení práce celé hutě o 20 až 30 pecích jedním hutnickým mistrem (*Motyková - Pleiner 1987, 408*).

Výzkumy velkých intenzivně pracujících hutí v 8. století přinášejí potvrzení předpokladu, že tento typ hutnictví železa byl příznačný pro větší řemeslnické občiny (*Pleiner 1958, 228*), jejichž příslušníci prováděli různé druhy práce od prospektorství až po kovářské čištění a zpracování železné houby v lupu. Obdobnou provozní bázi můžeme předpokládat i u velkomoravské hutě u Olomučan, kde jsme navíc ještě informováni o formě polotovaru, v jaké bylo železo z hutí expedováno (*Souchopová 1989a, 339*).

Hospodářské zázemí menších hutí, jejichž výrobní kapacita byla omezená, se zakládalo na menším počtu pracovníků, pravděpodobně patronymních rodinách hutníků. Lze je předpokládat v prvních stoletích po příchodu Slovanů na nová území, určitým náznakem jejich existence jsou nálezy strusek v objektech rolnických osad (*Bialeková 1965, 82*). Tento typ hutnictví známe ale také z pozdějšího období, z 10. - 11. století n. l., z rudonosné části

Moravského krasu, kde intenzivně pracující velkomoravské hutě vystřídaly malé dílny spojené s renesancí nadzemní šachtové pece a vyznačují se určitou retardací výroby oproti období předcházejícímu (*Souchopová 1984, 25; 1992, 133-134*). Výskyt malých hutnických jednotek je v té době možné pozorovat také u východních Slovanů, na hradišti Hryhorivka v jižním Podolí (*Artamonov 1955, 107-108*), nebo na hradišti Alčedar v Moldávii (*Fedorov 1964, 80*).

Rozčlenění velkých skupin specializovaných výrobců na menší buňky, např. patronymické rodiny (Pleiner 1984, 45), je patrné i z písemných pramenů, v nichž jsou zmínky o poddaných zabývajících se hutnickou a železářskou činností. Z Čech lze uvést hutníka Modlatu, který pracoval v huti se svými dvěma syny. Příslušel vysehradské kapitule a odváděl čtyřikrát ročně "ferramenta". Tyto produkty ze železa v počtu padesáti kusů ročně odváděl také Zdata, darovaný kladrubskému klášteru v Milostině (Pleiner 1958, 232, 264; Krzemieńska - Třeštík 1964, 653 - 654).

Závažné informace o práci dílen lze získat i propočtem jejich pravděpodobné produkce, přesto, že tyto údaje je třeba vždy brát jen jako určitý odhad, jehož míra pravdivosti závisí v mnohém na různých okolnostech provázejících chod dílny (Magnusson 1986, 310). Nicméně získané údaje dávají určitou představu o množství původně vyrobeného železa a umožňují tak i srovnání mezi jednotlivými hutěmi a výtěžností jednotlivých typů hutnických pecí. Základem propočtů je předpoklad, že při vytavení 6 až 30 kg železa vzniklo asi 100 kg strusky. Výchozím bodem bývá tedy celkové množství strusky na lokalitě nebo spíše odhad tohoto množství založený na odvážení určité kapacity odpadových hald. Může to být ale také propočet podle hmotnosti strusky, která zůstala po tavbě v jednotlivých pecích. Výpočet je dosti volný, jak je patrné z rozmezí předpokládané hmotnosti železa, při jehož výrobě uváděná struska vznikla. Pokusné tavby ve velkomoravských pecích s tenkou hrudí ukázaly, že výsledky v hmotnosti železa se při úspěšných tavbách pohybují kolem 30 - 40 % výtěžku železa vztaženého na rudnou vsázku (Souchopová - Král - Čípek - Stránský 1985, 29), lze tedy mnohdy počítat s horními hranicemi uvedeného vzorce. Propočtům výtěžnosti jednotlivých pecí i celých hutnických dílen a oblastí byla věnována velká pozornost např. v Polsku, známém svým rozsáhlým železářstvím v době latéské a římské. Jenom v rudném revíru Hor Svatého kříže se předpokládá produkce železa pohybující se mezi 3 800 až 5 300 tunami. Je to ovšem množství, které tam bylo vyrobeno za dobu několika století, v dílnách, jejichž inventarizovaný počet překročil číslo dva a půl tisíce lokalit (Bielenin 1977b, 131 - 135). Velmi pečlivé propočty byly věnovány želechovické hutnické dílně z 8. století n. l. Tam je na základě výpočtu produkce pecí proveden i odhad spotřeby dřevěného uhlí, což poskytuje velmi dobrou představu i o nutném provozním zázemí této intenzivně vyrábějící hutě. Množství dřevěného uhlí, které dodávali do hutě pravděpodobně uhlíři - specialisté, věnující se jeho pálení, představovalo pro jednu tavbu železa v dvaceti pecích asi 100 q, pro výrobu předpokládaného množství 6 až 18 tun železa huť spotřebovala 50 až 100 tun míliřovaného uhlí (Pleiner 1955, 21; 1958, 216, 223). Propočty na množství vyrobeného železa

byly provedeny i pro velkomoravskou huť v polesí Olomučany, kde pracovalo celkem 10 pecí. Dle množství strusky vyrobila tato huť za dobu své činnosti 540 až 2 700 kg železa. Velmi úspěšné výsledky pokusných taveb v modelu jedné z těchto pecí by nasvědčovalo spíše výrobě v horní hranici výpočtů (Souchopová 1986a, 31). Výnosností jednotlivých typů pecí nalezených na Ukrajině se zabýval S. V. Paňkov (1982, 210-211). Vycházel z pracovních objemů pecí a z váhového a objemového množství vsázek, přičemž předpokládal, že do pecí se vsypávalo 55 % dřevěného uhlí a 45 % železné rudy. Touto metodou ovšem není možné kalkulovat i s dodatečnými závážkami pece, proto S. V. Paňkov uvažuje vypočítané hodnoty jako minimální (např. u pecí z lokality Ljutěž činí tato hodnota 4,2 kg na jednu tavbu, u pece II z lokality Remezovcy 2,3 kg atd.).

Vyrobená množství železa jsou v mnoha případech značná a právem je proto často v literatuře probírán předpokládaný způsob a směr jejich *distribuce*, což souvisí s otázkou závislosti hutnických kolektivů na nějakých řídicích centrech. Na území Čech a Moravy přesvědčující doklady k těmto otázkám chybí; mnohdy se však uvažuje o blízkých hradištích jako o centrech, pro která velké intenzivně vyrábějící hutě pracovaly. Na severní Moravě s její monumentální želechovickou dílnou, ale také s analogickým typem pecí v Dolní Sukolomi, je jako volná hypotéza uvažována možnost vztahu k slovanskému hradišti olomouckému (Pleiner 1958, 223), na západní Moravě k hradišti Staré Zámky u Líšně. Výhodná geografická poloha líšeňského hradiska rozkládajícího se na rozhraní úrodné jižní Moravy a rudonosné oblasti blanenské, vedla J. Poulika k úvahám o jeho možné úloze v železářství kraje ještě v době před objevem velkomoravských hutnických dílen u Olomučan (1948-1950, 121). Současné výzkumy hutí z 8. a 9. století n. l. ve střední části Moravského krasu ukazují, že tato hypotéza má své oprávnění (Poulik - Chropovský 1985, 35), neboť objevené hutnické dílny produkovaly železo v takovém rozsahu, že je třeba jeho distribuci do větších středisek předpokládat (Souchopová 1986a, 82).

Bezpečné doklady o *postavení hutníků* známe však až z písemných pramenů 11. - 12. století, tedy z doby, kdy už byli vázání poddanskými povinnostmi církevním nebo světským feudálům (Pleiner 1958, 264 ad; Krzemieńska - Třeštík 1964, 653-654). Odlišně se organizace železářství vyvíjela ve starých rudných oblastech - v povodí řek Slané, Rimavy a Bodvy a dále v Burgenlandu a přiléhající části severozápadního Maďarska (Kučera 1974, 61-63). Tato území, známá nálezy starých hutnických děl, byla před příchodem Maďarů osídlena západoslovanskými obyvateli, po pádu Velké Moravy potom příslušníky staromaďarských kmenů. V severozápadním cípu Maďarska to byli zřejmě i příslušníci tureckého kmene Kende, kteří byli po smrti svého náčelníka Kurzana r. 904 a po uchopení moci Arpádem rozprášeni ze středu do okrajových území země (Heckenast 1967, 56). Jsou mnohdy spojováni s počátky kovářské výroby u starých Maďarů; tento názor se však z hlediska současných výzkumů jeví jako přílišné přeceňování jejich dějinné úlohy (Kučera 1974, 278).

Na obou výše uvedených územích byly v rámci administrativní správy vznikajícího uherského státu zřízeny tzv. železné hrady, kam byly obyvatelstvem odváděny dávky v železe (*tributum ferri*). Předpokládá se, že železné hrady (*castra ferrea*) plnily svou funkci už v 10. století n. l., nejstarší písemný pramen, v němž se uvádí župa s maďarským názvem železného hradu (*Vasvár*) je však znám až z roku 1108 (*Heckenast 1967, 60*). Správní rozdělování uherské země s župní organizací započalo ale už na konci 10. a na počátku 11. století a lze tedy uvažovat o tradici, která se v názvu župní jednotky odrazila. Obdobná centralizovaná organizace shromažďování určitého druhu poddanských dávek fungovala i u dobývání soli (solný hrad - dnešní Solivar u Prešova; *tamtéž 63-64*).

IV. Těžba, úprava a příprava surovin

1. Zdroje železné rudy

Archeologický výzkum hutnických dílen i celkový stav bádání v oblasti hutnictví železa umožnil získat přesnější představu o tom, které výskyty železné rudy byly těženy v době slovanské, přičemž je třeba říci, že tento počet není zcela jistě konečný a že do budoucna lze očekávat rozšíření našich znalostí o počtu Slovyany těžených lokalit.

Hutnické dílny zpracovávající železnou rudu byly stavěny v nevelké vzdálenosti od místa její těžby, takže ruda mohla být k vlastní huti dovážena či donášena. Klasickým příkladem toho je ostrovní huť Hajvoron, kam byla ruda dopravována z nedalekého kutiště po vodě (*Bidzilja 1963, 142-143*). Pro *založení hutě* byla brána v úvahu nejen blízkost zdroje železné rudy, ale také další faktory, jako např. zdroj vody v místě a blízkost výskytu dřevin pro milířování uhlí. V některých případech bylo možné založit huť na místě, kde se všechny tyto zdroje setkávaly, jako tomu bylo např. u mladohradištní hutě v polesí obce Habrůvka ve střední části Moravského krasu. Tato dílna se rozkládala asi 160 m od povrchového rudného kutacího pole, poblíž ložiska mastného přilnavého jilu žlutočervené barvy, který byl nalezen i přímo v areálu hutě a byl používán k výrobě stěn pecí a dyzen. V blízkosti hutě dříve protékal potok, který je zaznamenán ještě i na mapě. Dnes jsou v těch místech jen mokré louky. Terén byl v době provozu hutě zcela jistě, stejně jako celá tato oblast, pokryt lesem, poskytujícím dostatek dřeva pro milířování uhlí. K tomu by se mohly vztahovat eventuálně i stopy po milíři, který byl založen na cestě mezi hutí a kutištěm. Jeho stáří však nebylo možné přesněji určit (*Souchopová 1986a, 46, obr. 21*).

Nálezy pozůstatků hutnické a železářské výroby objevené na území Prahy (*Pleiner 1958, 52*) svědčí o tom, že *ve středočeské oblasti* byla slovanskými hutníky těžena *ruda silurského pásma*, jež se táhne od Plzně a jehož výběžky dosahují na východě až k Praze. V povrchových ložiscích se tam často vyskytují hnědely, exploatované také hutníky v předchozích obdobích. Tato oblast si podržela svůj význam v těžbě železné rudy dodnes (*Pleiner 1984, 25; 1987, 413*).

K stále důležitým oblastem výskytu železné rudy patří i *východní část Krkonošsko-jesenické soustavy*, jejíž rudy byly těženy pro hutě pracující v době slovanské na severní Moravě. Želechovická huť byla zásobena rudou, o jejíž použitelnosti v malých redukčních pecích se z hlediska technologie výroby neuvažovalo. Je to křemitá odrůda hematit-magnetitové rudy typu Lahn-Dill, těžená pravděpodobně ve vrbenském železorudném pruhu ve směru Úsov - Vrbno. Nalezené vzorky rudy nebyly praženy, přesto, že se jedná o rudu s velmi kompaktní strukturou, která byla i v době výzkumu v prakticky nevětralém

stavu. Původní ložiska této rudy se nacházela v nevelké vzdálenosti cca 1 až 5 km od hutě. Pro tavení byla připravována drcením a tříděním (Pleiner 1958, 213 ad.).

V době počínajících státoprvních procesů u Slovanů začala být těžena také ruda na moravské straně Českomoravské vrchoviny. Ve střední části Moravského krasu je doložena kontinuita těžby železné rudy od 8. století n. l. až téměř do konce 19. století. Důvodem těžby v novověku byla kvalita písčitých rud, jejichž redukce probíhala velmi snadno, zvláště použilo-li se jako přísady bohatě vápence. Z těchto rud byla vyráběna jak šedá jemnozrnná litina, tak i kvalitní dobře zpracovatelné kujné železo (Kreps 1978, 109). Železné rudy byly chemogenního původu s vrstevnatou nebo konkrecionální texturou, mineralogicky tvořené zejména geothitem a limonitem. Těženy byly buď bochníkovité konkrece nebo deskovité vrstevnaté plochy. Rudy s vrstevnatou texturou obsahovaly značné množství SiO_2 , konkrece rudy byly kvalitnější s obsahy Fe_2O_3 až kolem 70 %. Průměrný obsah železa v dobývané rudě se pohyboval kolem 38 % (Souchopová - Hypr 1993, 196), testovaná ruda z areálu velkomoravské hutě u Olomučan měla kolem 40 - 60 % oxidu železa (Souchopová 1986a, 32).

Železné rudy Moravského krasu jsou prakticky vyčerpány a tato oblast je dnes už pro hutnictví železa bez významu. Zcela jinak je tomu s další oblastí, která si podržela svůj význam v hutnictví železa i v dnešní době. Je to Slovenské rudohoří - nejsevernější skupina ložisek železné rudy, které byly a jsou těženy na území Karpatského bazénu. V archeologické literatuře je Slovenské rudohoří obecně pokládáno za oblast s velmi starou báňskou a výrobní železářskou činností. Přímé doklady však, i přes značnou snahu archeologů, nemáme. Existuje ale řada indicií, které postavení hypotézy o exploataci rud a jejich zpracování ve Slovenském rudohoří v dobách předfeudálních a raně feudálních velmi posilují. Údaje k této problematice shromáždila a vyhodnotila D. Bialeková (1978a, 11-15), omezíme se proto jen na zdůraznění těch nejzávažnějších.

Základní železnou rudou Slovenska je siderit, jenž v žilné nebo metasomatické formě (nahrazení vápence sideritem nebo ankeritem) lemuje ve dvou pruzích jádro Slovenského rudohoří. V místech, kde ruda vychází na povrch, zvětrává a mění se na limonit a siderit (tamtéž; Vozár 1976, 1- 8). Ložiska se soustřeďují do západovýchodních horských pásem. Siderit je provázen sulfidy barevných kovů, jejichž podíl v rudě směrem na východ stoupá, takže tam jsou tato ložiska těžena i pro účely výroby mědi. Podobná surovinová situace je také např. v nejvýchodnějších výběžcích rakouských Alp, kde se těžilo jak pro výrobu železa, tak i mědi a archeologický výzkum, který se zprvu soustředil na tavrny mědi (Hampl 1953; Mayerhofer 1953), posléze přinesl i odkryvy železářských hutí raného středověku.

Siderit a limonit, které tvoří základ surovinových zdrojů Slovenského rudohoří, jsou pro pochody přímé výroby železa z rud ideální, neboť jsou velmi lehce redukovatelné. Navíc byly v této oblasti snadno a v dostatečném množství dostupné, a to jak povrchově, tak i důlní těžbou různého rozsahu. Archeologie

je však dosud v mnohém závislá od náhody a Slovenské rudohoří je toho klasickým dokladem. Zatímco z jeho podhůří jsou známy bohaté maďarské železářské lokality podílející se na surovinových zásobách spišskogemerské oblasti, z vlastního Slovenského rudohoří jsou z dílen zatím známy jen pozůstatky vyhřívacích a redukčních pecí z prvních století n. l. z katastru obce Spišské Tomášovce (*Javorský 1977, 153, obr. 82, 83 : 1*). Je to konkrétní doklad pecí v místě, v době daleko před příchodem Slovanů, kteří tak později mohli navázat na těžbu v už objevené a zavedené rudné oblasti. Spišský region s více než desítkou sídlišť a dvěma hradišti, z nichž právě Čingov, rovněž v katastru obce Spišské Tomášovce, se honosí velmi rozsáhlou sídlištní aglomerací, prokazuje plnou kontinuitu slovanského osídlení severního Slovenska od 8. století n. l. (*Bialeková 1978a, 12-13; Ruttkay 1978, 272-273*). Pro těžbu a zpracování ložisek železných rud se jeví také jako velmi důležitý jižní pruh Slovenského rudohoří se svými hradisky v tzv. Slovenské bráně, kterým je vzhledem k jejich založení při vstupu do rudného revíru přičítána strážní funkce (*Habovštiak 1975, 114*). Základem těžby by tam byla opět sideritická a hnědelová ruda vyskytující se v menších ložiscích na severních a jižních svazích Nízkých Tater. Dále lze uvést ještě výskyt toponomastik západoslovanského původu typu - ik, která svědčí o osídlení krajiny ještě před příchodem Maďarů (*Bialeková 1978a, 13*) a výsledky metalografického zkoumání pracovního náradí a nástrojů z jižní Moravy a jihozápadního Slovenska, u nichž bylo možné předpokládat, že byly vyrobeny domácími kováři a tedy pravděpodobně i z místních zdrojů suroviny (*Pleiner 1967, 77 ad*). Pro popisovanou oblast hornatých rudonosných částí Slovenska je zajímavá myšlenka, že nástroje, jejichž materiál byl vytaven z rud s obsahem niklu a mědi či mědi, niklu a fosforu, pochází pravděpodobně z limonitových gossanů nacházejících se na výběžcích Malých Karpat u Pezinku (šestá skupina zkoumaných nástrojů). Z ložisek Slovenského rudohoří by pak mohly pocházet nástroje a náradí vyrobené ze železa s výrazným podílem mědi (sedmá skupina - obsah 0,07 až 0,85 % Cu) a mědi a fosforu (osmá skupina předmětů - 0,10 až 0,58 % Cu a 0,06 až 0,53 % P).

Dalším přínosem k poznání předpokládaného slovanského hutnictví železa v rudonosné oblasti Slovenska je rozbor železných strusek vybraných z několika slovanských lokalit na Spiši (Spišské Vlasy - Plantal a Boyan, Vlková - Levkovce - Pod kosovým kruhom, Spišský Hrušov - Dlhé Hony, Spišská Nová Ves v poloze pri sv. Trojici, Nižný levočský potok atd.; *Mihok - Javorský 1989, 70 ad*). Výsledky metalografického zkoumání svědčí o tom, že se skutečně jedná o strusku, která vznikla při přímé výrobě železa v malých pecích, přičemž základem rudných vsázek byl limonit. Strusky samy jsou potom datovány uložením v kulturních vrstvách lokalit. V těchto případech lze tedy nálezy strusek považovat za velmi průkazný doklad tavení železa v místě.

Pro zajímavost bych ještě uvedla nález nejbohatší zjištěné rudy, jíž byl hematit z lokality Spišské Vlasy - Plantal (64,79%, Fe). Bohužel právě původ této rudy a její vztah k slovanskému hutnictví železa není dostatečně jasný (*tamtéž, 70*).

Jasnější řešení problematiky hutnictví železa v rudonosné oblasti Slovenska není tedy za dosavadního stavu archeologického výzkumu možné. K dokreslení situace ve Slovenském rudohoří by bylo ještě možné uvést některé výsledky archeologických rekognoskací terénu, průzkumů a odkryvů - jsou však bohužel málo průkazné. Ani ojedinělé nálezy báňského nářadí (*Sklabiňa; Hrubec 1965, 415, 419, obr. 4 : 1 - 4*), ani výzkum zaniklých pinek a hald v jižním podhůří Vysokých Tater na potoce Štiavnik pod Novým Smokovcem (*Pleiner 1958, 60, pozn. 55*), v Slovinkách a Španej Doline nepřinesly bezpečně datovatelné a jasné doklady těžby železných rud. Nalezené nástroje snad spíše souvisí s exploatací měděné rudy (*Točík 1975, 105; Točík - Bublová 1985, 85; Trgina 1986, 227-228*). Zcela pak chybí nálezy, které by bylo možné spojit s konkrétní činností železářských dílen (pozůstatky pecí atp.).

Maďarské surovinové zdroje železné rudy jsou soustředěny v pokračování Karpatského oblouku, jehož nejsevernější část a zároveň skupinu ložisek železné rudy tvoří právě výše uváděné Slovenské rudohoří. Na maďarském území je potom dle geologického třídění K. Pappa vyčleněno ještě šest skupin, přičemž prakticky na každé z nich je doložena dávná hutnická činnost (*Gömöri - Kisházi 1985, 324 - 327, obr. 1*). Z hlediska problematiky hutnictví železa u západních Slovanů je důležité především spišsko-gemerské surovinové území rozprostírající se jižně Slovenského rudohoří. Obsah železa v těžených limonitických rudách se pohybuje od 26 do 45 % - např. ruda z Hrádku a z lokality Vashagy v bývalém gemerském panství má průměrný obsah oxidu železa 45 % (*tamtéž, 324*).

Na maďarské nálezy navazuje hutnictví železa ve východním Rakousku, v *Burgenlandu*. Nacházejí se tam lehce dobytelná místní ložiska železné rudy, dnes ekonomicky nezajímavá. Rudou užívanou do vsázek byl limonit a hematit, vyskytující se buď v hlízách anebo ve vrstvách, které vznikaly v hlinito-písčitéch sedimentech pozdního pliocénu. Burgenland je podhůřím Zadunajského středohoří s archeologickými nalezišti hutnictví železa podél řeky Sály, ohraničenými na jihu somogskými výchozy luční rudy s obsahem železa kolem 36 % a síle vrstev od 20 do 60 cm. V Zadunajském středohoří byl těžena železnou rudou hematit a geothit, u nichž se v horních patrech rudných ložisek tvořily vrstvy s vyšším obsahem železa (*tamtéž, 326*).

Na rudách vyskytujících se v *nejvýchodnějších výběžcích rakouských Alp* je založeno středověké hutnictví železa objevené na jižním úpatí Raxu, na jihovýchodě dolního Rakouska. V hutích je doložen hnědel, který se nacházel v tzv. železných kloboucích (gosanech) v oxydačních zónách. Byla to ruda lehce tavitelná a pro tehdejší hutníky i velmi lehce dosažitelná, neboť mohla být získávána povrchově, bez nutnosti zakládat hlubší šachty. Alpské železné rudy jsou chudé fosforem, ale bohaté na mangan, a to jim na některých lokalitách dodává zabarvení od temně fialové až po téměř černou. V archeologicky zkoumaných hutnických dílnách byl taven běžný typ limonitu a tato, rovněž limonitická, tzv. modrá ruda (*Mayrhofer - Hampl 1958, 57 - 58*). Hutě jsou datovány do 10. - 11. století, tedy už do doby po bavorském záboru, ale užívaný

typ pecí, který je v podstatě typem pecí želechovických, ukazuje na návaznost na starší slovanské hutnické tradice.

V kraji se až do roku 1920 těžily měděné rudy, které se stejně jako železné nacházejí v permotriasových vrstvách východních Alp (*tamtéž*, 6). Dochovaná kutací pole - pinky - velmi připomínají stejná naleziště v lesích Moravského krasu; jsou však těžko datovatelná a mohou být výsledkem jak staré, tak i modernější těžby (*tamtéž*, 7, *obr. 1*; *Souchopová 1986a, obr. II; tab. 22:2*). Podobná kutací pole byla ve velkém měřítku dokumentována na území středního Burgenlandu (skupiny pinek v oblasti Oberpullendorfu - Zerwald I - III, Herrschaftswald I - II, Podvornice I - II, Biederfeld, Erifeld atd. - *Meyer 1977, 25 - 38*). Rovněž tato pole, sestávající v průměru až z 200 kutacích jam, nejsou uspokojivě datována; předpokládá se jejich středověký původ (*Pleiner 1988, 58*).

Na území Polska nejsou zatím počátky slovanského hutnictví železa pro nedostatek přímých dokladů dosti jasné. Je znám zatím jediný nález pece, která snad mohla pracovat v této době a která byla zabudována do hradiště valu u Moczydlnice Klasztornej u Olawy. Objekt ale nebyl uspokojivě datován (*Weiershausen 1939, 111*). Určitou představu o tom, jaké rudy byly exploatovány v době slovanské, však poskytují poznatky z výsledků metalografického zkoumání strusek a železných předmětů z mnoha polských lokalit. Počet předmětů podrobených tomuto šetření jde dnes už do stovek (*Piaskowski 1986, 170-172; 1989, 412 ad.*). V souhrnu lze říci, že v průběhu vývoje hutnictví železa byly užívány odlišné druhy rud. K nejbohatším patří magnetit zpracovávaný ve Slezsku (např. lokalita Kowary); jeho tavení připadá však v úvahu až v době vrcholného středověku. Magnetit byl užíván také ve velkých hutnických dílnách pracujících v době kolem přelomu letopočtu v oblasti Hor Svatého Kříže, ve Slezsku byl v téže době taven siderit a sferosiderit. Velká hutnická centra zanikla během doby stěhování národů a rozšířilo se hutnění bahenních hnědelů, vyskytujících se prakticky na celém území Polska. Produktem tavby této rudy bylo železo s velmi vysokým obsahem fosforu (0,18 - 1,0 %). Exploatace bahenních hnědelů a jejich zpracování je přičítáno právě slovanským kmenům (*týž 1988, 80*).

O staré těžbě železných rud a jejich zpracování přinášejí určité informace i názvy některých míst a obcí známé ze středověkých písemných pramenů. Jsou mnohdy nejen dokladem tehdejšího zaměstnání tam usazeného obyvatelstva ale i jeho etnické příslušnosti. Z maďarské oblasti dávného hutnictví železa je to 29 lokalit se jmény slovanského původu typu Rednek - Rudnok; jejich rozložení navíc svědčí o tom, že slovanští hutníci využívali ke zpracování především ložiska rudy sedimentárního původu (*Gömöri - Kisházi 1985, 333, mapa č. 3*). Dalším takovým dokladem z topografické nomenklatury jsou např. osady Kováči a Baňa (*Kučera 1974, 230 ad.*). V okruhu pozdější hradní správy se potom při řekách vyskytují slovanské názvy "vidne, vihne" (rivulus Wigne, Wise, Wigna potoka), jejichž jazyková podoba svědčí o tom, že vznikly před rokem 1 200 (*Heckenast 1967, 58*). Uváděné názvy obcí i jednotlivých zařízení objevujících se v rudných oblastech západomaďarsko-burgenlandské a bukovo-

horské svědčí o slovanských vlivech v maďarském hutnictví železa či snad dokonce o jeho slovanských základech (*tamtéž*), přesto, že samozřejmě nelze vylučovat ani vlivy z jiných oblastí, což je trend objevující se především v některých novějších pracích maďarských autorů (*Gömöri - Kisházi 1985, 340 - 341; Gömöri 1989, 128 ad.*). Podobné názvy se objevují nejen ve výše uváděné oblasti severního Maďarska a jihozápadního Slovenska, ale např. také ve Slovinsku a později germanizovaných územích Rakouska (*Rudnichen, Ruderis fossa, Kos 1906, 229, 282, 378; Rudenich, Raiding, Selesne - Stur 1914, 34, 37, 65, 76, 96 - 97*).

Dosavadní archeologické výzkumy hutnických železářských dílen tedy nasvědčují tomu, že *západoslovanští hutníci železa dávali přednost rudám kysličnickovým*, a to především hnědelu a krevelu. Ojedinele je doloženo také zpracování magnetitu. Podobně jako hutníci v předchozích obdobích zužitkovali mnohdy zdroje pro dnešní těžbu nedůležité, podíleli se ovšem i na těžbě v oblastech, které jsou pro hutní průmysl zajímavé ještě i dnes.

Na závěr úseku vztahujícího se k těženým rudám bych se chtěla okrajově zmínit o jednom faktu, který vyplývá ze srovnání uváděného obsahu oxidu železa v rudách, jejichž vzorky, nalezené na jednotlivých lokalitách, byly testovány. Jde totiž většinou o rudy poměrně chudé, u nichž se obsah železa pohybuje kolem 40 % (střední část Moravského krasu, maďarské lokality). Dle dnešních poznatků se takováto ruda jeví pro přímou výrobu železa jako nevyhovující, a proto je třeba počítat s možností, že testovaná ruda představuje odpad, záměrně vyloučený z hutnického procesu už na jeho počátku.

2. Obohacování rudy před tavbou

Vytěžená železná ruda procházela několika druhy úprav, jejichž cílem bylo její obohacení - tedy zvýšení koncentrace základního kovu v rudném materiálu vkládaném do pece. *Úpravami za studena* se rozumí oddělování hlušiny od kovonosných částí, drcení rudy na menší frakce, její sušení a propírání (*Brož 1975, 50; Kolčín 1953a, 38*). Lze předpokládat, že tyto úpravy se prováděly v blízkosti místa dobývání rudy, aby byla co nejvíce usnadněna její přeprava k hutím (*Pleiner 1958, 62*). Nasvědčují tomu i některá pozorování z mladohradištních dílen ve střední části Moravského krasu (*Souchopová 1986a, 65*).

Úpravou za tepla bylo pražení, jehož pomocí se narušila hmota rudy a ta pak byla přístupnější účinkům redukčních plynů; byla tedy snáze tavitelná. Odstranila se vlhkost rudy a eventuálně i některé její nežádoucí složky (síra). Doklady o používání tohoto tepelného způsobu úpravy rud v době slovanské přinesly archeologické výzkumy hutnických dílen ve střední části Moravského krasu, kde byly v areálu hutí zjištěny vrstvy materiálu, ležícího buď přímo na podloží nebo v mělkých prohlubních. Dle šetření dr. Rud. Burkarda (*Souchopová 1986a, 31*) šlo o *materiál negeologického, technického původu*. Tvořil jej ve své většině ostrý, zrnitý písek hnědočervené barvy (cca 80 %),

drobné kousky rudy a strusky a rovněž drobné úlomky výmazů ze stěn pecí. Základní prvek - ostrý zrnitý písek - i drobné kousky rudy se vyznačují tím, že velmi ochotně reagují na magnet. Předpokládali jsme, že tato pískovitá hmota vznikla propadáním nejdrobnějších částí pražené a drcené rudy do spodních vrstev hromad rud připravených u pecí. Předpoklad byl potvrzen porovnáním popisovaného materiálu z mladohradištní hutnické dílny v Olomučanech - Růžové ulici s železnou rudou rovněž z této dílny, kterou jsme podrobili experimentálnímu pražení a drcení (*tamtéž*, 85 ad.).

Materiálu tzv. technické povahy odpovídal nejlépe vzorek rudy, kterou jsme vystavili slabšímu pražení. Po drcení byl získán drobnozrný materiál rzivě hnědé až šedohnědé barvy s výraznou reakcí na magnet i kyselinu octovou. Ruda, která byla pražena velmi silně, byla křehká, s barvou okují. Na magnet reagovala bouřlivěji než původní materiál, reakce na kyselinu octovou byla naopak, díky silnému přepálení nerudných částí, velmi klidná, čímž ale byla rovněž srovnatelná s malou částí autentického vzorku.

Z uvedeného vyplývá, že ruda byla před tavbou upravována pražením, které ale nebylo příliš intenzivní a rovnoměrné. Tomuto odpovídá *pražení na hromádách za plného přístupu vzduchu* (Pleiner 1969a, obr. 9), způsob, který byl používán od nejstarších dob až mnohde do 19. století n.l. (Kreps 1972, 7-8). Železná ruda pro redukční pece byla upravována tímto způsobem i v dobách před slovanských (Kruta 1972, 324), nemusí to být ale pravidlem, jak ukázal rozbor vzorku železné rudy ze sídliště s hutěmi doby římské v Ořechu u Prahy (Pleiner 1987, 413).

3. Dřevěné uhlí

Palivem starých hutnických pecí bylo dřevěné uhlí, což ovšem mohlo být v době, kdy západní Slované osídlovali svá historická území, už určitým problémem. Hutníci železa přicházeli do krajín, kde byla nejen celá staletí těžena železná ruda, ale kde bylo také v důsledku dlouhodobého osídlení zřejmě už i málo kvalitního dřeva na milířování dřevěného uhlí. I to mohlo být důvodem, proč se jejich pozornost obracela k hornatým, dosud méně exponovaným územím, kde byl nejen dostatek vhodné a lehce dobytelné železné rudy, ale i lesy s bohatými zdroji kvalitního dřeva (Pleiner 1955, 21). Spotřeba dřeva pro milířování uhlí byla v některých případech tak velká, že vedla ke změně skladby devastovaných lesů. Milířování uhlí je totiž poměrně velmi náročné na hmotnost dřeva vkládaného do milířovacího pochodu. Dle *Kolčina* (1953a, 40) se z dřevní hmoty získávalo jen 30 - 33 % objemu uhlí, v pozdějších dobách se uvádí asi 50 % objemu uhlí (Kořán 1946, 108).

Výběr dřevin pro milířování byl zřejmě odvislý od místních zdrojů. Ve střední části Moravského krasu to bylo především dřevo bukové, k němuž se jen ojediněle přidružilo dřevo z jiných druhů stromů - jedlové, javorové, dubové, břízové a vzácně i borové (Opravil 1986, 92-93). V želechovické huti

se k milířování užívalo především dřevo javorové a jasanové, které bylo domovem v jižních údolích Jeseníků. Jeho těžba se uvažuje ve vzdálenosti až cca 8 km od hutnické dílny (Pleiner 1958, 216).

Dřevěné uhlí se vyznačuje značnou reaktivností v redukčním procesu, je však málo pevné, a proto je vhodné jen pro nízké pece. Vyniká čistotou (v suchém stavu obsahuje 80 - 90 % C, 2 - 3 % H, 5 - 10 % O a asi 1 % popela), což jej i dnes předurčuje pro výrobu některých jakostních druhů kovu (švédská dřevouhelná ocel - *Quadrat 1953, 40*). Etnografická pozorování svědčí o tom, že alespoň v pozdějších obdobích byl rozpoznán vliv kvality dřevěného uhlí na jakost vyrobeného kovu - např. katalánští mistři taviči používali při výrobě ocele uhlí milířované z tvrdého dubového dřeva, při výrobě měkkého železa zase lehčích druhů dřevin (*Beck 1884, 801*). Archeologické nálezy doby slovanské tomuto výběru zatím ale nenasvědčují. Botanicky určené druhy dřevin uváděné v literatuře svědčí spíše o milířování těch druhů, které se vyskytovaly v místě.

Zde bych se chtěla zmínit o hutnické dílně z doby římské, která se rozkládala u Sudic na Boskovicku a kde bylo zjištěno, že 100 % všech odebraných vzorků tvoří dub, zatímco na jiných soudobých lokalitách se vyskytuje obvykle borovice, méně dub a ojediněle i jedle (*Opravil 1981, 317-319*). I tato vyjímečná koncentrace na jeden druh dřeviny byla zřejmě dána možnostmi těžby v okolí Sudic, které leží v pásmu doubrav, takže hutníci volili ze sortimentu dřevin tu nejkvalitnější (*Opravil 1986, 92-93*). Podobná preference se prokázala např. také v hutích v Tuchlovicích, kde se páliło uhlí výhradně z borovice a sosny (*Pleiner 1958, 185*).

Za nejstarší způsob výroby dřevěného uhlí bývá považováno *milířování v jamách*, známé např. z popisu a vyobrazení v díle *Biringucciově (tamtéž, obr. 8:1)*. *P. Weiershausen (1941, 154)* jej připisoval Slovanům. Také *B. A. Kolčín* má tento způsob pálení uhlí za velmi starý a předpokládá jeho používání ve východních slovanských zemích, kde se mnohde udržel až do doby historické, místy až do 19. století n. l. (*1953a, 41*). Ze střední Evropy jsou uváděny doklady tohoto způsobu výroby dřevěného uhlí z doby laténské a římské (*Pleiner 1958, 66*), z doby slovanské zatím přímé pozůstatky po milířování v jamách nemáme. Ve střední části Moravského krasu byly při výzkumu hutnických dílen nalezeny jámy, jejichž spodní část byla pokryta vrstvami uhelného mouru, nesloužily však pro milířování, nýbrž pro skladování dřevěného paliva v hutích. Ve velkomoravské dílně v polesí Olomučany 98/1 byla taková jáma vyhloubena přímo u zadních stěn nadzemních šachtových pecí č. VI a VII (*Souhopová 1986a, 30*). Podobně situované skládky paliva jsou známy i z jiných lokalit, jde však většinou o uhlí uložené na povrchu (*Mayrhofer - Hampl 1958, obr. 3*). U většiny dílen ve střední části Moravského krasu jsme však pozorovali v blízkosti hutí *pozůstatky po* menších i větších *kruhových povrchových milířích*. Jejich stáří nelze ale přesněji určit a vzhledem k tomu, že v kraji se těžilo dřevo pro milířování ještě dlouhá staletí po zániku mladohradištních dílen, není možné se zatím ke způsobu milířování uhlí pro hutě z 8. až 11. století vyjádřit.

4. Stavební materiály - jíly, písek, kámen

Materiálem používaným pro výstavbu většiny starých hutnických pecí byl *jíl mísený v určitém poměru s pískem*. Jíl bylo pro tento účel třeba homogenizovat - rozsekat, rozmáčet a podrobit hnětení až do dosažení potřebné plasticity. Tentýž materiál byl užíván i pro výrobu formových cihel, formových panelů a dyzen. V některých oblastech se vyskytuje jako stavební materiál pecí kámen (jako alternativní řešení např. u pecí typu Nemeskér - *Gömöri 1979, 64, 84*).

V rudonosné střední části Moravského krasu byly kaolinické jíly stavebním materiálem velmi snadno dostupným a do té míry kvalitním, že byly těženy ještě v minulém století. Vyrábělo se z nich jak keramické zboží, tak i materiály používané pro svou žáruvzdornost (kamnové výmazky a pod.). Jíly se nacházejí v tzv. pestrém souvrství v peruckých vrstvách cenomanu, které je tvořeno střídajícími se polohami jílu a písku (*Regionální geologie ČSSR 1964, 272*). Takové ložisko se těžilo např. v dole Habrůvka až do r. 1955, na ložisku písku v Rudici - Seči probíhá těžba ještě v současné době. Tam byly také zaznamenány pozůstatky dřívější, zatím ale nedatovatelné těžby (zbytky výdřevy starých štol a šachet v lomové stěně; *Souchopová - Hypr, 1993, 215*).

Dobrou plasticitou se vyznačovaly jíly zbarvené žlutě, růžově a červeně, jejichž zbytky většinou nacházíme také v areálech hutnických dílen střední části Moravského krasu (*Souchopová 1986a, 68*). Žáruvzdornost jílu převyšovala potřeby dávných hutníků železa, neboť se pohybuje nad 1400°C (dle šetření ing. Krále, ČKD Blansko). Pro stěny pecí, výmazové vrstvy pecí, formové cihly a panely se užíval jíl mísený s jemnějším i hrubozrnnějším pískem. Vyskytují se ale i menší odchylky - v mladohradištní dílně v lesní trati Padouchov byly do jílového základu dávány i drobnější oblázky. Z této lokality pochází také rekonstruovaný *kovářský štítek* (tab. 23:2), u něhož bylo chemickým a mineralogickým rozбором určeno složení materiálu, z něhož byl vyroben. Na výbrusu byly patrné hrubší úlomkovité částice o rozměrech 0,3 - 3,5 mm, tvořené především křemenem a slídou, ojediněle živcem v různých stupních proměny. Jsou uloženy odděleně v jemné keramické hmotě, skládající se převážně z jílovité složky o rozměrech zrn kolem 0,002 mm. Dále je tato hmota tvořena klasickým materiálem o velikosti částic kolem 0,01 mm a většími rozptýlenými částicemi slídy a křemene kolem 0,2 mm. Rozměry drobných opakních úlomků v hmotě se pohybují kolem 0,03 mm.

Na vnější ploše kovářského štítku jsou patrné ostrůvky drobných struskovitých příškarů hnědé a tmavohnědé barvy, vysoké 0,5 - 2 mm. Pod mikroskopem jsou houbovité, s dutinkami po plynech a se sklovitými povlaky, které ukazují, že to nejsou železité sloučeniny z prostředí, kde byl nález uložen nebo vyloučeniny z hmoty nálezu. Jsou to zbytky roztavených látek (struskovité útvary), dodatečně ovlivněné větráním.

Z pozorování a rozboru je tedy patrné, že *dyznový štítek* byl vyroben z keramického materiálu, z jemné jílovité hmoty bez uhlíčanů, ostřené hrubšími částicemi křemene a slídy. O jeho používání při kovářských pracích svědčí struskové taveniny na povrchu přivráceném k výhni. Strusková tavenina

obsahuje železo, což se projevuje v reakci rhoditu draselného ve slabě kyselém prostředí přítomností iontů Fe^{3+} (za laskavé provedení rozboru a zprávu děkuji ing. S. Zachrlemu, MM Brno).

Velká pozornost byla věnována poznání stavebních hmot pecí na lokalitě Želechovice, kde bylo zjišťováno jak jejich složení, tak i *žáruvzdornost* (Bartuška - Pleiner 1965, 32-37). Při rozbořech tří výmazových hmot používaných při výstavbě konstrukce vtesaných zemních pecí v Želechovicích bylo konstatováno, že se jedná o polokyselé hmoty s hlavní mineralogickou složkou křemitou. Vrstva, která se dostávala do přímého kontaktu s žářem ohně v peci byla vysoce žáruvzdorná - až 1730°C a tvořila vlastně vnitřní ochranný plášť pece. Ostatní složky byly méně žáruvzdorné, zato ale byly mechanicky pevnější (Pleiner 1955, 16). Mineralogické složení struskové krusty na vnitřním výmazu pecí odpovídá teplotě při tavbě kolem 1300°C , při pokusných tavbách bylo dosaženo maximálních teplot kolem 1400°C ; pec byla tedy velmi dobře žáruvzdorně vybavena (Pleiner 1984, 42).

U vtesaných pecí s dlouhým hrudním tunelem ve střední části Moravského krasu nebyla uváděná vrstevnatost ve výstavbě pecí zjištěna (Součopová 1986a, 17). Materiál pro výstavbu pecí odpovídá materiálu užívanému v tomto kraji u všech typů pecí od 8. do 11. století. Lze tedy předpokládat, že rozlišování vrstev výmazů podle pevnosti a žáruvzdornosti jednotlivých složek je typické právě pro hut' v Želechovicích a je dáno zřejmě podmínkami mineralogického složení místních jíílů. Pro pece typu Želechovice ve střední části Moravského krasu je naopak typická výstavba části šachtové a kychtové stěny jako samostatného celku, vyrobeného z materiálu jednotného složení. Tato část byla modelována na výdusek vyplňující prostor mezi vlastním tělesem pece a zeminou (tab. 13:1).

V. Hutnický proces a přínos experimentu v jeho poznání

Experiment provází archeologii už dlouhou řadu desetiletí. V archeometalurgii železa se tyto pokusy týkají především vlastního hutnického *procesu přímé výroby železa z rud* (Pleiner 1961a, 618; Tylecote 1962, 183-192). Závěry experimentální činnosti mohou být srovnávány s etnografickými paralelami nebo v některých případech i s písemnými prameny. Jejím základem má být však vždy pečlivě zkoumaný archeologický nález, který nedovoluje příliš volnou interpretaci. Jinak může totiž dojít ke zkreslení původní skutečnosti a tím i nespolehlivosti výsledků. Každá experimentální tavba je modelováním původního hutnického procesu v co možná nejpodobnějších podmínkách. Velkou roli zde sehrává možnost opakování hutnického pochodu v rekonstrukcích starých zařízení, ale *při odlišných parametrech procesu*. Jsou to především ty, o nichž nás archeologický nález většinou informovat nemůže (např. výška šachty pece, intenzita dmýchání, poměr rudy a paliva, doba setrvání vytaveného produktu v nístěji a pod.). Tyto parametry jsou dnešními technickými prostředky měřitelné a slouží ke konečnému vyhodnocování výsledků tavby. Na rozdíl od starých hutníků, kteří pracovali na bázi empirie, je dnešní experimentátor odkázán právě na technické prostředky a teoretické znalosti, jejichž úroveň se vyvíjí od experimentu k experimentu. Lze to dobře dokumentovat např. na některých nových názorech, které znovu uvádějí, že i v malých dýmačkách docházelo k vysokému nauhličování redukovaného kovu a k jeho roztavení, byť jen v malém spalovacím prostoru při ústí dyzny, kde teplota přesahovala 1500°C. Tento kov se ovšem vzápětí v oxidačním prostředí druhotně zbavoval uhlíku, takže výsledkem byl produkt, jaký známe z nálezů i z pokusů (Tholander 1986, 334).

Prvním pokusem vedeným v modelu slovanské pece byl experiment prováděný v srpnu 1964 v Březně u Loun (Pleiner 1969a, 459-461). Konkrétním cílem pokusu bylo především vyzkoušet provoz redukční pece zabudované do lavice rostlé hlíny (typ Želechovice) a vysvětlit funkci podkovovité dutiny umístěné v její zadní stěně. Zároveň byl prováděn pokus v nadzemní šachtové peci se zahlobenou nístějí typu Scharmbeck (SZ Německo), o němž považuji za nutné se zmínit vzhledem k tomu, že podobný typ pece datovaný do mladší doby hradištní, se vyskytuje rovněž ve střední části Moravského krasu (Součopová 1986a, 40). Typově se k této peci přibližují také objekty nalezené v Sudicích na Boskovicku, jejichž šachta byla rovněž přenosná (Ludíkovský - Součopová 1979, 38).

V peci typu Želechovice byly provedeny celkem tři tavby ve dvou experimentálních aparátech. Metalografické rozborly byly provedeny na 10 vzorcích získaného kovu, přičemž bylo dbáno na to, aby byly zachyceny všechny fáze výroby kovu, od izolovaných kovových zrn ve strusec,

přes plíškovou a síťkovou fázi až k slinované houbě (vzorek 270 - *Pleiner 1969a, 475-476*). Hlavní část železné houby byla, přestože obsahovala mnoho nemetalických vměstků, poměrně kompaktní. Zkoumané vzorky prokázaly, že se jedná v podstatě o tvrdou ocel, jejíž obsah uhlíku se pohybuje kolem eutektoidních hodnot a která se tudíž při mikroskopickém pozorování vyznačovala martensitickou strukturou. Feritickou strukturu měly jen ty části houby, které byly nejbližší ústí dyzny, směrem od této vrstvy přechází kov v partii bohatší uhlíkem. Lupa byla vylomena z pece v čase, když už se po dvě hodiny nauhličovala v atmosféře podkovovité dutiny v zadní stěně šachty pece. Po vytažení byla zchlazena ve vodě, což se ve struktuře lupy projevilo oblastmi tvrdé až velmi tvrdé uhlíkové oceli s martensitickou a troostitickou strukturou (*tamtéž, obr. 19 : 4-6*).

Experimentální tavení v pecích typu Želechovice zcela prokázalo důmyslnost jejich konstrukce. Tvar kychty, jíž je vsypávána vsázka, způsobuje, že se v šachtě pece vytváří násypný kužel, po němž v určité fázi tavby začínají sklouzávat další vsázky do podkovovité dutiny v zadní stěně šachty. Tam se vznikající železná houba vycezuje a nauhličuje mimo dosah dmýchaného vzduchu, takže nedochází k reoxidaci vyráběného kovu. Doba vyhřívání a vycezování železné houby v dutině šachty byla pro její konečnou strukturu neobyčejně důležitá. Svědčí o tom výsledky nejúspěšnější tavby, kde byla lupa ponechána v peci ještě dvě hodiny po ukončení tavby. Výtěžkem byla poměrně kompaktní houba o váze 2,41 kg, což představuje cca 25 % vsazené železné rudy (*tamtéž, 470*). Produkt dávné výroby železa přímým způsobem se pravděpodobně rovněž pohyboval kolem 30 %, což by bylo i v souhlasu s dalšími experimentálními tavbami.

Pokusnými tavbami v rekonstrukci pece typu Želechovice bylo plně prokázáno, že v nich mohlo být vyráběno bohatěji nauhličené železo, tedy *kalitelná ocel*. To znamená, že slovanští kováři zpracovávali jak ocel získávanou druhotnou cementací, tak i tu, která byla vyráběna přímo v hutnických pecích.

Další pokusné hutnění železa, prováděné v peci rekonstruované dle nálezu z míst osídlených Slovany, bylo uskutečněno v tzv. *staroruském typu nadzemní šachtové pece*. Datování vlastního objektu je od našich nálezů časově velmi vzdálené, neboť tato pec se používala po velmi dlouhý časový úsek a její nálezy je možné označit spíše za etnografické než archeologické (*Kolčín 1958, 26; Kolčín - Krugová 1965, 198*).

Pokusné tavby, které se konaly v areálu Novgorodské archeologické expedice, přinesly řadu poznatků k ověření tavicího pochodu v tomto typu nadzemní šachtové pece. Výtěžek úspěšně vedených taveb se pohyboval kolem 20 % - na 7 kg vsazené železné rudy a 6 kg dřevěného uhlí bylo vytěženo zhruba 1,4 kg železa. Při jedné tavbě v této peci bylo možno zpracovat až 25 kg rudy a získat kolem 5 kg železa, přičemž bylo používáno i vypouštění části strusky z pece. Podobně jako později při experimentech s pecemi nalezenými na Blanensku se ukázalo, že úspěšné tavby probíhají rychleji než tavby vedené

s menším výsledkem (*tamtéž*, 214; *Cenek - Bezděk - Stránský - Souchopová* 1975, 83).

Na konci 70. let byly zkoumány první slovanské hutě ve střední části Moravského krasu. Nálezy pozůstatků pecí vyvolaly snahu o jejich rekonstrukci a posléze také o ověření technologických procesů výroby železa v nich. Od roku 1972 do dnešního dne byly provedeny už tři série pokusných taveb, všechny v rekonstrukcích pecí nalezených na Blanensku. Byly realizovány za součinnosti celé řady odborníků z různých oborů - podílelo se na nich muzeum v Blansku, AÚ ČSAV v Praze a Brně, Výzkumný ústav 070 Brno, Technické muzeum v Brně, metalurgové a pracovníci slévárny ČKD v Blansku (*Souchopová - Stránský* 1982, 18-19).

První čtyři pokusné tavby byly provedeny v rekonstrukci *nadzemní šachtové pece s kotlovitě zahloubenou nístějí*, jejíž pozůstatky byly zjištěny při archeologickém výzkumu mladohradištní hutnické dílny v obci Olomučany u Blanska (č. parc. 951/2-3). Původní výška šachty pece se nedochovala, a proto byl tento prvek konstrukce pece při tavnách měněn (I. tavba - 37 cm, II. a III. tavba - 51 cm, IV. tavba - 80 cm). Hloubka nístěje byla udržována konstantní, a to 32 cm od úrovně dyzen. Dyzny byly zhotoveny ze šamotu, jejich vnější průměr byl 50 mm a světlost 18 mm. Do pece bylo dmýcháno pomocí ventilátoru o příkonu 0,25 kW.

Měření pomocí dvou sériově zařazených rotačních průtokoměrů bylo ověřeno, že šachtou pece projde 3,4 m³ dmýchaneho vzduchu za hodinu, při jejím zaplnění dřevěným uhlím do výšky cca 30 cm. Uvedené množství vzduchu bylo vztaženo na plochu regulační klapky a při jednotlivých pochodech bylo mezní množství vzduchu regulováno na tomto základě. Nadzemní šachta pece byla sestavena z grafitových kelímků s odřezanými dny, pro lepší tepelnou izolaci byl však od druhé tavby nasazován na kelímky ještě ocelový plášť a mezera mezi ním a kelímky byla utěsněna křemičitým pískem (*tab. 18:1*). První tři tavby nebyly příliš úspěšné, dobrých výsledků bylo dosaženo až při čtvrté, při níž byla také zvolena nejvyšší výška šachty pece (80 cm). Celková výška pece i s nístějí činila 112 cm. Tavba probíhala velmi rychle - k předeřívání pece bylo zapotřebí cca 1 hodiny, k vlastní tavně ani ne tří hodin (2 hod. 45 minut). Výtěžek byl ale poté ponechán v peci k samovolnému chladnutí po dobu ještě 20 hodin a 15 minut. Při této tavně bylo dosaženo velmi dobrého výtěžku - 31 % z vložené rudné vsázky o hmotnosti 13 kg železné rudy (*tamtéž*, *tab. 1*).

Teplotní režim pece byl přitom udržován kolem 1100°C; dobré výsledky tavby při této poměrně nízké teplotě neodpovídají některým poznatkům z chemických a strukturálních rozborů železných strusek, při nichž bylo zjištěno, že středověcí železáři pracovali s teplotami dosahujícími až 1480 - 1505°C (*Mihok - Majerčák - Točík*, 1981, 561). Také pokusné tavení železných strusek z oblasti Běloruska svědčí o využívání spíše vyšších teplot (1260 - 1340°C; *Gurin* 1988, 372).

Z pozorování provedených čtyř taveb vyplynulo, že úspěšnost hutnického pochodu je příznivě ovlivňována rostoucí výškou šachty. Při vyšší šachtě se

lépe využije tepla k ohřevu vsázky a nepřímé redukci, sníží se tepelné ztráty. Tavba byla charakterizována vyšší rychlostí spalování a tím i vyšší rychlostí klesání rudy ve vsázce. U méně úspěšných taveb se tato rychlost pohybuje v průměru pod 2 kg/hod., u úspěšné čtvrté tavby činí 7 kg/hod. Svůj podíl na úspěšnosti taveb mělo také složení vsázky železné rudy. Zpočátku jsme se soustředili na užití rudy, kterou jsme nacházeli roztroušenou přímo v areálu mladohradištní hutě v Olomučanech (tab. 21:2). Protože však nebylo možné vyloučit, že se jedná o vyražené zbytky chudé suroviny, byla ruda kombinována s indickým hematitem. Při čtvrté tavbě byl podíl olomučanské rudy velmi malý - 1 díl rudy olomučanské k 6 dílům rudy indické.

Metalografickému rozboru byly podrobeny železné houby z I. a IV. tavby. Jejich struktura sestávala z morfoloicky odlišných produktů. V okrajových zónách byly zjištěny oddělené částice železa uložené v kysličnicích, dále ke středu potom tyto částice přecházely ve spojitou kostru, vyznačující se různým stupněm nauhličení produktu. Obsah uhlíku byl do jisté míry úměrný velikosti kovových zrn - od oblastí s podeutektoidní a eutektoidní koncentrací až po nadeutektoidní strukturu u houbovitého železa ze IV. tavby (Souchopová - Stránský 1983, 533), kde je prokázáno vyloučení sekundárního cementitu po hranicích původních austenických zrn. Ferit a stopy perlitu v té části produktu, která se vyznačovala spojitou kostrou železné houby, měly Widmannstättenovu strukturu (tab. 21:1).

Poznatky z dalších pokusných taveb prováděných v rekonstrukcích pecí nalezených na Blanensku dovolují dnes soudit, že u rekonstrukce mladohradištní pece z Olomučan došlo použitím grafitových kelímků, vrstvy písku a plechového obalu k chybě. Původní pec nebyla tak dobře tepelně izolována a podmínky v pokusné peci se tím do určité míry přiblížily k pecím ve-stavěným, což se projevilo i výhodností ponechání získaného produktu v peci ještě dlouhou dobu po skončení tavby.

Další série pokusů byla vedena v rekonstrukci *nadzemní pece šachtové z doby římské*. Tyto pece byly nalezeny na velkém hutnickém centru z 3. - 4. století n. l. v Sudicích u Boskovic. Typem i velkým počtem objektů na jedné lokalitě (134 kusů nistějí) odpovídají v té době známým nadzemním šachtovým pecím se zahluobenými nistějemi, stavěným v tzv. hutnických polích. Pokusy v rekonstrukcích těchto pecí byly prováděny jak u nás (Souchopová-Stránský 1989, 153-158), tak i v zahraničí (Bielenin 1973, 63-66). Chronologickým zařazením i etnicitou se vymykají tématu této práce, byly však velmi dobrým regulátorem poznatků získaných při tavných v rekonstrukci výše uváděné nadzemní šachtové pece z mladší doby hradištní (Souchopová - Stránský 1983, 528-533), i při další třetí sérii experimentálních taveb v pecích rekonstruovaných na základě nálezů z Blanenska. Podobně jako u olomučanské, tak i u sudické varianty nadzemní šachtové pece se prokázalo, že produkovala houbovitě železo, které neprošlo tekutým skupenstvím. I zde byl doložen značně rozdílný stupeň nauhličení v různých oblastech houby. Např. v náhodně vybraných a oddělených granulích železa základní kostry železné houby z II. pokusné tavby v sudické variantě pece se obsah uhlíku pohyboval od stopových

množství až po obsahy $2,4 \pm 0,4$ %. Méně nauhličené partie bylo možné po nahřátí do světležlutého žáru zpracovat kováním (*Souchopová-Stránský 1989, 157*).

Třetí série experimentálních taveb v rekonstrukcích hutnických pecí, jejichž pozůstatky byly objeveny při archeologických výzkumech na Blanensku, byla uzavřena v současné době. K těmto tavnám byla vybrána *vestavěná dýmačka s tenkou hrudí* z 9. století n.l., jejíž předloha byla nalezena v areálu velkomoravské hutě v polesí obce Olomučany, v lesním odd. 98/1 (*Souchopová 1980a, 222; Souchopová - Stránský, 1991, 151*). V tomto případě lze skutečně hovořit o předloze pokusné pece, neboť jedna z pěti nalezených vestavěných dýmaček byla zachována téměř kompletně. Výzkum však přinesl šťastnou shodou okolností nejen nálezy dobře zachovaných pecí, ale také doklady zpracování rud před tavnou a konečně i finální výrobky hutě - železné lupy, takže představa o technice i technologii výroby železa v této huti je velmi dobrá.

Tvar i přesné rozměry konstrukce experimentální pece jsme vytvořili okopírováním vnitřního prostoru vestavěné dýmačky s tenkou hrudí č. I, která byla za tímto účelem rozebrána pomocí několika vertikálních řezů (*tab. 16; 17:1*). Pokusná pec byla z důvodů snazší manipulace a kontroly vnitřního prostoru po tavnách skládána ze dvou polovin zabudovaných do formovacích slévačských ráků. Dbali jsme při tom i na dostatečnou sílu stěn experimentálního objektu, aby byla adekvátně nahrazena tepelná izolace rostlé zeminy, do níž byla původní pec vestavěna (*tab. 18:2; 20 : 2*).

V modelu vestavěné dýmačky s tenkou hrudí bylo provedeno celkem sedm taveb. První tři tavby se realizovaly v pecích postavených přímo v terénu, další potom v modelu pece zabudovaném do železných formovacích ráků v laboratorních podmínkách v malé slévárenské hale ČKD Blansko. Poznatky získané prováděnými experimenty se v plné míře zúročily zvláště při několika posledních tavnách. Velmi úspěšná byla např. tavba BS 4 (č. 7), prováděná dne 23. 11. 1983 (*Souchopová - Král - Čípek - Stránský 1985, 29*).

První fázi této tavby bylo zapálení a předeřtání pece, které trvalo 92 minut. Bylo spáleno 18 kg dřevěného uhlí a na konci byla dosažena teplota 1010°C. Poté jsme do pece začali vsazovat dávky paliva a rudy, přičemž bylo vsazeno 20 kg dřevěného uhlí a 20 kg železné rudy. Tato fáze tavby trvala 2 hodiny 28 minut, střední teplota v peci se pohybovala kolem 1146°C. Před ukončením vsázek se podařilo vypustit z pece velkou část strusky, která při otevření otvoru v hrudi pece volně vytékala. Po odstavení dmýchání jsme v malých intervalech přidali ještě 6 kg dřevěného uhlí, poté byl produkt vylomen.

Při popisované tavně byl vyroben celistvý kus struskou prostoupené, ale hutné železné houby. Má 8,80 kg, což je 44 % z vložené rudné vsázky. Její okrajové části tvoří struskou silně prostoupený ferit (*tamtéž, obr. 11*), zatímco více ke středu kusu je to struktura feriticko-perlitická, s feritem vyloučeným na způsob Widmannstättenovy struktury (*tamtéž, obr. 10*). Výtěžek tavby byl tedy neobyčejně dobrý, z 20 kg železné rudy jsme získali železnou houbu o hmotnosti 8,80 kg. Určitá doba, kdy produkt zůstal v peci za pokračujících

vsázek dřevěného uhlí, přispěla patrně ke kompaktnosti produktu, neboť dobíhající redukční procesy nad nístějí nebyly přerušeny předčasně. Prudké ochlazení po vylomení žhavého produktu zabránilo nežádoucí druhotné oxidaci a ztrátám vyrobeného kovu.

Vestavěné dýmačky měly díky svému zabudování v rostlé hlíně výbornou izolační schopnost a teplotu v nich bylo možné udržet ještě dlouho po ukončení vlastní tavby, což znamená, že v té době mohlo docházet ke slnutí železné houby a jejímu nauhličování v redukční atmosféře. Tímto se také redukční dýmačky odlišovaly od nadzemních šachtových pecí, u nichž byla schopnost udržet teplotu podstatně nižší.

Zatímco u šachtové pece bylo asi nutné železnou houbu vytáhnout krátce po zastavení dmýchání vzduchu, poněvadž rychle chladla, mohla u vestavěných pecí houba setrvat v nístějí za vysoké teploty nad 700°C nepoměrně déle.

Velmi dobrých výsledků se mnohdy dosahuje i při tavných železa, které nejsou vedeny exaktně a při nichž není plynule sledován a měřen technologický průběh tavby. Klasickým dokladem toho je vlastně vůbec už první pokusná tavba, vedená *G. Wurmbbrandtem (1877, 152)*, který experimentoval s tavením železa v prosté kruhové výhni. Proces trval za použití dmýchání vzduchu asi 26 hodin, přičemž bylo získáno železo o hmotnosti 20 % vložené pražené železné rudy. Železo bylo velmi dobře kujné a byly z něho vyrobeny nože, nástroje a zbraně, přesto, že šlo o tavbu vedenou v přírodních podmínkách a bohužel ne příliš dokumentovanou. I naše vlastní zkušenost potvrzuje, že je možné získat kvalitní železnou houbu při tavných, kde nebylo prováděno detailní měření přístroji, ale kde mají hutníci už určité praktické zkušenosti. Dokladem toho jsou tavby železa publikované při příležitosti Dne dávného hutnictví železa, konaného dne 3. června 1989 před boskovickým hradem (*Stránský - Souchopová 1990, 261-263*). Pec použitá k tavnám byla rekonstruována podle nálezů zbytků nadzemních šachtových pecí z areálu velkomoravské hutnické dílny v polesí obce Olomučany, les. odd. 98/1. Nezůstala dochována výška pecí, kterou bylo třeba doplnit na základě pokusných vědeckých taveb a etnografických analogií. Jako optimální se dle získaných zkušeností jevila výška 170 cm. Nístěj ukázkové pece měla vnitřní průměr 45 cm, kychta asi 25 cm. Vnější rozměry pece se pohybovaly kolem 90 cm u spodní části a kolem 35 cm u vrcholu šachty.

Pec byla zapálena dřevem a dřevěným uhlím vždy kolem deváté hodiny ranní. Po zhruba hodinovém předehrání pece se začala vsazovat železná ruda spolu s dřevěným uhlím v poměru asi 1 : 1,5 až 1 : 2. Teplota v peci byla regulována podle plamene hořícího oxidu uhelnatého na výstupu z kychty. Uhasínal-li, byla zvýšena intenzita dmýchání, byl-li naopak příliš vysoký, byla intenzita dmýchání snižována. Tavba končila zpravidla kolem čtvrté hodiny odpoledne, tedy po šesti hodinách, přičemž se do té doby zpracovalo vždy asi 10 až 15 kg krevele a spálilo zhruba 25 až 30 kg dřevěného uhlí. Pec byla v místě hrudi otevřena a kleštěmi pomocí sochoru z ní byla vylomena a vyjmuta železná houba, sestávající z jádra a řady úlomků a ochlazená ponořením do vody. Hmotnost houbovitého železa, které bylo z více jak jedné třetiny

prostoupené struskou, se pohybovala kolem 4 až 8 kg. Zbývající struska a neredukované, nespojené zbytky železné rudy byly z mělce zahloubené níže vyhrabávány, poté byla pec žáruvzdornou hmotou opravena a připravena k další tavbě. Z železné houby z tavby konané dne 3. června 1989 bylo několik úlomků podrobeno metalografické analýze.

Okrajové části železné houby se vyznačovaly značnou křehkostí a byly z velké části prostoupeny struskou. Jejich základní kovová hmota byla tvořena polyedrickými zrny feritu (*tamtéž, obr. 3*). Vzorky získané z vnitřních částí železné houby, z horních partií produktu, byly naopak charakterizovány značnou houževnatostí a výbornou tvárností. Strukturu vzorků tvořila hrubá, polyedrická zrna feritu s místně vyloučeným terciárním cementitem po hranicích zrn (*tamtéž, obr. 4*). Nejnižší položené části železné houby byly díky styku se silně redukčním prostředím dřevěného uhlí v níže silně nauhličený, a to místně až do oblasti nadeutektoidní koncentrace. Po prudkém ochlazení houby vodou vykazuje struktura vzorků z této části produktu tvorbu horního bainitu a jehlic a desek sekundárního cementitu vyloučených v krystalografických rovinách původního austenitu (*tamtéž, obr. 6*).

Z uvedeného vyplývá, že možnost nauhličení železné houby během tavení roste ve směru dolů od horní části níže, za níž je považována úroveň vyústění dyzen. Při tomto závěru je však třeba brát v úvahu skutečnost, že struktura železné houby je poznamenána značným stupněm heterogenity rozložení koncentrace uhlíku, neboť místně lze najít zvýšený stupeň nauhličení i v horních částech houby, stejně tak jako feritickou strukturu v produktu ze spodní části níže. Tendence k nauhličení částí železné houby, jejímu kompaktnímu slnutí a homogenizaci však roste ve směru od osy dyzen k níže pece.

Dosavadní experimentální tavby v malých pecích a jejich metalurgické vyhodnocení přinesly některé nové informace, pomocí nichž je možné přesněji charakterizovat rozdíly mezi procesem tzv. přímé a nepřímé výroby železa z rud (*Tylecote - Austin - Wraith 1971*). V podstatě je tyto rozdílnosti možné demonstrovat prostřednictvím tří základních ukazatelů, jimiž jsou *jakost vyrobeného železa, měrná spotřeba paliva a měrná spotřeba času* (*Stránský - Souchopová, 1990, 74-76*).

Dobrá jakost železa vyrobeného přímou cestou z rud, jeho vysoká houževnatost a tvárnost je dána v podstatě především tím, že *redukce probíhá za poměrně nízké teploty* (asi při 700 až 1200 °C) a jednotlivé granule železné houby i její celistvé části mají velmi nízké koncentrace příměsí v základní kovové hmotě - matici. K příměsím počítáme především křemík a mangan, dále fosfor a síru. Škodlivé jsou hlavně fosfor a síra, neboť propůjčují vyrobenému železu křehkost za studena i za tepla. Fosfor, který neškodí tolik jako síra, je možné omezit výběrem bezfosforatých rud. Užití dřevěného uhlí jako paliva pak zaručuje velmi nízké obsahy síry.

Nízké koncentrace příměsí v matici železa vyrobeného v dýmačkách jsou dány hlavně dvěma činiteli. Jedním je poměrně nízká teplota, které odpovídají vysoké hodnoty rozdělovacích poměrů prvků mezi struskou a kovem a velmi

nízké hodnoty koeficientů difuze prvků. V praxi to znamená, že příměsi jsou v matici špatně rozpustné a že se velmi pomalu přerozdělují.

Druhým činitelem, který ovlivňuje nízkou koncentraci příměsí v matici železa a tím i jeho jakost, je čas daný dobou trvání hutnického pochodu. Nepostačuje k tomu, aby se příměsi přerozdělily z rozhraní strusky a tuhého roztoku železa přes celý objem železné houby. Výjimku z tohoto pravidla činí uhlík, který tvoří s železem intersticiální tuhý roztok a velmi rychle se v něm i za poměrně nízkých teplot přerozděluje a difunduje. Dále je jistou výjimkou fosfor, jehož difuzivita (tj. rychlost difuze) leží mezi difuzivitou uhlíku a ostatních prvků (Si, Mn, S). Při pochodu v malých pecích se tedy vyrobená železná houba snadno nauhličí z redukční atmosféry pece a lokálně obohatí fosforem ze strusky, avšak koncentrace ostatních prvků zůstanou v matici na velmi nízké úrovni. Jinak řečeno, s výjimkou uhlíku a fosforu se v matici rozpustí velmi málo ostatních příměsí. Železo vyrobené přímo z rud tak sestává z velmi čisté základní kovové hmoty, prostoupené nekovovými struskovými částicemi - vměstky, které svým složením odrážejí výchozí rudnou vsázku. Obsahují-li tyto vměstky vysoký podíl kyselých složek oxidů (především SiO_2) a nízký podíl bazických složek (CaO , MgO , FeO , MnO), včetně nízkého podílu P_2O_5 , je vyrobené železo dobře odolné korozi ve vlhkém prostředí.

Ve srovnání s tím jsou pro železo vyrobené nepřímým pochodem (tj. surové železo, které musí být druhotně zkujňováno) charakteristické podstatně vyšší koncentrace příměsí - křemíku, manganu a fosforu. Je-li při výrobě použito minerálního paliva (koks), má toto železo též vyšší obsah síry. Vyšší obsahy příměsí v surovém železe určuje především teplota, zatímco čas při tom nehraje velkou roli. Při teplotách ve vysoké peci (1600 - 1700 C) jsou struska i nauhličené železo již v kapalném stavu, čemuž odpovídají nižší hodnoty rozdělovacích poměrů prvků mezi strusku a kov a také o více než o tři řády vyšší hodnoty koeficientů difuze. To vede k tomu, že roztavené železo v sobě v krátkém čase rozpustí jako příměsi prvky obsažené ve strusce. Patří k nim křemík, fosfor a síra. Také uhlík v surovém železe zvyšuje svoji koncentraci, neboť se v kapalném železe rozpouští tím snadněji, čím vyšší je teplota. Zkujněním surového železa ve výhních se sice sníží obsah uhlíku a zčásti i křemíku, ale velká část fosforu a téměř všechna síra do zkujněného železa přechází. Koncentrace škodlivých příměsí je tedy v železech a ocelích vyrobených nepřímou cestou vyšší než v železech z malých redukčních pecí a dýmaček.

Vyšším obsahům fosforu a síry pak odpovídá zvýšená křehkost surového železa. Znamená to, že i za jinak stejných podmínek (např. při stejném obsahu ostatních příměsí, stejném tepelném zpracování aj.) jsou výrobky slévatelné, ale nikoliv kujné.

Malé redukční pece a později i kusové pece neumožňovaly již v samotném technologickém principu intenzifikovat proces přímé výroby železa z rud natolik, aby byl srovnatelný s procesem výroby nepřímé. Proces v dýmačkách totiž není možno vést tak, aby se v kratším čase a při menší spotřebě paliva (dřevěného uhlí) vyrobilo významně větší množství železné houby. Omezující

činitel spočívá v nízké teplotě, která nesmí trvale překročit jistou mez (asi 1250 °C). Jinak se železná houba v redukční atmosféře v nížeji může nahlíčit natolik, že vznikne tekuté surové železo (označované při tomto pochodu jako sviňské, "pig iron"). Při nízké teplotě však probíhají chemické reakce a fyzikální procesy (např. přechod prvků ze strusky do železa a difuze prvků v železe) v tuhých roztocích, a proto, jak bylo již uvedeno, o více než tři řády pomaleji (více než 1000 krát pomaleji) než v železe tekutém. Umožňuje to ponechat pro redukci železa v malých pecích dostatečně velký časový prostor, aby mohlo dojít ke slnutí a nahlíčení vyráběného kovu. Celková délka trvání hutnického procesu ale zase vede k vysoké měrné spotřebě paliva. To do určité míry vysvětluje i značnou oblibu pecí vestavěných do rostlé hlíny, tedy pecí dobře tepelně izolovaných. Typickým příkladem toho mohou být pece typu Želechovice či vestavěné dýmačky s tenkou hrudí.

Experimentální tavby v rekonstrukcích starých pecí přinesly už několik zpracovatelných železných konglomerátů, které jsou prakticky adekvátní houbovitému železu vyrobenému v původních hutnických aparátech. Logickým pokračováním těchto experimentů je proto i snaha alespoň část z pokusně vytaveného železa zpracovat kovářsky.

První část pokusů s kovářským zpracováním houbovitého železa proběhla v Hroznatíně dne 8. 10. 1988. K pokusu byla vybrána část železné houby vytavené při ukázkové tavně železa v rekonstrukci velkomoravské nadzemní šachtové pece, zhotovené dle nálezů pecí na ploše hutě v polesí Olomučany, les. odd. 98/1. Zvolená část železné houby byla pokusně kovářsky svařována v ohni, přičemž bylo zapotřebí nechat vyhořet zapečené dřevěné uhlí a zbavit houbu ostatních nečistot. Pěchování vyčištěného kusu šlo velmi dobře, prodlužování bylo méně úspěšné. Celkově se podařilo získat cca 9 % čistého železa z původní hmotnosti železné houby, což je málo. Zčásti je to však možné přičíst neznalosti v postupu práce se zpracováním železné houby tohoto starého typu. Opakované provádění pokusů se zpracováním houbovitého železa a vyhodnocení těchto pokusů za spolupráce archeologa a metalurga mohou přinést nové poznatky k řešení otázky, jak velký byl čistý kovářský výtěžek z houbovitého železa, což je problematika realizovaná u některých pokusů nejen v teoretické rovině (Gilles 1960; Barbré - Thomsen 1983, 153, obr. 2).

Dokladem původního kovářského zpracování houbovitého železa jsou tři *ploché trojúhelníkové destičky* nalezené na mladohradištní hutnické lokalitě ve střední části Moravského krasu, v polesí Olomučany, v lesním odd. 100 (Součopová 1986a, 53 a d.). Jejich rozměry byly takřka stejné (60x60x70 mm, síla kolem 11 mm; *tamtéž, obr. XII : 3*). Metalografický rozbor jednoho z těchto kusů prokázal, že se jedná o překovaný výrobek z tvrdé, slabě podeutektoidní oceli. Obsahuje velmi málo nemetalických vměstků a jeho struktura je téměř homogenní. Jde o lamelární perlit, místy velmi jemný, který je v bývalých hranicích austenitických zrn (velikosti asi ASTM 3) obklopen tenkým síťovým feritu, vystupujícím mimoto v podobě tenkých a dlouhých jehlic uprostřed perlitových zrn. Tato feritová složka působila na první pohled pro svou jemnost dojmem cementitu, tomu však odporuje její mikrotvrdość (250-350), která

je neobyčejně vysoká, zdaleka však nedosahuje mikrotvrdoti cementitu (přes 1000 jednotek). Perlitické zrno má mikrotvrdot v průměru cca 350 - 450 mHV. Podle struktury se odhaduje obsah uhlíku na 0,5 - 0,7%. Manganu je 0,017 %, fosforu 0,059 %, niklu 0,022 %; měď nebyla zjištěna. Jde tedy o poměrně čistou svárkovou vysokouhlíkovou ocel, prokovanou, ale při klesající teplotě nedokovávanou (Pleiner 1979, 17).

Nalezené kovové trojúhelníkové destičky mají nerovný a silně korodovaný povrch, takže na první pohled působily spíše dojmem kousků strusky. Provedený metalografický rozbor i tvar však nasvědčují tomu, že jde o jakýsi meziprodukt, který vznikl kovářským zpracováním houbovitého železa. Výsledným výrobkem tohoto procesu měla být železná lupa - konečný výrobek hutnické dílny. Tato interpretace je založena na nálezů dvou železných kruhovitých ploten v Kołobrzegu v Pomořanech. Jsou datovány od poloviny 8. do 13. století a interpretovány jako železné lupy (Łosiński 1959, 25, obr. 6; Leciewicz - Łosiński - Tabaczyńska 1961, 41, obr. 14). B. A. Rybakov uvádí, že kováři při vytloukání struskových vměstků rozdělovali surovinu na několik dílů zpracovaných postupně (1948, 131). Trojúhelníkovité destičky nalezené v mladohradištní dílně v Olomučanech jsou právě zřejmě dokladem tohoto procesu. Jde o výseče větší kruhové plotny, z nichž bylo možno vytloukat nemetalické vměstky (Souchopová 1986a, 72). I místo, kde se dvě z těchto destiček našly, tomu nasvědčuje - byly tam objeveny kromě zlomků drobnějších kusů pecních výmazů, dyzen a silně členité ostré strusky také dva struskové bochníkovité slitky, které indikují kovářskou činnost v místě (tamtéž, 55).

Ekonomické údaje o výtěžcích pecí, hutnických komplexů i celých regionů je možné odhadovat pomocí výpočtů. Jejich základem je matematické zjištění pracovních prostorů pecí (např. Ljutěžská pec měla pracovní objem 0,1 m², Nová Pokrovka do 0,15 m², remezovská pec II do 0,05 m², remezovská pec XII do 0,033 m² - Paňkov 1982, 210). Další podmínkou je potom ověření, jaké váhové množství materiálu je do vypočítaného pracovního objemu pece možno vsypat. Jsou zde velké rozdíly mezi rudou a uhlím, neboť je třeba brát v úvahu, že zásyp pece byl různě porézní. Např. u uváděné Ljutěžské pece s pracovním objemem kolem 0,1 m² je možno vsypat buď 200 kg rudy nebo 20 kg dřevěného uhlí. Za předpokladu, že pro pracovní proces v této peci bylo zapotřebí cca 55 % dřevěného uhlí a 45 % železné rudy, lze vypočítat, že z 11 kg dřevěného uhlí a 9 kg rudy bylo možno při jedné tavbě v peci získat asi 4,2 kg houbovitého železa. Tento výtěžek je minimální, neboť dosud není možno zjistit, kolik doplňujících vsázek mohlo být do pecí přidáváno. Podobně minimální výtěžky byly vypočítány i u dalších uváděných pecí (Nová Pokrovka - 6,9 kg, Remezovcy II - 2,3 kg, Remezovcy XII - 1,4 kg; tamtéž, 210-211).

Doplňující vsázky mohly celkový výtěžek skutečně ovlivnit velmi výrazně. Dokladem toho jsou experimentální tavby v nadzemních šachtových pecích z Hor Svatého kříže, kde bylo získáno z jedné tavby cca 20 kg železa (Bielenin 1974, 208). Pracovní objem plně srovnatelných nadzemních šachtových pecí z lokality Novoklinove je vypočítán na 0,15 m², což je prostor o polovinu větší

než u výše uváděné pece ljutěžské (*Paňkov 1982, 210*), u níž se ale počítá s minimálním výtěžkem jen 4,2 kg železa na jednu tavbu. Z tohoto příkladu vysvítá důležitost doplňujících vsázek pro reálný výtěžek taveb. Vypočítané pracovní objemy pecí sehrávají tedy spíše úlohu určitého orientačního ukazatele, který sice umožňuje srovnání jednotlivých typů pecí, ale kde je třeba ještě vždy zvažovat vliv dalších faktorů působících na hmotnost vyrobeného houbovitého železa.

VI. Vztah hutnické a kovářské práce

U kovářství železa je na jeho počátku - v období přímé výroby železa z rud, třeba rozlišovat dvojí druh práce. První formou bylo zpracování houbovitého vytaveného železa v železnou lupu. Tato část kovářské práce byla prováděna zpravidla v hutích. Druhou, vlastní formou kovářské práce, je potom produkce finálních výkovků, prováděná v kovárnách, tedy mimo hutě, na hradištích a vsích. Obojí vyžaduje opakovaný ohřev železa ve výhni vyplněné dřevěným uhlím, kdy za teplot 700 - 1200°C vznikají okuje (kysličník železnatoželezitý). Pro jejich snazší odstranění jsou používány různé prostředky (redukční křemitý písek, vápencová drť, hlinka, v současné době to bývá borax). Okuje, které neodprýskaly, se tak mění ve strusku, protékající dřevěným uhlím v misce výhně a mísící se s popelem. Při zpracování konglomerátu houbovitého železa stéká mimo to do výhně i původní struska vzniklá při hutnickém pochodu. Po určité době se tak v prohlubni výhně vytváří typická kovářská struska, která má formu otisku dna výhně. Jsou to plankonvexní (bochníčkovité, koláčovité) struskové slitky, dochované buď v celku nebo ve zlomcích. Nalézají se v prostoru kováren i v blízkém okolí, často také na hromadách, kam je kovář vyhazoval. Jejich běžná velikost se zpravidla pohybuje kolem 15 cm v průměru. Pokud vzniká při výzkumu železářských lokalit pochybnost, zda se jedná o nález kovářské strusky či struskového konglomerátu z nístěje pece, potom je možné k zjištění použít srovnání nístěje pece se slítkem.

1. Prvotní zpracování houbovitého železa v hutích

Dokladů prvotního zpracování železa přímo v hutích není mnoho. Dokonce např. ani v huti v Hajvoronu, která se vyznačovala geograficky velmi uzavřenou organizací práce, nebyly stopy po kovářské činnosti nalezeny (*Bidzilja 1963, 142 - 143*).

Za doklady uváděné kovářské činnosti lze považovat nálezy železných lup, případně většího množství kovářské strusky, pozůstatky výhni a kovářské štítky. *Železné lupy* byly nalezeny v areálu hutnické dílny z období velkomoravského ve střední části Moravského krasu a na maďarské lokalitě *Somogyfajsz*. Na obou lokalitách měly tyto lupy bochníkovitou formu a váhu kolem 2,5 kg.

Zajímavým zjištěním je, že byly nalezeny v blízkosti redukčních pecí, což zavdává určitý podklad k otázce, zda tyto pece (eventuálně pouze jejich nístěje po rozbití vyšších partií stěn) nebyly užívány jako výhně (*Souchopová 1986a, 30*). Ve velkomoravské hutnické dílně u Olomučan byla v huti nadto nalezena ještě i jedna miskovitá výheň, mělce zapuštěná do podloží (blíže viz kap. VII).

Podobný nález kovářsky již zpracovaného železa byl učiněn v areálu mladohradištní hutě, opět ve střední části Moravského krasu, v dílně, která se rozkládala v dnešní Růžové ulici v *Olomučanech u Blanska* (*Souchopová 1969, 43*). Stopy po kovářské činnosti však přinesla i další mladohradištní dílna zkoumaná v této železářsky kdysi velmi exponované krajině. Rozkládala se poblíž známé jeskyně Býčí skála, v lesní trati Padouchov, v polesí obce *Habrůvka* (*Souchopová 1970, 15-26; 1986a, 46-53*). Celá lokalita je dnes porostlá vysokým lesem a mohla být tedy odkrývána jen sondážně. Výrobní činnost byla prokázána díky nálezům nístěje nadzemní šachtové pece a velkému množství hutnické strusky. Dva plankonvexní struskové slitky o průměru 150 - 160 mm jsou dokladem práce výhně, jejich celkový počet na lokalitě neznáme pro výše uvedenou malou plochu odkryvu. V kulturní vrstvě lokality byly ale také i fragmenty velmi dobře rekonstruovatelného *kovářského (výhňového) štítku*, který u nás nebyl do té doby objeven či alespoň jeho nález nebyl zaznamenán. Tento předmět, chránící měch před žárem výhně, je totiž, pokud se najde jen ve zlomcích, velmi lehce zaměnitelný s fragmenty stěn pecí. V současnosti je znám ještě jeden nález části výhňového štítku, a to z *kovárny* na podhradí *velkomoravských Mikulčic* (*Klíma 1985, 433-435, obr. 3*). Autor článku upozorňuje na možnost stejné interpretace u zlomků keramických předmětů z dalšího velkomoravského hradiště, ze *Starého Města*, kde byly v poloze "Nad haltýři" objeveny pozůstatky železářské činnosti (*Hrubý 1965, 310 ad; obr. 99, 101, tab. XXXIV*).

Výhňový štítek z hutnické dílny v Padouchově u *Habrůvky* byl vyroben z jílovitého materiálu užívaného na lokalitě běžně pro výmazy pecí a pro výrobu dyzen. Byla v něm však použita větší příměs ostřiva - hrubších zrněk písku a drobných oblázků. Pozorováním v mikroskopu a chemickým rozбором struskových příškarů na teplé straně předmětu bylo potvrzeno, že byl používán při práci s železem. Na straně obrácené k ohni byl štítek ozdoben prstovanými žlábkami, opakujícími jeho celkový podkovovitý tvar (*tab. 23:2*).

Dobré dochování mladohradištního kovářského štítku z Padouchova umožňuje jeho naprosto jednoznačnou interpretaci a srovnání se zahraničními nálezy jako jsou např. výhňové štíty z Ribe, z časného vikingského období (8. - 9. století; *Bencard 1979, obr. 5*), z jutského hradiště ve Fyrkatt (*Roesdahl 1977, 45*), nebo kamenný mastkový kus ze Snaftunu v Dánsku, který je na straně přivrácené k ohni zdobený stylizovanou tváří, představující snad boha kovářů - Lokiho (*Thomsen 1971, 103, obr. 2*).

Užití výhňového štítu z tehdejší doby je zachyceno na jednom z výjevů výzdoby kamenné stěny na Ramsundsberget, kde je vyobrazen Sigurd sedící v dílně mrtvého kováře Regina (*Glob 1959, obr. 1*). Dobové zobrazení výbavy kovářské dílny je zachyceno i na řezbě kostelních dveří z norského Hylestadu datovaných do 12. století (*Tholån - Bergman 1979, 103, obr. 2*). Kovář ková železo na kovářské kladce a jeho pomocník obsluhuje dvojčinný měch, který ústí do výhně a je chráněn podkovovitým kovářským štítkem. Z vyobrazení vysvítá, že štítek stál mezi měchem a výhní, přičemž ústí měchu procházelo otvorem

v dolní části štítku a směřovalo do výhně, zatímco tělo měchu kryla před žarem výhně a před vyletujícím jiskrami horní část štítku.

Uvedené nálezy umožňují tedy předpokládat, že i výhňový štítek z mladohradištní hutě v dnešní trati Padouchov u obce Habrůvka ve střední části Moravského krasu sloužil práci kováře. Tento předpoklad posiluje i další nález, jehož průkaznost je ale menší. Je to *část železné podkovy* s ramenem opatřeným třemi obdélníkovitými otvory (*Souchopová 1986a, obr. IX : 2*). Závažnost nálezu vystupuje do popředí až v souvislosti se starším výzkumem H. V. Sáňky, který kopal někde v dnes blíže neurčitelném místě v téže lesní trati. Popisuje totiž nálezy podkov stejného typu a udává, že se v těchto místech nacházely už i dříve (*Sáňka 1903, 54; Souchopová 1986a, 50*).

Nemožnost odkryvu větší části plochy dílny zapříčiňuje neúplnost závěrů o formě kovářské práce v jejím areálu. Zcela bezpečně lze počítat se základním čištěním houbovitého železa a jeho zpracováním v železnou lupu, otázku další kovářské činnosti na lokalitě, kterou navozuje nález části podkovy, však nelze s určitostí zodpovědět. Je škoda, že u této hutě, která se jeví jako velmi zajímavá pro poznání vztahu hutnictví a kovářství železa v době mladohradištní, není v blízké budoucnosti možno počítat s celoplošným odkryvem.

2. Zpracování železa mimo hutě - kovářny

Zatímco hutnictví železa se soustřeďovalo poblíž zdrojů železné rudy a dřeva pro výrobu dřevěného uhlí, stopy po zpracování železa nacházíme na menších i větších sídlištních aglomeracích. O tomto kovářském zpracování získáváme zprávy z několika zdrojů. Jsou to především vlastní kovářské výrobky, jejich počet, složitost jejich výroby a eventuálně i kumulace jednotlivých druhů na některých lokalitách. Dále jsou to pozůstatky po vlastních kovářských dílnách, které přinášejí informace o vybavení dílen, jejich umístění v zástavbě, četnosti na jednotlivých nalezištích atd.

Stopy po kovářském řemesle jsou objeveny velmi často; snad na každém sídlišti byly nalezeny pozůstatky železné strusky, uhlíky, vápencová drť, mnohde i fragmenty dyzen apod. Zevšeobecněním poznatků z výzkumu slovanských sídlišť došla *D. Bialeková (1981a, 17)* k rozlišení dvou typů slovanských kovářských dílen. První představuje jednoprostorová povrchová stavba s celkovou plochou 12 - 15 m², druhou dílna zahlobená půl metru i více do podloží. Tento typ využíval pro práci kováře přirozenou lavici ze zeminy, která vznikla zahlobením prostoru dílny. Oba typy se mohou vyskytovat na jednom sídlišti či hradišti souběžně (Pobedim, Nitra). Podobně je rekonstruován i interiér dílny a jeho běžné vybavení i různé postupy prací vykonávaných kovářem (*tamtéž, 20 - 34*).

Metalografický výzkum železných předmětů dokládá v 7. - 8. století značné procento výrobně nenáročných výrobků, v období Říše velkomoravské se však situace mění ve prospěch kvalitnější kovářské produkce (*Pleiner 1967,*

77 - 188). Na jedné straně lze tedy pozorovat kumulaci hutnictví železa v rudno-hutnických revírech, na straně druhé kvantitativní i kvalitativní vzestup kovářského zpracování železa, u něhož lze předpokládat kromě dílen universálních kovářů pracujících většinou na vesnicích i dílny kovářů specialistů. K dílnám, v nichž se prováděly i *náročnější kovářské práce*, patřila se vši pravděpodobností rozměrná nadzemní srubová kovárna objevená na podhradí v *Mikulčicích*, severozápadně od hlavního vstupu na akropoli hradiště (*Klíma 1985, 428-431*). Byla dlouhá přes 7 m, z čehož určitou část představoval lehký přístřešek. Nálezová situace nasvědčuje tomu, že tento objekt byl součástí celého výrobního kovářského okrsku, umístěného zřejmě z bezpečnostních důvodů vně opevněného sídlištního celku. V kovárně nebyly sice nalezeny žádné nástroje užívané speciálně pro práci se železem, ale bylo tam dostatek dalších nálezů, které činnost kováře v dílně dokumentují. Ve východním rohu stavby byla zachycena kamenná destrukce s popelištěm a poblíž ní hromada vápencové drtě, používané jako redukční činidlo při ohřevu železa ve výhni, která se v této části dílny zřejmě nacházela. Svědčí o ní také nález keramické, struskou zahlnené dyzny a části keramického kovářského štítku. V severním rohu kovárny byly nalezeny fragmenty předmětu, který byl interpretován jako poklice cementační pece či jako kryt kovářské výhně (*tamtéž, 436*). Z želez bylo na ploše dílny nalezeno celkem 71 výkovků, šlo však především o předměty, které měly být opraveny nebo použity jako šrot. Byly tam však i nedohotovené výrobky - např. nůž, jehož čepel i řap má sice už základní podobu, ale břit ještě není vykován (*tamtéž, 437, obr. 6 : 6*). Značnou pozornost vzbudil nález půlkruhové hlavice meče typu X (*tamtéž, obr. 10*), která ležela v kulturní vrstvě jen 10 m jihovýchodně od kovárny, a to v souvislosti s předpokladem domácí produkce právě tohoto typu meče (*Dostál 1966, 70*). Kovárna byla asi opuštěna v poklidu a všechny předměty, které byly užívány a většina zásob suroviny byly odneseny. Za zmínku stojí, že v nejbližším areálu kovárny byla nalezena jen jedna neúplná hřivna. Zato v blízkém okolí, v kostele vzdáleném 150 m, byl pod podlahou nalezen bohatý depot kovářských výrobků, uváděný právě do souvislosti s předpokládaným železářským okrskem v těchto místech (*Poulik 1975, 111*).

Mikulčická kovárna představuje zřejmě funkčně dobře vybavenou dílnu, jejíž spektrum odborné činnosti mohlo být velmi široké - od oprav běžných výrobků až po specializovanou výrobu, která se snad týkala i výroby mečů nebo jejich částí.

S kovářskou výrobou souvisí také asi nálezy několika objektů interpretovaných jako redukční hutnické pece na severní ostrožně hradiště *Staré Město u Uherského Hradiště* (*Hrubý 1965, 314 - 315*). Popisy pecí se vymykají obrazu objektů téhož druhu na jiných soudobých lokalitách. Rovněž struska svým vzhledem a tvarem neodpovídá hutnické strusce tak, jak je běžně nacházena na hutnických lokalitách. Jde o struskové slitky, vznikající při práci kováře (*Souchopová 1986a, 61*).

Počet kováren ve staroměstsko-uherskohradištské sídlištní aglomeraci stoupl za současného stavu výzkumu už na osm (*Galuška 1992, 135, obr.1*).

Podrobnějšímu vyhodnocení byly v poslední době podrobeny pozůstatky dvou, objevených v poloze U Víta a označených 1/76 a 5/76. Jsou rekonstruovány jako nadzemní stavby se sníženou podlahou a mají členitý, oválný půdorys zahloubené části. Obě byly vybaveny zařízeními, které je možno interpretovat jako výhně, v dílně 1/76 byla nalezena také dobře zachovaná kopulovitá pec. Její využití se k zpracování železa nejspíše nevázalo, ale nicméně je zřejmé, že do budoucna bude zapotřebí úlohu podobných nálezů v klenotnických nebo železářských objektech pečlivě zvažovat (*tamtéž*, 132). Velmi zajímavým nálezem v kovárně 5/76 je depot 32 kusů malých sekerovitých hřiven a jejich částí, který byl uložen na dně objektu, poblíž výhně (*tamtéž*, 145 - 149). Obě kovárně pracovaly v rámci velkého výrobního okrsku, v blízkosti klenotnického areálu, od něhož je odděluje jen cca 20 m (*tamtéž*, 125).

Do 9. - 10. století jsou datovány *nálezy vyhřívacích výhní ze severní Moravy*, ze Žerotína na Olomoucku. Na tomto místě by bylo možné uvažovat o rozsáhlejší železářské výrobě, a to pravděpodobně i hutnické. Nasvědčuje tomu jak množství strusek, tak i jejich typ. Výzkum, který se prováděl za mimořádně těžkých podmínek v bahnitěm dně rybníka, neumožňoval však získat dostatečné množství důkazů pro jednoznačnou interpretaci celkového rozsahu výrobní činnosti na lokalitě (*Ludikovský 1961, 48-52; Pleiner 1958, 42; Souchopová 1986a, 61*). Přímou ve výhních byly nalezeny i velmi dobře dochované dyzny s kuželovitým rozšířením v místech nasazení na měchy (*Ludikovský 1961, obr. 11*).

Také nálezy vyhřívacích výhní v *areálu Betlémské kaple v Praze* jsou spojovány nejen s kovářskou, ale snad i hutnickou činností. Tento předpoklad je indikován především nálezy roznesených struskových hald a struskových nístějových slitků (*Pleiner 1958, 245-250; 1984, 52*). Dílna je datována do 11. - 12. století a sloužila zřejmě jako jedno ze železářských středisek knížecí Prahy.

Do doby Říše velkomoravské patří nález pozůstatků pláště nadzemní šachtové pece ze slovanského sídliště "Na laze" v *Pobedimi*. Nálezové okolnosti nasvědčují železářské výrobě rozsáhlejšího charakteru, fragmenty nedohotovených nožů jsou pravděpodobně pozůstatkem specializované kovářské činnosti (*Vendtová 1969, 202; obr. 5 : 11*). Pro pobedimské hradisko je vůbec typický velký počet depotů železných výkovků a sekerovitých hřiven, kterých zde bylo nalezeno na 2000 kusů, a to v mnoha depotech (*Bialeková 1981a, 16; Bartošková 1986, 37 - 40*). Už to samo o sobě svědčí o velmi rozvinuté kovářské výrobě v areálu.

S pozůstatky kovářské činnosti se však setkáváme hojně i *na menších slovanských lokalitách*. Pozůstatky svědčící o zpracování kovu byly např. nalezeny v jednom z objektů sídliště v Bojnících na okrese Prievidza, kde byla v poloze Lipiny objevena nejen železná struska, ale také polovina malého tyglíku a hliněná dyzna (*Bialeková 1978b, 30; 1981b, 21*).

Množství hodnotného srovnávacího materiálu přináší rovněž některé kovárně, které pracovaly na východním Slovensku. Jsou však datovány do mladšího období (*Slivka 1978, 243 - 246*).

Ve vesnickém prostředí pracovala kovárna nalezená u Bořitova, v úrodné zemědělské oblasti boskovické brázdy, kde byl v tratích Niva a Zádvoří prováděn odkryv části slovanské vesnice z konce střední doby hradištní (Souchopová 1976, 153 - 155; 1981, 35 - 36).

Kovářská dílna ležela na jejím západním okraji a byla nadto ještě oddělena od obydlené plochy vesnice strží. Co do rozlohy byla o něco menší než obytné chaty, které měly velikost cca 3 x 5 m. Mírně zahlužený objekt kovárny byl obdélníkovitého tvaru, o délce stěn 4 x 3 m, u delších stěn byly umístěny dva nosné kůly situované naproti sobě. Z vybavení kovárny se nedochovalo nic, o jejím účelu svědčilo jen množství plankovexních struskových slitků typických pro kovářské zpracování železa. Nacházely se většinou uprostřed chaty, ale také mimo ni. Jejich roztroušení bylo očividně způsobeno orbou narušující mělce zahlužené objekty vesnice. Se zpracováním železa mohl souviset i nalezený zlomek čtyřhranné železné tyče, zatímco objev železného, korozí silně napadeného talířku v odpadové jámě jihovýchodně od kovárny, patřil spíše k nálezům sídlištního charakteru. Jiné železné předměty nebyly objeveny ani v kovárně, ani v jejím blízkém okolí.

Na východním okraji vesnice, opět mimo osídlené prostory, byla odkryta *podlouhlá vanovitá vyhřívačka* s fragmenty silnostěnných dyzen v zásypu. Šlo o poměrně velký objekt o délce 120 cm, šířce 80 cm, zahlužený 60 cm do podloží (*tamtéž*). Nález svědčí o železářské činnosti vykonávané mimo kovárnu, přičemž by bylo možné uvažovat i o vyhřívání a zpracovávání houbovitého železa, tedy o postupu, který byl dle našich dosavadních poznatků prováděn spíše v areálech hutnických dílen. V blízkosti Bořitova není hutnictví železa vyloučeno, neboť na polích právě v okolí slovanské vesnice jsou kusy železné rudy vyorávány při zemědělských pracích. Stopy po tavných železa však zatím, přes pečlivou a opakovanou rekognoskaci terénu, objeveny nebyly.

Do rámce této práce by bylo možné zařadit rovněž kovárnu zkoumané v *Mutějovicích*, severně Rakovníka, v poloze "Ve křížkách". Jsou datovány do 13. století n. l. V první polovině století tam pracovala kovárna A - polozahlužené stavení o rozměrech 6 x 6 m s nadzemní konstrukcí, která byla snad srubová. V severozápadním rohu byla uprostřed zešikmené stěny objektu umístěna kovářská výheň vymazaná žáruvzdornou hlinou. Pracovní stanoviště kováře bylo v prohlubni těsně u výhně. Zešikmená část stěny vytvářela zemní lavici, na níž se předpokládá umístění měchu. Jeho konstrukci neznáme, zachovala se pouze trubkovitá keramická dyzna, která mohla sloužit jako jeho ukončení. Kovárna zanikla někdy kolem poloviny 13. století, byla stržena a její zahlužená část zasypána. Severně byla postavena další kovárna, jejíž základy porušily část stěn kovárny staré. V tomto případě bylo místo s výhni v jihozápadním rohu dílny (*Pleiner 1969b, 533, 552-553*). Nálezová náplň obou kováren byla co do inventáře poměrně chudá. Bylo tam však odkryto velké množství struskových plankovexních slitků (kovárna A - 723 ks, kovárna B - 430 ks; *tamtéž 554*). Z nálezových okolností vysvítá, že mutějovičtí kováři byli universálními venkovskými řemeslníky, kteří vyráběli a opravovali běžně užívané železné předměty různého druhu. Rozsah jejich práce dokresluje nález

tří polotovaruů kostěných rukojetí v kovárně A, které měly sloužit po dohotovení snad jako střenky k nožům (*tamtéž*, 556).

Do 12. století je datována kovárna z lokality *Kamionka Nadbužna v Polsku*, která byla vybudována podobně jako mikulčická dílna jako nadzemní srubová stavba obdélníkovitého půdorysu. Z jejího vybavení se zachovalo jen několik úlomků železných předmětů a keramických dyzen (*Rauhut 1956*, 342-352).

Pozůstatky kováren datovaných zhruba od 8. do 14. století n.l. byly nalezeny také na několika lokalitách v *evropské části bývalého Sovětského svazu*. Protože v naší literatuře byly většinou už s náležitou pozorností zpracovány (*Pleiner 1962b*, 179 - 182), zmínila bych se zde jen o těch nejdůležitějších. Jednou z nich je velmi dobře dochovaná kovárna objevená na sídlišti Lebedka (orelská oblast). Objekt kovárny měl obdélníkový půdorys o rozměrech 4 x 5 m. Výheň umístěná uprostřed dílny byla vyvýšená a opatřená 60 cm vysokou zídou. Stanoviště kováře, zapuštěné do hloubky 80 cm, bylo čtvercovitého tvaru a mělo deštěnou podlahu (*Nikolskaja 1954*, 99; 1957, 181, obr. 4). Podobný zajímavý nález, přinášející řadu informací o práci kovářů, pochází z Moldávie, z hradiště Jekimaucy, které vzalo za své v 11. století při bitvě s Pečeněgy. V důsledku této katastrofické události bylo na místě nalezeno obzvláště velké množství železných výrobků a kovářských nástrojů. Ve vypálené kovárně bylo nalezeno také tělo zabitého muže, snad kováře. Kovárna obdélníkovitého tvaru o délce stěn 8 x 4,5 m byla zahloubena do země od 0,4 až do 1,4 m a její nadzemní stavba byla křivá s vypletenými stěnami (*Fedorov 1953*, 117 - 122, obr. 50 - 51; 1954, 18). Jako další bych uvedla nevelkou polozemnicovou kovárnu z 10. století z města Belaja Veža, kde se zachovalo neobvyklé množství dokladů vnitřního vybavení - špalek s kovadlinou, koryto na vodu, zbytky dřevěných a kožených částí měchu, jehož dyzna směřovala do nitra výhně a velká hromada železných lup, které však nebyly analyzovány (*Sorokin 1957*, 24), takže lze uvažovat i o záměně s kovářskou struskou v podobě typických plankonvexních slitků (*Pleiner 1983b*, 110).

Uvedené vybrané nálezy kováren svědčí o rozvoji kovářství železa i o úrovni kovářského řemesla, patrného nejen z metalografických rozborů železných výrobků, ale i z vybavení některých kováren, k nimž můžeme počítat např. dílnu na hradišti v Mikulčicích, kde byly pravděpodobně vyráběny i některé velmi *specializované výrobky*. Na druhé straně stojí malé kovářské dílny na vsích, kde se setkáváme s *výrobou universální*, ale patrně ne tak kvalitní. V této souvislosti bych chtěla poukázat na několik lokalit, kde lze uvažovat o spojení hutnické a kovářské práce. Je to dílna v polesí Habrůvka, kovárna u Bořitova, Žerotín a také dílna objevená v Betlémské kapli v Praze. Kromě huti u Habrůvky, kde lze uvažovat o kovářské práci v rámci hutnické dílny, jsou ostatní snad spíše objekty kovářskými.

VII. Produkty slovanských hutí

Produktem hutnických pecí bylo železo ještě silně prostoupené struskou, kousky neredukované železné rudy a dřevěného uhlí. Jeho vnější podobu vystihují užívané názvy *železná houba* nebo houbovitě železo "Eisenschwamm", "iron sponge", "gubčatoje železo". To, co známe z archeologických nálezů jako železné lupy, je už železo kovářsky zpracované.

V principu šlo o opakovaný ohřev a o vytěsňování nečistot z houbovitého železa za tepla. B. A. Rybakov (1948, 131) předpokládal, že kováři při vytloukání struskových vměstků z houbovitého železa postupovali tak, že železnou houbu rozdělili na několik částí a ty zpracovali jednotlivě. V areálu mladohradištní dílny v olomučanském polesí, les. odd. č. 100, byly nalezeny tři *trojúhelníkovité destičky* vyseknuté z *plošně rozkovaného plátu*, který měl původně podobu kruhu (Souchopová 1989a, tab. XVI : 2). Nálezy podobných destiček jsou známé i z Kołobrzegu v Pomořanech, kde jsou datovány v rozmezí od 8. do 13. století (Łosinski 1959, 25, obr. 6; Leciejewicz - Łosinski - Tabaczyńska 1961, 41, obr. 14). Lze se domnívat, že tyto nálezy vznikly při základním čištění a zpracování železné houby. Polské destičky se vyznačují rozsáhlými poli struskových vměstků (*tamtéž*), zatímco pro zkoumaný kus z olomučanských nálezů je charakteristická dobrá prokovanost a téměř homogenní struktura poměrně čisté vysokouhlíkové svářkové oceli (Pleiner 1979, 17). Nálezy z výše uvedených lokalit lze pokládat za kovářsky zpracovanou železnou houbu v různém stupni jejího čištění (Souchopová 1986a, 72).

1. Železné lupy

Zatímco produktem taveb v malých pecích bylo tedy houbovitě železo, za konečný výrobek hutnických dílen bude třeba alespoň v některých případech pokládat *železné lupy* - kov, který byl již zbaven nečistot a jemuž byl dán určitý, ve své době užívaný tvar. Pro slovanské hutnictví železa je v nálezech už poměrně hojně doložen *bochníčkovitý tvar* železné lupy. Mnohé nálezy nasvědčují tomu, že tyto lupy byly ještě někdy nasekávány za žhava sekerou (tab. 20:1). Mohlo jít o jednoduchou zkoušku kvality vyrobeného kovu nebo také i o usnadnění případného dalšího dělení lupy (Jefimova 1958, 299; Souchopová 1986a, 73). Nasvědčují tomu nejen nálezy železných lup z lokality Bolgary, ale vysvětlovalo by to i vícenásobné nasekávání železných lup z některých skandinávských nálezů (Pleiner 1962, 136).

Srovnání nalezených železných lup a jejich metalografických rozborů umožňuje vyslovit některé z toho vyplývající závěry (*Souchopová 1986a*, 73-75). Hmotnost bochníkovitých lup, ať již se zásekem nebo bez něho, se pohybovala zhruba ve dvou kategoriích - od 2 do 3 kg a od 5 do 6 kg, což ukazuje na propojenost určitého okruhu staroevropského hutnictví železa. Dodržování přibližně stejné hmotnosti i standardizovaného tvaru nasvědčuje mimo to i o obchodu železem, nelze však zatím činit závěry o tom, zda to byl dálkový obchod. Metalografické rozborů byly prováděny jen u minimálního počtu železných lup, i tak se ale ukazuje, že *čistota kovu* se u zkoumaných kusů velmi liší a že k řešení této problematiky by bylo třeba podrobit metalografickému zkoumání větší počet nalezených kusů. Otázkou rovněž zůstává, zda železná lupa představuje výsledek jedné tavby nebo zda je její hmotnost od tohoto neodvislá. Experimentální tavby prokázaly, že při jedné tavbě bylo možné vytavit houbovitě železo až o hmotnosti 9 kg (*Souchopová - Král - Čípek - Stránský 1985*, 29), není však dosud jasné, jak velké množství čistého kovu lze z takové železné houby získat. O *neodvislosti hmotnosti železné lupy na hmotnosti železa z jedné tavby* však svědčí zřejmě dostatečně ta skutečnost, že lupy se vyskytují ve dvou hmotnostních kategoriích. V této souvislosti bych se ještě zmínila o skandinávských bochníkovitých železných lupách (*Pleiner 1962*, 137), které odpovídají slovanským nálezům tvarem, ne však hmotností. Např. hmotnost novějšího nálezu železných lup z Mösströndu v Norsku se udává od 9 do 12 kg (*Martens 1977*, 154-155).

V poslední době přibýly k nálezům bochníkovitých železných lup dva tvarově srovnatelné kusy z maďarské hutnické dílny v Somogyfajs. Byly kovářsky zpracovány do základního tvaru, ale bez roztětí. Našly se ve velmi *zajímavé nálezové situaci*, neboť obě byly položeny volně vedle vyústění kychtové části pece typu Imola (dle laskavé informace *J. Gömöriho*, autora výzkumu).

Nálezová situace je v mnohém podobná té, která provázela objev dvou železných lup s roztětím v areálu velkomoravské hutnické dílny v polesí obce Olomučany, ve střední části Moravského krasu. Tam byly lupy nalezeny přímo před nístějí jedné z pecí. Byly už kovářsky zpracovány a uloženy ještě za žhava do prohlubinky vykopané před pecí. Potom byly pečlivě zahrnuty hlínou a terén nad nimi byl vyrovnán. Byly objeveny vlastně jen díky tomu, že propálení zeminy postihlo i část původní podlahy dílny (*Souchopová 1986a*, 30). V souvislosti se zahrnutím ještě žhavých kusů zeminou a úpravou povrchu dílny je možné uvažovat o určité formě oběti, o zlodějských úmyslech některého z hutníků atp. (*Souchopová 1983*, 414; *Souchopová - Hypr 1993*, 204). V každém případě však nálezy bochníkovitých lup ve velkomoravské huti u Olomučan i v hutnické dílně na lokalitě Somogyfajs dosvědčují mimo vši pochybnost kovářské zpracování houbovitěho železa v železnou lupu přímo na místě. Zdá se navíc, že k vyhřívání houbovitěho železa bylo využíváno nejen vyhříváček (v Olomučanech byla nalezena jen jedna, na opačném konci dílny), ale také redukčních pecí, neboť právě u nich byly v obou případech lupy nalezeny.

Nálezky železných lup z hutě u Somogyfajsz rozhojňují počet železných lup, které měly nejen stejný tvar, ale dodržovaly i určité váhové standardy. Jejich základní hmotnost se pohybovala kolem 2,5 kg (Olomučany, Somogyfajsz, Bolgary, Hradiště u Gorodska, Leczyca; *Souchopová 1986a, 74*).

Pro úplnost bych se ještě zmínila o dalších dvou železných lupách, které jsou hypoteticky řazeny také do raného středověku. Jsou uloženy v muzeu v Šoproni. Hmotnost každé z nich se pohybuje kolem 5 kg a byly nalezeny jižně od města u někdejší cesty doby římské. J. Gömöri spojuje jejich původ s tzv. norickým typem pecí stavěných z kamene (*Straube - Tarmann - Plöckinger 1964, 4-5*), které byly v počtu tří kusů objeveny v Kányaszurdoku (*Gömöri 1979, 85-86*). Datování uvedených lup není ale příliš přesvědčivé. Jejich spojení s hutí v Kányaszurdoku je pouze hypotetické, protože byly nalezeny mimo tuto huť, která ostatně sama leží v těsné blízkosti osídlení z doby římské. A jako typ je datovat nelze, neboť se vyskytují od doby halštatské, přes dobu laténskou a římskou až do pozdního středověku (*Hegedüs 1961, 106*).

Objev železných lup v hutnické dílně u Somogyfajsz je datován do 10. století n.l. a patří tedy už do období staromadžarského, je však velmi důležitý jako doklad zpracování železné houby v železnou lupu přímo v areálu hutě. Nálezů železných lup v hutích je velmi málo, v podstatě jsou to právě jen výše uváděné lupy z velkomoravské hutě u Olomučan a z dílny u Somogyfajsz, ostatní nálezy se kumulují v sídlištních vrstvách (*Souchopová 1986, 74*).

Z výše uvedených nálezů tedy lze usoudit, že železné lupy byly *formou polotovaru*, který se vyráběl v hutích a byl určen pro dodávání tohoto kovu mimo ně, např. pro trhy na sídlištních a hradištních. Situace není ale tak zcela jednoznačná. Struktura některých lup nalezených na hradištních svědčí totiž o tom, že je před upotřebením na kovářské práce bylo nutné ještě podrobit opakovanému ohřevu a čištění. Byla to např. lupa na hradišti u Mikulčic, která byla ještě velmi znečištěna struskou a kousky dřevěného uhlí (za provedené zjištění děkuji *R. Pleinerovi*). Proto je i její váha podstatně nižší než u velikostí odpovídajících lup z hutnické dílny u Olomučan (*Souchopová 1986a, tab. na str. 74*). Obdobně tomu bylo např. u železných lup z Novgorodu či z Kněžích Hory u Kyjeva (*Kolčín 1953a, 44, obr. 13 : 2, 14*), kde byla houbovitá struktura železa nalezených lup ještě silně prostoupena struskovými vměstky, kousky dřevěného uhlí a jinými nečistotami. Otázkou funkce železných lup jako polotovaru se bude tedy třeba zabývat i nadále; dobře dokumentované nálezy homogenních železných lup z hradišť i hutí však nasvědčují tomu, že alespoň určitá část železa byla do této formy zpracovávána přímo v hutích. Expedice tohoto železa byla tedy prováděna ve formě polotovaru.

2. Polotovary a směnné prostředky - hřivny

Hřivny nebyly zřejmě *produktem* hutnických dílen, ale *kováren*. Přesto pokládám za nutné se o nich zmínit, neboť s otázkou hutnictví železa velmi

úzece souvisí. Patří k nejzajímavějším otázkám problematiky výroby železa, a proto je také jejich vyhodnocení a zpracování věnována celá řada článků (např. Pleiner 1989; Sejbal 1960, 1965; Kraskovská 1966; Kučerovská 1980, 1989). Dostál 1983; Bialeková - Tirpáková 1989; Zaitz 1980, 1981.

Sekerovité hřivny se jako polotovar a předmincovní platidlo objevují u západních Slovanů na velkomoravském území, na Moravě a Slovensku na konci 8. a v průběhu 9. století. Jejich počet je na některých místech obdivuhodně velký - např. v Pobodimi jich bylo nalezeno kolem dvou tisíc kusů, v největším pobodimském depotu to bylo 222 kusů (Vendtová 1969, 218; Bialeková 1978b, 162; 1981a, 12). V druhé polovině 9. století jejich výskyt ustává. V Polsku je dle dosavadních nálezů předpokládána pouze krátkodobá výroba sekerovitých hřiven, rovněž v 9. století n. l. (Zaitz 1988, 264-265), což nastoluje zatím čistě teoretickou otázku, zda tato výroba nebyla vyvolána připojením Malopolska k Velké Moravě.

Užívání kovu v určitých dodržovaných tvarech je typické pro předmonetární platidla v době před zavedením mince (Pleiner 1958, 224-226; 1961b, 442; 1989, 81; Bialeková 1981a, 11-16). Tvary byly většinou inspirovány některým náradím (ze Skandinávie se uvádí např. tvar rašelinného rýče, kosovité tvary apod.). Sekerovité hřivny jsou známy jen ze dvou větších územních celků v Evropě - z už uváděných oblastí Velké Moravy a pak až z Norska a Švédska, kde ale vystupují i jiné tvary předmincovních kovových platidel. Přes podobnost tvaru i určitou časovou souslednost (ve Skandinávii přetrvává funkce platidla však podstatně déle) nemají nálezy sekerovitých hřiven zatím žádnou prokazatelnou historickou souvislost a v podstatě ji nelze asi ani předpokládat.

K zajímavým pokusům bližšího poznání sekerovitých hřiven a jejich funkce patří použití matematickostatistického šetření, které prokázalo možnost *použití římské metrologické soustavy* v raném středověku na území Říše velkomoravské (Tirpáková - Bialeková - Vlkolinská 1989, 443).

Nálezy hřiven se soustřeďují mimo hutnické dílny; nebyly nalezeny ani v žádné z dílen v Moravském krasu, ani v podhůří Jeseníků, kde pracovala želechovická hutnická dílna. Jejich užíváním jsou dána i nejčastější místa jejich výskytu, jimiž jsou *hradiště a sídliště nebo depoty*. Největším dosud takovým známým depotem je sklad železa objevený v Kanoniczej ulici pod Wawelem v Krakově, který znovu rozvířil otázku výroby železa v Polsku v době po zániku velkých hutí, jež tam pracovaly před přelomem letopočtu a v první polovině 1. tisíciletí n. l. Nález obsahoval 4212 kusů hřiven o celkové hmotnosti 3630 kg. Byly uloženy ve svazcích, v několika vrstvách na sobě, v zahloubené, vydřevené komoře (Mazur - Nosek 1987, 429). Jejich původ je možno stanovit jen obtížně. Metalografické rozbory však ukázaly, že byly vyráběny z vysoko-fosforových rud s malým obsahem germánia a arsenu. V této souvislosti se uvádí nálezy kovářských strusek v blízkosti časného Wawelu. Jsou charakterizovány, stejně jako hřivny, velmi nerovnoměrnou distribucí fosforu a přítomností germánia ve zkoumaných vzorcích. Je zde tedy nepřímou brána v potaz možnost výroby uvedených kusů hřiven na území Malopolska (*tamtéž* 435). Tato úvaha je vyjádřena u E. Zaitze (1988, 275-276), který zdůrazňuje

specifický tvar nalezených krakovských hřiven, vyznačujících se především obdélnou destičkou na týlním čepci. Na drobných odlišnostech mezi moravskoslovenskými a polskými hřivnami je založena typologie těchto předmětů, přičemž jsou zpracovány i další nálezy z Polska, jako např. typologicky stejný nálezy z lokality Zawada Lańckrońska a z Nowej Huty (Piaskowski 1956, 375-387; Hachulska - Ledwos 1971, 205).

V souvislostech uvažované výroby určitého typu sekerovitých hřiven na území Polska s jeho předpokládanou distribucí směřovanou na trhy Velké Moravy nejsou potom bez zajímavosti dva slovenské nálezy malopolského typu hřiven v Čebovcích a ve Velké Lomnici pod Tatrami (Točík 1983, 214-223; Pleiner 1989, 85). Jejich případný rozbor by mohl vnést více světla do uváděné problematiky, neboť by se mohla prokázat podobnost či odlišnost jejich metalografického obrazu ve srovnání s metalografií hřiven malopolských. Pro ty je charakteristická především rozdílná velikost zrn pohybující se od 1 do 6 ASTM, což je příznačné pro velký obsah fosforu v kovu a pro jeho heterogenní distribuci, projevující se dále plastickými deformacemi vzniklými během horkého kovacího procesu. Využívání vysokofosforatých rud ve slovanské polské výrobě je už prokázáno rozborů stovek železných předmětů dokumentujících změny v užívání rud při výrobě železa v širokém časovém rozmezí od 8. století př. n. l. až do 15. století n. l. (Piaskowski 1989, 418, 420). Podobně jako na Slovensku, je tedy i v Malopolsku shledána již celá řada indicií k výrobě železa v místě, přičemž vlastní hutě zůstávají tam i tam neznámy.

Na závěr této kapitoly bych se ještě zmínila o jednom depotu sekerovitých hřiven, který byl, na rozdíl od toho krakovského, hmotnostně velmi malý. Zato je významný z hlediska uložení. Nálezy se totiž uskutečnil přímo v areálu kovářny. Je označena jako kovářská dílna 5/76 v poloze U Víta ve staroměstsko - uherskohradištské sídlištní aglomeraci. Depot tvořilo 32 kusů malých sekerovitých hřiven a jejich částí, položených ve vzdálenosti cca 40 cm od výhně. Za celé lze považovat jen dva kusy, ostatní byly ve zlomcích; hmotnost všech činila 92 g. Je to *ojedinělý nálezy depotu hřiven v prostoru kovářny*. Z jeho stavu lze soudit, že se jednalo nejspíše o použití pro kovářské účely, v každém případě je ale jisté, že tento nálezy v mnohém přispěje do debaty o úloze hřiven jako polotovaru a platidla (Galuška 1992, 145 - 149).

3. Jiné formy polotovaru

Železo vyráběné slovanskými hutníky se co do formy polotovaru neomezovalo jen na bočníkovité lupy a sekerovité hřivny. Zvláště východoslovenská výroba železa vykazuje v tomto směru pestřejší skladbu - z hradiště Kyjevščica je např. uváděno diskovité železo, z Novgorodu prutové (Kolčín 1953a, 49; 1959, 13). Železo ve tvaru prutů je ale také známo u západních Slovanů

(*Piekary u Krakova - Pleiner 1962b, 138*), z Biskupimi je to dále železo tyčové (*Kapitańczyk 1953, 136, obr. 48*).

Železné výrobky, pokud nejsou atraktivnějšího rázu, se většinou nestávají středem pozornosti archeologů a pokud nejde o výzkum věnovaný intencionálně právě dávné hutnické a kovářské výrobě, tak zůstávají jen inventárními čísly v depozitářích. Velké územní rozšíření bochníkovitých lup a sekerovitých hřiven, jimž bývá věnována dostatečná pozornost, nás však snad opravňuje předpokládat, že *tyčové, diskovité i prutové železo* bylo rovněž užívanou formou polotovarů i na těch slovanských územích, kde jejich výskyt dosud zaznamenán nebyl.

V posledním čase se v literatuře objevila snaha spojit s funkcí polotovaru a platidla také *železné misky tzv. slezského typu* (*Bubeník 1972, 565-566; Bialeková 1977, 89-91*), vyskytující se ve střední a severovýchodní Evropě od 7. až do 11. století (*Bubeník 1980, 49; Leciejewicz 1976, 89*). U nás se objevují především v 8. a první polovině 9. století. Srovnání s podobnými nálezy z Novgorodu (*Dostál 1975, 232-233, tab. 555*) je umožnilo specifikovat jako kuchyňské nádoby. Koncentrace nálezů tohoto typu misek v Pováží (*Bialeková 1977, 91*) ukazuje na důležitost uvedeného území z hlediska železářství té doby, neboť lze předpokládat, že tam byla určitá část nám známých nálezů misek vyráběna a distribuována do bližších či vzdálenějších území.

VIII. Nástroje a nářadí hutnických dílen

Nálezové okolnosti nasvědčují většinou tomu, že hutnické dílny bývaly opuštěny v klidu, což se v archeologickém materiálu projevuje velmi sporadickými nálezy nástrojů a nářadí. A zejména těch nástrojů, které bychom mohli označit jako speciálně hutnické. Vcelku lze předpokládat, že vybavení hutí se v podstatné míře shodovalo se základním vybavením kovárny, neboť i zde se prováděly prvotní kovářské operace umožňující překutí vyrobeného železa a jeho částečné tváření.

Pořádání pokusných taveb v rekonstrukcích starých hutnických pecí nás ostatně dostatečně přesvědčilo o tom, že při této práci lze vystačit s nářadím běžně užívaným (kleště, lopatky, džbery, železné tyče, ošatky pro vkládání vsázek apod.).

Mezi předměty, které byly nalezeny v areálu hutnických dílen, jsou nejpočetnější *nálezy železných dlátových nástrojů*, které byly zjištěny už na třech lokalitách. První z nalezišť je hutnická dílna Trisz v severním Maďarsku, která pracovala s vestavěnými pecemi s tenkou hrudí. Nástroj je vystaven spolu s jednou z těchto pecí v Némzeti muzeum v Budapešti (*Souchopová 1986a, 35*). Vzhledem i velikostí odpovídá nástroji z velkomoravské hutě v polesí Olomučany, okres Blansko (*tamtéž, obr. IX : 4*). Oba předměty mají tulejkovitou násadu a dlátovité, mírně rozšířené a zvednuté ostří (délka olomučanského nálezů je 19 cm, šířka ostří 2,9 cm). Analogií k těmto kusům je nástroj pocházející z dosud nepublikované mladohradištní hutě rozkládající se pod Máchovým pomníkem ve střední části Moravského krasu. Tulejkovitá násada i rozšířené, mírně zvednuté ostří nástrojů se v ničem nehodilo pro práci při vlastním tavení rudy, přesto, že jsme se podobně zhotovený nástroj pokoušeli nějak užít. Snad sloužil, upevněn na dřevěnou násadu, při práci se dřevem (např. na odkorování kmenů stromů).

Za specializovaný železářský nástroj je možné pokládat *úzkou lopatku s velmi dlouhým trnem pro rukojeť*, která byla zapomenuta v prostoru mezi skládkou rudy a pecí v mladohradištní dílně v Olomučanech, o. Blansko. Lopatka nástroje je v půli ohnuta zpět. Členění nástroje už samo vyvolává představu, že byl používán pro zasahování do horkého prostředí, neboť z jeho celkové délky 55 cm představuje dlouhý trn rukojeti 50 cm (*Souchopová 1986a, 43, obr. IX : 1*). Podobné lopatky, označované jako výhňové, byly také užívány v kovárnách (*Pleiner 1962, obr. 29: 24*), v těchto případech byly ale plochy lopatek rovné, bez zpětného ohnutí.

Velmi zajímavý nález byl učiněn v areálu hutnické dílny na lokalitě Hirschwang I na jihovýchodě dolního Rakouska. Je jím malá blokovaná *kovadlinka* (délka 8,7 cm, šířka hlavy 4,3 cm, šířka těla 2,4 cm), opatřená na spodní straně hrotem pro zapouštění do dřevěného špalku. Tento typ je

užívaný dodnes (Bankamboss). Autoři výzkumu uvádějí pro srovnání hmotnost dalších kovadlin venkovských kovářů. Ty velké mají hmotnost 200 - 300 kg, kovadlina na hřebíky váží kolem 30 kg, zatímco nalezená kovadlinka pouze 1 kg. Z nálezů vyvozují, že je třeba počítat i s jemnější kovářskou prací někde v prostoru hutnické dílny (*Mayrhofer - Hampl 1958, 97, obr. 63*). Tento názor nemusí být ale plně oprávněný, neboť kovadlina tohoto typu mohla být užívána i na běžné naklepávání ostří nástrojů používaných v dílně za studena (*dle konzultace s dr. Pleinerem*). Na blízké hutnické lokalitě Payerbach 1 byl zapomenut ve vrstvě dřevěného uhlí železný, lehce prohnutý *pákový sochor*, jehož celková délka činila 37,5 cm. Autoři výzkumu uvažují o možnosti jeho použití s tím, že to mohlo snad být vytahování struskou pevně ulpělých dyzen z pecí. Objasňují tím skutečnost, že všechny chladné konce dyzen jsou ulámány (*tamtéž 10, 97, obr. 63*). Chybění venkovních koncových částí dyzen je běžným jevem, celé dyzny se nacházejí jen ve vyjimečných případech (*Ludikovský 1961, obr. 11*). Příčinou snadné lámavosti dyzen může být spíše to, že nebyly před použitím v peci vypalovány, ale jen vysoušeny. Svědčí o tom např. nález dvou nepoužitých, nevypálených dyzen, které byly položeny u přední stěny kamenné pece v zemlance u hradiště Hryhorivka (*Artamonov 1955, 107*).

Typický kovářský nástroj - *kladivo* - mohlo být v hutnických dílnách ze dřeva. Uvádí se totiž, že železná kladiva ztěžovala při přímé výrobě železa z rud oddělování strusky od kovu (*Łosinski 1959, 24*). Také *kovadliny* v hutnických dílnách nemusely být nutně železné, přesto, že kovové kovadliny byly v té době již dávno běžné (*Pleiner 1962b, 172*). Hutníci mohli k prvotnímu kovářskému čištění a zpracování houbovitého železa používat kamenných kovadlin, které známe v dostatečné míře např. ze středoevropských nálezů doby římské (*Pleiner 1965b, 69-70, obr. 18 : C*). Archeologických nálezů i etnografických dokladů užití kamene jako materiálu pro výrobu kovadlin je shromážděno dostatek také z východní části Evropy; ze Sibíře je známo užívání kamenných kovadlin ještě v dobách historických (*Šramko 1969, 53*), v některých částech Afriky, např. v severním Kamerunu u železářů kmene Matakam byla užívána kamenná kovadlina i kamenné kladivo při zpracování vyrobené železné houby ještě v padesátých letech tohoto století (*Gardi 1954, 20*).

Součástí vybavení hutnických dílen jsou *ruční brousky* a také větší *rotační brusy* (*Souchopová 1986a, 76-79*). Posledně jmenované jsou dokladem používání větších železných nástrojů na lokalitě - např. nástroje pro zpracování dřeva na milřování (tedy sekery a už uváděné nástroje na odkorování, pokud je určení jejich funkce správné). Musely být také užívány ještě motyky, rýče a lopaty, a to při přípravě terénu pro výstavbu pecí, které byly buď zapuštěny (celé nebo jen částečně) do terénu nebo bylo alespoň třeba vykopat různě hlubokou nístěj pece. Také příprava jílovitého materiálu pro stěny pecí vyžadovala nutně užití nějakých větších železných nástrojů při kopání písku a jílu, při rozmělnování surového jílu, při jeho rozmáčení atd.

Příčinou, proč známe tak málo náradí z hutnických dílen, je asi i to, že železné předměty se po opotřebení překovávaly. Dokladem toho je tzv.

paketování užívané ještě v současném kovářství jako jeden ze způsobů zpracování kujného železa; z archeologických nálezů o tom svědčí depoty již poškozených a vyřazených předmětů. Patří k nim např. dva sklady ukryté pod úrovní podlahy kovářské dílny nacházející se poblíž trojlodní basiliky v Mikulčicích, před mohutnou dřevěnou palisádou, která tento kostel ohrazovala. V jednom z depotů byl velký počet různých železných zlomků a polohotových nástrojů, spolu se zlomky poškozených kusů (srpy, kleště, ostruhy, přezky, udidla atp.). Také druhý depot, uložený nedaleko od prvního, obsahoval mimo jiné i kusy nezpracovaného železa. Jde nepochybně o sklad mistra kováře, který uschoval kusy suroviny pro *paketování* spolu s nedohotovými výrobky (*Klanica 1972, 15*).

Cennost železa se projevovala i v dalších stoletích. Z. *Smetánka* uvádí, že "v sídlištních nálezech 10. - 13. století ani z pozdějšího období nemáme nález celého srpů" (*1971, 26*). "O ceně železa ve vesnickém prostředí, a to i později na začátku 15. stol., svědčí i pozorování z husitské osady "Kravín", kde největší nález různorodých železných fragmentů byl na hromádce, jakoby připraven při opuštění objektu k odsunu" (*tamtéž*).

IX. Závěr

Základem práce je srovnání dostupných údajů o slovanském železářství umožňujících poznat vývoj hutnických pecí a typů hutnických dílen, sledovat jejich postupný vývoj i vzájemné geografické ovlivňování a prosazování určitých typů hutnických zařízení. Z hlediska kontinuity vývoje jsem považovala za potřebné věnovat část práce rozborům nálezů v místech předpokládaných původních sídel Slovanů na Ukrajině v době před jejich historickým vystoupením, v období zhruba od poloviny I. tisíciletí př. n.l. do poloviny I. tisíciletí n.l. Vyskytovaly se tam tři druhy pecí: volně stojící nadzemní pece šachtové, polozahloubené pece a pece vestavěné do stěn dílenských zahloubených objektů. Z hlediska vývoje hutnictví železa není žádný z těchto typů pecí bezprostředním předchůdcem aparátů západoslovanských. Přesto zde určitá spojitost s Ukrajinou je, ta ale vystupuje do popředí až později, na počátku druhé poloviny I. tisíciletí n.l. Nasvědčuje tomu především archeologický výzkum ukrajinské hutnické dílny situované na bezejmenném ostrově řeky Bug poblíž osady Hajvoron. V huti datované do 6.-7. století n.l. bylo objeveno 21 pecí, které je možné na základě dnešních poznatků interpretovat jako zemní pece s dlouhým hrudním tunelem. O oblibě vtesaných typů pecí svědčí i nálezy z Jutanovky z oblasti saltovo-majacké kultury na severním Donci, tedy z oblasti geograficky blízké předpokládané pravlasti Slovanů. Pece se zahloubenou nístějí, nalézané v celých aglomeracích, které se na Ukrajině objevily v tak hojné míře v souvislosti se šířením kultury laténské, v pozdějších obdobích mizí a zdá se, že hutnictví západních Slovanů nikterak neovlivnily.

V místech, která Slované zaujali po svém kolonizačním posunu do střední Evropy, se s přímými pozůstatky hutnictví železa setkáváme až poměrně velmi pozdě. První hutě známe z 8. století n. l. Je ale zajímavé, že západoslovanské hutnictví železa má od počátku určité *technologicky zřetelné rysy*, z nichž nejnapadnější je typ redukční pece. Byly to pece velmi podobné pecím hajvoronským - *vtesané zemní objekty s hrudním tunelem*. Bývají nazývány typem Želechovice dle eponymní lokality zkoumané na území západních Slovanů. Pece, které Slované budovali na území vznikající Říše velkomoravské, se vyznačují jedním velmi významným prvkem konstrukce. Je jím podkovovitá dutina v zadní stěně šachty pece, která spolu se sklonem násypné části šachty pece umožňovala přímou výrobu ocele v peci.

U ostatních pecí typu Želechovice, nalezených mimo území Velké Moravy, nebyla dutina v zadní stěně šachty popsána, ať jde o zmiňované pece hajvoronské či pece na řece Schwarze v Rakousku, datované do doby pozdější, do 10. - 11. století n.l. Zdá se tedy, že tento významný konstrukční prvek je geograficky omezený a že počátek jeho používání spadá do doby hospodářské-

ho rozmachu společnosti na konci 8. století n.l. Slovanské hutnictví železa vystupuje v té době jako jednoduší, bez známek toho, že by přijímalo podněty zvenčí, čímž je myšlena především archeologicky velmi dobře dokumentovaná oblast severního Maďarska, kde je hutnictví železa věnována velká pozornost. V uvedené době se tam stavěly hutě s nadzemními šachtovými pecemi, označovanými jako typ Nemeskér. Oblastí, odkud se tato pec do Evropy rozšířila, je dle maďarských archeologů původní území avarských skupin pronikajících do oblastí dnešního Maďarska. Na území západních Slovanů se vlivy avarského hutnictví železa promítají však až ve století následujícím. Tyto poznatky jsou ale zatím postaveny jen na jediné dosud prozkoumané huti z 9. století u nás. Je to dílna v polesí Olomučany ve střední části Moravského krasu, v níž pracovalo deset pecí dvou typů. Oba vykazují podobnost s hutnictvím železa z území severozápadního Maďarska a přiléhající oblasti severovýchodního Rakouska. Pět kusů pecí z olomučanské velkomoravské dílny je možné označit jako analogické pecím z eponymní maďarské lokality Imola, podle níž je také tento typ pece označován. U nás jsou tyto pece charakterizovány jako *vestavěné s tenkou hrudí*. Pojmenování typů pecí podle eponymních lokalit se zdánlivě jeví jako pružnější a odbourává často se opakující popisné názvy pecí, ale zároveň to může být i zdrojem zkreslení skutečnosti, neboť eponymní lokalita je mnohdy i podvědomě chápána jako místo, odkud se určitý typ pece šířil.

Vestavěné pece s tenkou hrudí jsou v maďarské literatuře označovány jako typ reprezentující časně královskou organizaci výroby železa (*Gömöri 1989, 130*). Toto tvrzení se jeví za současného stavu výzkumu jako příliš kategorické; v této souvislosti je však třeba upozornit, že i olomučanská intenzivně pracující huť z doby rozkvětu Říše velkomoravské vykazuje významnou podobnost s dílnami maďarskými. Druhý typ pece, který známe z 9. stol. z území České republiky, je zastoupen opět pěti jednotkami z velkomoravské hutě u Olomučan. Je to *nadzemní pec šachtová s mělkou nístějí* a s velkým formovým otvorem v hrudní stěně. Je analogická současně užívané peci typu Nemeskér, vyvíjející se v maďarském prostředí z tzv. avarského typu pece. Jejím typickým prvkem je velký hrudní panel. Ve velkomoravské huti u Olomučan byly nalezeny oba *typy pecí - Imola i Nemeskér*, přičemž v odpadových haldách je nacházen jen jeden typ formových panelů, který byl dosud znám jen z naleziště s nadzemními šachtovými pecemi typu Nemeskér. Panely však zapadají zcela přesně i do formových otvorů vestavěných dýmaček s tenkou hrudí (typu Imola). Lze tedy předpokládat, že i tento typ pece pracoval s uzavřenou hrudí, což u maďarských pecí zatím nebylo ale doloženo. Uzavření hrudí pece se ukázalo jako nezbytné i při experimentálních tavech.

Na doplnění úvah o velkomoravském hutnictví železa je třeba ještě poznamenat, že hutě s pecemi typu Želechovice i velkomoravská huť u Olomučan jsou celky, které byly zakládány plánovitě, s pecemi uspořádanými do baterií a s intenzivním pracovním způsobem. Byly schopny produkovat na svou dobu velké množství železa. Ukazují na to jak výpočty založené na množství vyrobené strusky, tak i výsledky experimentálních taveb.

Zdá se, že v dalším období, po pádu Velké Moravy, se situace v hutnictví železa velmi rozlišuje co do jednotlivých území. Lze to jen předpokládat z nepříliš velkého počtu nálezů, ve skutečnosti jsou to jen ojedinělé a mnohdy těžko interpretovatelné starší nálezy z Čech a novější archeologické výzkumy z Moravy, ze střední části Moravského krasu. Je to zatím jediná oblast na území západních Slovanů, kde lze sledovat vývoj hutnictví železa nepřetržitě od 8. až do 11. stol. n.l. Získané poznatky mohou doplnit představy o vývoji hutnictví železa s tím, že je třeba brát v úvahu hospodářsko-politickou situaci, ve které se Morava v té době nacházela. Z centra vývoje státnosti se po pádu Říše velkomoravské ocitá na jeho periferii. Výzkum ve střední části Moravského krasu ukázal, že hutnictví železa na tuto okolnost reagovalo velmi citlivě. Výzkumy už čtrnácti hutnických dílen naznačují, že hutnictví železa na tomto území po pádu Velké Moravy ustává, a to na dobu delší než půl století. Deset z celkového počtu čtrnácti archeologicky zkoumaných dílen začalo pracovat až na konci 10. a v průběhu 11. století n.l. Od hutí předchozího období se výrazně odlišují, a to jak celkovým charakterem výstavby areálu hutí, tak i pecemi. Jejich konstrukce a technologie výroby v nich v ničem nenavazuje na hutnictví železa doby velkomoravské. Jde o *jednoduché typy nadzemních pecí šachtových* s umělým dmýcháním vzduchu a více či méně zahlobenou nístějí. Hluboké kotlovité nístěje byly např. odkryty v mladohradištní huti v Růžové ulici v Olomučanech, mělčí nístěj potom v dílně v polesí Habrůvka. V obou případech však u těchto pecí nebylo možné pracovat s vypouštěním části strusky během tavy. Ta byla jímána právě do uvedených nístějí. Tento způsob výroby byl proti technologii užívané v době velkomoravské krokem zpět, dochází k určité retardaci vývoje. Nižší produktivita práce se promítá i v nevelkých odpadových hromadách, které se kupí v blízkosti pecí, na rozdíl od hutí z 8. a 9. století, kde byla pracovní plocha dílen čistá a haldy strusek se nacházely až v okrajových částech hutí. Ve střední části Moravského krasu bylo toto uspořádání zvyrazněno tím, že haldy se vlastně rozlévaly po spádu terénních vln, které tvořil u hutí z 8. století břeh potoka, u hutě velkomoravské pak okraj terasy, na níž byly pece vystavěny.

Mladohradištní hutě ve střední části Moravského krasu jsou nejen dokladem *náhlé periferizace vývoje v místě*, ale i odrazem procesu *feudální rozdrobenosti*, která v hutnictví železa vedla k atomizaci výroby, tedy k většímu počtu malých dílen zásobujících podstatně menší okruhy než tomu bylo v době Říše velkomoravské.

To je jeden rys vývoje hutnictví železa, který odráží místní společensko-hospodářskou situaci. Druhý rys tohoto vývoje můžeme sledovat na oněch územích, která jsou v té době dějištěm státoporných procesů. V Maďarsku např. se teprve v této době plně rozvíjí intenzivně pracující hutě s pecemi typu Imola, stále je používán i typ Nemeskér. Podobně tomu bylo asi i v Čechách. Tady ale nemáme dostatek hodnotných nálezů; k nejzajímavějším patří ještě stále starý nález z Prahy-Košíř, který je zatím jediným i když ne plně prokaza-

telným dokladem užívání vestavěných pecí s tenkou hrudí v Čechách. Objev hutě ze Slovenska, z Gemerského Sadu, kde byl nalezen rovněž tento typ pece, souvisí zřejmě s blízkými nalezišti maďarskými.

Formulování obecnějších závěrů naráží na zlomkovitost pramenů, která se projevuje i územně. Např. ve slovenské rudonosné oblasti nebo v Čechách je dosud velmi málo prozkoumaných hutí; v Polsku nemáme z 2. poloviny I. tisíciletí vlastně žádný prokazatelný a dobře datovatelný nález hutnické dílny. A přece je to oblast, kde byla v I. polovině I. tisíciletí velmi významná výroba železa a kde musíme předpokládat také výrobu železa v době pozdější. Kromě jiných indicií na to ukazuje např. i nález skladu železných sekerovitých hřiven poblíž krakovského Wawelu.

Při zakládání hutí bylo přihlíženo k tomu, aby ležely poblíž vodního zdroje, v dosahu možnosti dopravovat železnou rudu, případně i stavební materiál (jíl, písek). Palivo se připravovalo zřejmě poblíž, neboť hutě pracovaly většinou v zalesněných terénech. Stopy po předpokládaných milířovacích jamách nebyly zatím výzkumem objeveny, pozůstatků povrchových kruhovitých milířů je zato v okolí i v těsné blízkosti hutí dostatek. Nejsou ale datovatelné a mohou pocházet i z dob pozdějších.

Druhy rud na jednotlivých železorudných nalezištích v blízkosti starých hutnických dílen ukazují na to, že dávní hutníci preferovali rudy kysličníkové, a to hnědel a krevel. Vyskytují se ale i výjimky, jako je např. zpracování magnetitu v želechovické hutnické dílně. Kysličníkové rudy v zásadě nutné pražit nebylo, jako je tomu u železných rud karbonátových, které je třeba pražením převést na kysličníky. Pražení kysličníků bylo prováděno z důvodů fyzikálních. Pražením se ruda jednak dokonale vysuší, jednak rozpraská a změkne a je jí možno snáze drtit, stane se porézní a lépe zpracovatelnou. V slovanských hutích byly nalezeny kousky napražených rud, vlastní pražírny však zatím v prostorách výzkumu objeveny nebyly. Je pravděpodobné, že pražení rud bylo prováděno spíše v blízkosti kutacích polí než u vlastních hutí. Tento předpoklad však nelze zevšeobecnit.

Otázka, která *ložiska* byla starými slovanskými hutníky těžena, je složitá. Někdy lze v úvahách použít chemického složení hotových výrobků. Např. se hypoteticky usuzuje, že některé výkovky doby velkomoravské mohou být vyrobeny z rudy limonitových gosanů z výběžků Malých Karpat a Pezinku, nebo z těch ložisek Slovenského rudohoří, která se vyznačují významnějším podílem mědi, i když přímé doklady těžby takovýchto rud nebo jejich tavení zatím postrádáme. Stará kutací pole, která se nacházejí poblíž některých hutnických dílen, nejsou dosud datována. Mohou být výsledkem těžby jak starší, tak ještě i plně středověké.

Jediným palivem starých hutnických pecí bylo *dřevěné uhlí*. Určení druhů dřevin, které byly použity k jeho výrobě, svědčí o tom, že bylo často používáno dobré tvrdé dřevo, ale bez ohledu na druh. Bylo milířováno to, které se nacházelo v blízkém okolí dílen. Důsledné užívání určitých druhů dřevin, např. dubu při výrobě oceli či lehčích dřevin při výrobě měkkého železa, které je uváděno z Katalánie z doby historické, nebylo v západoslovanském hutnictví

železa pozorováno. Těžba dřeva byla mnohde velmi intenzivní a znamenala značnou devastaci původního porostu.

Archeologické výzkumy hutnických dílen nasvědčují ve své převážně většině tomu, že hutnická výroba byla oddělena od výroby kovářské. Platí to zřejmě především pro velké hutě, které pracovaly intenzivním způsobem a s vyspělou technologií. Vyráběly železo, které potom zpracovávaly kovárny na sídlišcích a hradištích, kde jsou také archeologicky doloženy. Typickým pozůstatkem kovářského zpracování železa jsou *bočnickovité struskovité slitky*, které vznikaly při ohřevu železa v kovářské výhni, nenalézáme tam však strusku hutnickou. Bližší specifikaci rozsahu kovářských prací té které dílny umožňují nálezy suroviny, poškozených železných předmětů i různých součástí vybavení dílny. Nicméně i u hutí se železo kovalo, a to při vyhřívání a hrubém tváření produktu. Doklady kovářských prací přímo v areálu hutě byly nalezeny v mladohradištní huti u Habrůvky ve střední části Moravského krasu. Mimo struskové bočnickové výrobky to byly i fragmenty *kovářského štítku*, který chránil měch před jiskrami a žárem výhně. Má typický podkovovitý tvar a je zdobený jednoduchým žlábkováním. Je velmi dobře dochovaný, což umožňuje jeho naprosto jednoznačnou interpretaci a srovnání se skandinávskými nálezy datovanými do přibližně stejné doby. Úlomky keramických výhňových štítků byly nalezeny také ve velkomoravské kovárně na podhradí v Mikulčicích a ve Starém Městě na sídlišti VI, a to v souvislosti s dalšími pozůstatky železářské výroby.

Za konečný produkt hutí je považováno železo zpracované už do formy polotovaru vhodného pro přepravu. Pro západoslovanské hutnictví železa byly touto formou pravděpodobně *bočnickovité železné lupy*, některé se zásekem, doložené už z celé řady lokalit sídlištního charakteru (Bolgary, Leczycaq, Vyšgorod, Novgorod, hradisko u Gorodska aj.).

Výzkumy posledních let přinesly ale také dva nálezy těchto lup přímo v hutnických dílnách, a to v zajímavé a srovnatelné nálezové situaci. V huti u Somogyfajsz byly dva bočnickovité kovářsky zpracované kusy železa, bez záseku, volně položené na lavici rostlé hlíny u kychty pece typu Imola. Ve velkomoravské huti u Olomučan byly stejné kusy, ale se zásekem, uloženy v mělké prohlubni vykopané před jednou z nadzemních šachtových pecí. Do prohlubně byly vhozeny za žhava a bezprostředně nato byly zaházeny hlínou. Žhavé kusy železa způsobily slabé propálení zeminy, což bylo také příčinou jejich objevu při výzkumu. Způsob uložení může vyvolat celou řadu interpretací (oběť, pokus o zcizení atd.), zajímavé je ale i to, že v obou uvedených případech byly lupy nalezeny u redukčních hutnických pecí, které pokud nebyly příliš poškozeny při vyjímání produktů, mohly být druhotně využívány i jako vyhříváčky. Bočnickovité lupy bývají v pozdějších ruských pramenech nazývány trhovým železem a na základě současného stavu výzkumu lze skutečně předpokládat, že alespoň určitá část železa byla z hutí expedována v této formě polotovaru.

Početně nepoměrně častějším nálezem polotovaru železa jsou sekerovité hřivny, které měly nejen funkci suroviny, ale i platidla. Na území bývalého

Československa jsou to především velmi bohaté nálezy *sekerovitých hřiven* z východní a jihozápadní Moravy a ze Slovenska, kde je jich jen z Pobežimi známo více než 2000 ks.

Objev celkem 4212 kusů sekerovitých hřiven o hmotnosti 3630 kg, který byl učiněn v blízkosti Wawelu v Krakově, je zajímavý v souvislosti s hutnictvím železa v 2. polovině I. tisíciletí n. l. v Polsku. Rozbory hřiven vyrobených z vysokofosforatých rud s malou příměsí germánia a arsenu umožňují srovnání s kovářskými struskami, nacházejícími se rovněž v okolí Wawelu. Jejich metalografická podobnost umožňuje předpokládat výrobu krakovských hřiven přímo na území Malopolska. E. Zaitz opírá svůj výklad o určitý specifický tvar hřiven, opatřených obdélníkovitou destičkou na týlním čepci. Používání vysokofosforových rud je pro polské slovanské hutnictví železa typické, což je prokázáno rozbory už stovek železných výrobků. Stejně jako na území Slovenska i zde můžeme usuzovat na vývoj hutnictví železa pouze podle nepřímých dokladů a každý nový nález sebou přináší často i nové podněty pro řešení této problematiky.

Představa o *nástrojovém vybavení hutí* je dosud velmi nepřesná, a to pro malý počet nálezů tohoto druhu. Jedním z důvodů je ten, že dílny bývaly většinou opouštěny v klidu, druhým pak skutečnost, že nějaké specificky specializované nástroje užívané asi nebyly. Přesvědčila nás o tom i praxe při experimentálních tavných.

Několik nástrojů však na hutnických lokalitách nalezeno bylo a je nesporné, že jde o nástroje užívané při práci v hutí. Většinou jde o pomůcky k manipulacím se surovinami a produkty. Dosud nejčetnějším je dlátovitý železný nástroj s tulejkou a mírně prohnutým ostřím, který byl nalezen už ve třech exemplářích - jednou v hutí v Trisz v Maďarsku a dvakrát ve střední části Moravského krasu. Nástroj byl užíván nejspíše pro práci se dřevem, asi při odkorování.

Z mladší doby hradištní pochází plochá úzká lopatka s dlouhým trnem pro rukojeť, která byla nalezena mezi skládkou rudy a pecí v hutí v Růžové ulici v Olomučanech. Nástroj připomíná výhňové lopatky užívané dodnes v kovárnách. Typickým kovářským nástrojem je kovadlinka z areálu hutnické dílny na lokalitě Hirschwang v Rakousku. Byl to malý nástroj o délce necelých 9 cm, s hrotem pro zapuštění do dřevěné podložky, který mohl sloužit k naklepávání ostří nástrojů za studena. Na další hutnické dílně v této oblasti byl nalezen železný hraněný pákovitý sochor, který autoři výzkumu interpretují jako nástroj na vytahování struskou pevně ulpělých dyzen z pecí. Jeho použití ovšem mohlo být rozmanité.

Dále se v hutnických dílnách nacházejí ruční brousky a fragmenty velkých brusů rotačních, většinou i se stopami druhotného použití. Tyto nálezy svědčí rovněž o práci s železnými nástroji v hutích, přičemž rotační brusy sloužily k broušení větších železných nástrojů, jimiž mohly být např. sekery, motyky atp., užívané hutníky při práci.

Archeologie, která se zabývá hutnictvím železa, stojí na pomezí věd historických a exaktních. Při výzkumech se nezdívka ocitáme v situaci, kdy je

zapotřebí spolupráce s odborníky z jiných oborů, zejména metalurgy. Ti často napomáhají při interpretaci jednotlivých nálezů technické povahy a spolupracují při experimentálních tavnách, které jsou neobyčejně důležitým příspěvkem při ověřování některých soudů a předpokladů o průběhu hutnění železa v redukčních pecích nalezených při archeologických výzkumech.

Historie *experimentálního hutnění železa* v rekonstrukcích malých slovanských pecí začala už v roce 1964 třemi tavnami ve vtesané zemní peci s hrudním tunelem typu Želechovice. Pokusy byly velmi úspěšné, neboť vedly k potvrzení hypotézy, že v tomto typu pece mohla být vyráběna ocel. Z hlediska postupu vedení tavby je ale např. také velmi důležitý jeden dílčí poznatek - že hrud' pece byla v době tavby uzavřena. Byl potvrzen dvěma nálezy uzavírky kanálu v pecích z hutí v Rakousku a v polesí Olomučany, les. odd. 98/3. Důležitost tohoto poznatku, či spíše předpokladu, který se ukázal jako nutnost při praktickém provádění experimentálních taveb vystupuje do popředí také při interpretaci technologického postupu hutnění ve vestavěných pecích s tenkou hrudí, nazývaných rovněž typem Imola. Tyto pece měly dle předpokladu maďarských archeologů pracovat s otevřenou hrudí. Odporují tomu ale jak nálezy formových panelů v haldách pod pecemi téhož typu ve velkomoravské huti u Olomučan, tak i experimentální tavnby prováděné v peci s uzavřeným formovým otvorem. Zjištění ukazují na jednu nutnost platnou zřejmě u všech hutnických pecí - na nutnost uzavření prostoru pece během tavby. Jedině za tohoto předpokladu bylo možné dosáhnout potřebné teploty a udržet ji po dobu tavby bez přílišného kolísání. Tento předpoklad ověřený technickou praxí je v archeologickém materiálu doložen jen velmi náznakově, ale experiment ukázal, že uzavření manipulačního otvoru bylo zřejmě prováděno.

Znalosti o dávném hutnictví železa vzrůstají s každou experimentální tavnou, ať je vedena v rekonstrukci pece z kteréhokoliv období, neboť tavnby v těchto malých hutnických pecích probíhaly podle stejných zákonitostí. Na konci sedmdesátých let byly prováděny první tavnby v rekonstrukci hutnické pece nalezené na Blanensku. Byla to mladohradištní nadzemní pec šachtová se zahloubenou kotlovitou nístějí z Olomučan. Další série pokusů byla prováděna v rekonstrukci pece z doby římské z hutě u Sudic na Boskovicku. Šlo o stejný typ pece, o nadzemní pec šachtovou s jímáním strusky v nístěji. U olomučanské i sudické varianty nadzemní pece šachtové se prokázalo, že produkovaly houbovitě nerovnoměrně nauhličené železo, které neprošlo tekutým skupenstvím.

V současné době je dokončována série pokusů ve vestavěné peci s tenkou hrudí, modelované dle nálezu z velkomoravské hutě u Olomučan. Z technologického a metalurgického vyhodnocení taveb vyplývá, že v tomto typu pece se redukce rudy soustřeďuje až do nístěje. Pro dobrý výsledek taveb bylo nutné, aby železná ruda a posléze i houbovitý kov setrvaly v nístěji za potřebných teplot po určitou dobu.

Doprovodným jevem experimentálních taveb, jejichž význam v archeologii hutnictví železa je nesporný, jsou i tzv. ukázkové tavnby železa pořádané za účelem popularizace výsledků archeologického výzkumu mezi co nejširší

veřejnosti. I ony ale poskytují určité teoretické výsledky či spíše potvrzení poznatků z vědecky vedených taveb experimentálních.

Archeologické výzkumy dávných hutnických dílen přinesly v posledních dvaceti letech nejen celou řadu nových objevů, ale vyvolaly i určité otázky, na které zatím nelze odpovědět. Jisté ale je, že archeometalurgie může významně přispět k osvětlení některých ekonomických i technických stránek vývoje lidské společnosti a že význam tohoto oboru vzrůstá spolu s možnostmi, které poskytuje využívání metod přírodních věd.

SEZNAM LITERATURY:

- Afanasjev, G. E. - Nikolajenko, A. G. 1982:* O saltovskom tipe syrodutnogo gorna, SA 1982/3, 168-175.
- Artamonov, M. I. 1955:* Archeologičeskie issledovanija v južnoj Podolii, KSIA 59, 100-117.
- Barbré, H. - Thomsen, R. 1983:* Rekonstruktionsversuche zur frühgeschichtlichen Eisengewinnung, Offa 40, 153-156.
- Bartuška, M. Pleiner, R. 1965:* Untersuchungen von Baustoffen und Schlacken aus den frühgeschichtlichen Rennöfen Böhmens und Mährens, Technische Beiträge zur Archäologie 2, 1-37.
- Bartošková, A. 1986:* Slovanské depoty železných předmětů v Československu - Slawische Hortfunde von Eisengegenständen in Tschechoslowakei, Studie AÚ ČSAV v Brně XIII,2. Praha.
- Beck, L. 1884:* Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung I. Von den ältesten Zeiten bis um das Jahr 1500 n. Ch. Braunschweig.
- Belcredi, L. 1983:* Zemědělské a řemeslnické nástroje na zaniklých středověkých osadách - Landwirtschaftliches und handwerkliches Gerät aus Ortswüstungen, Archeologia historica 8, 411 - 422.
- Bencard, M. 1979:* Wikingerzeitliches Handwerk in Ribe, Acta Archaeologica II. Kobenhavn, 113-138.
- Benkö, L. 1985:* Sopron, Május 1 téri vasolvasztó kemence TL vizsgálat, Iparrégészet - Archaeometria. Veszprém, 139-140.
- Bialeková, D. 1965:* Stav remeslnej výroby na Slovensku v 9.-11. stor., in: O počiatkoch slovenských dejin. Bratislava, 81-93.
- 1975: Povedim - slovanské hradisko a sídliská z 9. storočia. Nitra.
- 1977: Slovanské nálezy z Púchova - Slawische Funde aus Púchov. AR XXIX, 88-92.
- 1978a: Osídlenie oblastí so surovinovými zdrojmi na Slovensku v 9.-11. storočí - Besiedlung von Gebieten mit Rohstoffquellen in der Slowakei im 9. - 11. Jh., Archeologia historica 3, 11-15.
- 1978b: In: Významné slovanské náleziská na Slovensku. Bratislava, 29-31, 159-167.
- 1981a: Dávne slovanské kováčstvo - Drevneslavjanskoje kuznečnoje delo - Old Slav Smithing. Bratislava.
- 1981b: Slovanské sídliská v Bojniciach - Slawische Siedlungen in Bojnice, ŠZ 19, 5 - 35.
- 1990: Sekerovité hrivny a ich väzba na ekonomické a sociálne prostredie Slovanov - Axe-Like Semiproducts and their Relations to the Economical and Social Environments of the Slavs, in: Staroměstská výročí. Brno, 99 - 120.

- Bialeková, D. - Tirpáková, A. 1989:* K otázke funkčnosti sekerovitých hrvien z Povedima z hľadiska ich metrologických hodnôt - K voprosu o funkcionirovanii toporoobraznykh griven iz Povedima s točki zrenija ich metrologičeskikh značenij - Zur Frage der Funktion der Axtbarren aus Povedim vom Gesichtspunkt ihrer metrologischen Werte, Slovenská numismatika X, 89 - 96.
- Bidzilja, V. I. 1963:* Zalizoplaviľnyy horny serediny I. tysjačolittja n. e. na pivdenomu Buzi, Archeolohija 15, 123-143.
- 1964: Poselenije Hališ-Lovačka, Archeolohija 17, 92-143.
 - 1969: Čorna metallurhija starodavnich schidnich slovjan, Naukova dumka. Kyjiv.
 - 1970: Z istoriji černoj metallurhiji karpatskoho uzhyr'ja rubežu našoj ery, Archeolohija 24, 32-47.
 - 1971: Istorija kultury Zakarpat'ja na rubeži našoj ery, Naukova dumka. Kyjiv.
- Bielenin, K. 1968:* Krótkie podsumowanie dziesięcioletnich badań nad starożytnym hutnictwem żelaza w północnowschodnim rejonie Gór świętokrzyskich, in: Liber Iosepho Kostrzewski. Wrocław-Warszawa-Kraków, 263-275.
- 1969: Starożytne hutnictwo świętokrzyskie i jego aspekty wczesno-średniowieczne, in: Sbornik I. międzynarodowy kongres archeologii słowańskiej, sv. II. Wrocław, 118-122.
 - 1973: Dymarski piec szybowy zagłębiiony (typu kotlinkowego) v Europie starożytnej, Materiały archeologiczne 14, 5-101.
 - 1974: Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza v Górach Świętokrzyskich - Ancient Mining and Iron Smelting in the Góry Świętokrzyskie (Holy Cross Mountains). Kraków - Warszawa - Wrocław.
 - 1977a: Einige Bemerkungen über das altertümlichen Eisenhüttenwesen im Burgenland, Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 59, 49-62.
 - 1977b: Übersicht der Typen von altertümlichen Rennöfen auf dem Gebiet Polens, Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 59, 127-145.
- Brajčevskaja, A. T. 1956:* Železoplaviľnyj gorn v Novoj Pokrovke, KSIA 6, 64-67.
- Brajčevskij, M. J. - Dovženok, V. I. 1967:* Poselenije i svjatilišče v sele Ivankovcy v sredněm Podněstrovje, MIA 139, 90-91.
- Brož, L. 1975:* Teoretické základy výroby železa. Praha.
- Bubeník, J. 1972:* K problematice železné misky tzv. slezského typu - Zur Problematik der Eisenschale vom sog. schlesischen Typus, AR 24, 542-567.
- 1980: K otázce funkce železné misky tzv. slezského typu - Zur Frage der eisernen Schüssel des sog. schlesischen Typs. in: Sborník referátů ze symposia Slované 6. - 10. století, Břeclav - Pohansko 1978. Brno, 49-54.
- Cenek, M. - Bezděk, L. - Stránský, K. - Souchopová, V. 1975:* Přímá výroba železa z rud na Blanensku - Direct Iron Making Process in the Surrounding of Blansko, Knižnice odborných a vědeckých spisů Vysokého učení technického B 61. Brno, 79-89.
- Čebotarenko, G. 1973:* Kalfa - gorodišče VIII.-X. vv. na Dnestre. Kišiněv.

- Dohnal, V. 1982:* Středověké železářské pece v Seničce (Olomouc) - Mittelalterliche Eisenverhüttungsöfen in Senička (Bez. Olomouc), PV 1980, 39-40.
- Dostál, B. 1966:* Slovanská pohřebiště ze střední doby hradištní na Moravě - Slawische Begräbnisstätten der mitleren Burgwallzeit in Mähren. Praha.
- 1975: Břeclav - Pohansko IV. Velkomoravský velmožský dvorec - Brzeclav-Pogansko IV. Usad'ba velikomoravskogo veľmoži - Břeclav-Pohansko IV. Großmährischer Herrehof. Brno.
 - 1983: Železné sekerovité hřivny z Břeclavi - Pohanska - Železnyje toporovidnyje grivny iz g. Brzeclav-Pogansko - Axtförmige Eisenbarren von Břeclav-Pohansko, SPFFBU, E 28, 179-199.
- Fedorov, G. B. 1953:* Gorodišče Jekimaucy, KSIA 50, 104-126.
- 1954: Itogi trechletnich rabot v Moldavii v oblasti slavjano-russkoj archeologii, KSIA 56, 8-23.
 - 1960: Naselenije prutsko-dněstrovskogo Meždurečja v I. tysjačelietii n. e., MIA 89.
 - 1964: Raboty prutsko-dněstrovskoj ekspedicii v 1960-1961 gg, KSIA 99, 77-86.
- Füryová, K. 1984:* Nález železiarskej taviacej pece v Gemerskom Sade - Fund eines Eisenschmelzöfens in Gemerský Sad - Nachodka železoplaviľnoy peči v s. Gemerski-Sad, AVANS 1983, 82-83.
- 1985: Dalšie železiarske taviace pece v Gemerskom Sade - Weitere Eisenschmelzöfen in Gemerský Sad - Novyje železoplaviľnyje peči v s. Gemerski-Sad, AVANS 1984, 87-89.
 - 1987: Pokračovanie vo výskume zaniknutej stredovekej osady Somkút v Gemerskom Sade - Fortsetzung der Grabung auf der mittelalterlichen Dorfwüstung Somkút in Gemerský Sad - Prodlženiej issledovanij pogibšego sredněvekovogo poselenija Somkut v s. Gemerski-Sad, AVANS 1986, 43-44.
- Füryová, K. - Míček, M. - Mihok, L. - Tomčo, Š. 1991:* Začiatky železiarstva vo východnej časti Gemera v stredoveku - Beginnings of ironworking in the eastern part of Gemer in the Middle Ages, in: Zborník Slovenského národného múzea LXXV, Archeológia 1, 157-177.
- Galuška, L. 1989:* Výrobní areál velkomoravských klenotníků ze Starého Města - Uherského Hradiště - Das Erzeugungsareal der grossmährischen Juweliere aus Staré Město - Uherské Hradiště, PA LXXX, 405-454.
- 1992: Dvě velkomoravské kovárny s depoty ze Starého Města - Two Great Moravian forging Shops with Hoards from Staré Město, ČMM LXXVII, 123 - 161.
- Gardi, R. 1954:* Der schwarze Hephästus. Bern.
- Gilles, J. 1960:* Rennversuch in Gebläseofen und Ausschmieden der Luppen, Stahl und Eisen 1980/14, Zeitschrift für das deutsche Eisenhüttenwesen. Berlin-Düsseldorf, 921-962.

- Glob, P. V.* 1959: Avlsten. Nye typer fra Danmarks jernalder - Forge stones - New Types from the Danish Iron Age. Kuml.
- Gömöri, J.* 1977: Archäologische Eisenforschung in Westungarn, Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 59, 83-99.
- 1978-1979: Jelentés a nyugat - magyarországi vasvidék Győr - Sopron megyei lelőhelyeinek kutatásáról, I. - Meldung über Foscungen der Fundorte des westungarischen Eisenerzgebietes im Komitate Győr-Sopron, I., Arrabona XIX-XX, 109-157.
 - 1979: Jelentés a nyugat - magyarországi vasvidék régészeti kutatásáról II - Meldung über Foscungen der Fundorte des westungarischen Eisenerzgebietes im Komitate Győr-Sopron, II., Arrabona XXI, 59-86.
 - 1980: Frühmittelalterliche Eisenschmelzenöfen von Tarjánpuszta und Nemeskér, AA Hung 32, 317-343.
 - 1981: A korai középkori vasolvasztó kemencék és az ékelt vasbucák kérdése, in: Iparrégészet - Égetőkemencék. Veszprém, 109-121.
 - 1983: A vaskohászati maradványok régészeti kutatásáról. A szakonyi vasolvasztó telep, - Archaeological research of the remains of iron industry. The Szakony Bloomery Workshop, Bányászati-Kohászati Lapok, Kohászat 116/3, 97-103.
 - 1987: Some Relics of the Early Hungarian Blacksmiths Craft, in: The Crafts of the Blacksmith (Scott, B.G. - Cleere, H. eds). Belfast, 131-147.
 - 1988 (1991): The Szakony Bloomery Workshops. In: The First Iron in the Mediterranean - Preceedings of the Populonia - Piombino 1983 Symposium (G. Sperl ed.), PACT 21, Strassbourg, 91-100.
 - 1989: The Hungarian bloomeries, in: Archaeometallurgy of Iron 1967-1987. Prague, 125-138.
- Gömöri, J. - Kisházi, P.* 1985: Iron Ore Utilization in the Carphatian Basin up to the Midle Ages with special Regard to Bloomeries in Western Transdanubia, in: Neogene Mineral Resources in the Carpathian Basin. Budapest, 232-355.
- Gurin, M. F.* 1988: Process kriceobrazovanija v drevnej metallurgii železa - Process des Rennverfahrens in der alten Eisenmetallurgie, SIA XXXVI/2, 363-378.
- Habovštiak, A.* 1975: Hradisko z 9.-10. storočia v Tl'mačoch - Burgwall aus dem 9. - 10. Jahrhundert in Tlmače, SIA XXIII/1, 97-118.
- Hachulska - Ledwos, R.* 1971: Wczesnośredniowieczna osada v Nowej Hutie - Mogile, Materiały Archeologiczne Nowej Huty 3. Kraków.
- HAMPL, F.* 1953: Urzeitlicher Kupfererzbergbau in südwestlichen Niederösterreich, Archeologia Austriaca 13, 46-72.
- Hašek, V. - Mayer, S.* 1976: Výroční zpráva úkolu č. 1701 "Aplikace geofyzikálních metod v archeologii". Geofyzika n.p. Brno, 14-19.
- 1977: Příspěvek k uplatnění geofyziky při archeologickém výzkumu železářských pecí na Blanensku, Sborník Okresního vlastivědného muzea v Blansku VI - VII (1974-1975), 57-65.

- Heckenast, G. 1967:* Eisenverhüttung im Burgenland und Westungarn im 10. bis 13. Jahrhundert, Burgenländische Heimatblätter 29/2, 55-65.
- Heckenast, G. - Nováki, Gy. - Vastagh, G. - Zoltay, E. 1968:* A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban. Budapest.
- Hegedüs, Z. 1961:* A diósgyőri központi kohászati múzeumban levő vasbucák kohászattörténeti vonatkozásai, Történelmi Szemle, 94-106.
- Hoffmann, R. 1941:* Vorgeschichtliche Kalköfen, Eisenschmelze, Holzkohlegruben, Mannus, Zeitschrift für deutsche Vorgeschichte XXXIII, 561-574.
- Hrubec, I. 1965:* Depot železných nástrojov zo Sklabine - Ein Hort von Eisengegenständen aus Sklabiňa, SIA XIII/2, 415-422.
- Hrubý, V. 1965:* Staré město. Velkomoravský Velehrad - Staré Město. Ein Zentrum des Grossmährischen Reiches. Praha.
- Javorský, F. 1977:* Výsledky archeologického výzkumu v Slovenskom raji - Ergebnisse archäologischer Grabungen im Slovenský raj, AVANS 1976, 136-166.
- Jefimova, A. N. 1958:* Černaja metallurgija goroda Bolgara, MIA 61. Moskva.
- Justová, J. 1990:* Dolnorakouské Podunají v raném středověku. Slovanská archeologie k jeho osídlení v 6. - 11. století - Der niederösterreichische Donaauraum im Frümittelalter. Die slawische Archäologie zur Besiedlung dieses raumes im 6. - 11. Jh.. Praha.
- Kačkowski, M. 1976:* Hutnictwo i kowalstwo - kuźnictwo na osadach wczesnośredniowiecznych z VI. i VII. wieku - Żukowice, Powiat Glogów, Materiały Komisji Archeologicznej 4, 305-328.
- Kapitańczyk, K. 1953:* W sprawie hutnictwa wczesnośredniowiecznego w Biskupinie, Studia wczesnośredniowieczne II. Warszawa - Wrocław, 127-136.
- Kaus, K. 1984:* Ein arpadenzeitlicher Ausheizofen aus Lutzmannsburg, Bezirk Oberpullendorf, Burgenland, Bányászati - Kohászati Lapok, Kohászat 117/11-12, 538.
- 1986: Ein mittelalterlicher Frischherd aus Lutzmannsburg, Beiträge zur eisengeschichtlichen Forschung in Österreich, Leobener Grüne Hefte 6, 39-43.
- Klanica, Z. 1972:* Velkomoravské řemeslo. - Grossmährisches Handwerk - Velikomoravskoje remeslo. Liberec.
- 1986: Počátky slovanského osídlení našich zemí - Die Anfänge der slawischen Besiedlung unserer Länder. Praha.
- Klíma, B., 1982:* Zámečnická práce staromoravských kovářů v Mikulčicích - Schlosserarbeit der grossmährischen Schmiede in Mikulčice. Studie AÚ ČSAV v Brně VIII/3. Praha.
- 1985: Velkomoravská kovárna na podhradí v Mikulčicích - Die grossmährische Schmiede auf der Unterburg in Mikulčice-Velikomoravskaja kuznica v posadě Mikulčice, PA LXXVI, 428-455.
- Kolčín, B. A. 1953a:* Černaja metallurgija i metalloobrabotka v drevnej Rusi. Domongol'skij period, MIA 32.
- 1953b: Technika obrabotki metalla v drevnej Rusi. Moskva.

- 1959: Železoobratyvajuščeje remeslo Novgoroda Velikogo, Trudy Novgorodskoj archeologičeskoj expedicii II, MIA 65, 7-120.
- Kolčín, B. A. - Krugova, O. Ju. 1965: Fizičeskoje modelirovanije syrodutnogo processa proizvodstva železa, in: Archeologija i jestěstvennyje nauki. Moskva, 196-215.*
- Kořán, J. 1946: Staré české železářství, Knihnice Dějiny práce, sv. 1. Praha.*
- Kos, F. 1906: Gradivo za zgodovino Slovencev v srednjem veku II. Ljubljana.*
- Krajčíc, R. - Matoušek, V. 1985: Výzkum středověkých železářských pecí v Chýnici, okr. Praha-západ - Excavation of mediaeval iron smelting furnaces at Chýnice, district of Praha-West, AR XXXVII, 170 - 180.*
- Kraskovská, L. 1966: Nálezy železných hrivien na území Vel'kej Moravy - Die Eisenbarrenfunde vom Gebiet Grossmährens, in: Sborník I. numismatického symposia 1964. Brno, 49-51.*
- Kreps, M. 1972: Technický vývoj železářství v českých zemích v poslední fázi svárkového železa, Rozpravy Národního technického muzea v Praze, sv. 54. Praha.*
- 1978: Dějiny blanenských železáren I (do roku 1897). Brno.
- Kropotkin, V. V. - Nachapet'jan, V. E. 1976: Novyj centr železodějatel'nogo proizvodstva III - IV vv. n. e. v bassejne južnogo Buga, SA 3, 317-324.*
- Kruta, V. 1972: Železářská osada ze starší doby římské Kadaň - Jezerka, o. Chomutov - L'Agglomération sidérurgique barbaroromaine de Kadaň-Jezerka, Bohême de NO, AR 29, 317-327.*
- Krzemieńska, B. - Třeštík, D. 1964: Služebná organizace v raně středověkých Čechách - Organisation des services en Boheme durant le Haut Moyen Age, ČSČH 12, 637-667.*
- Kučera, M. 1974: Slovensko po páde Velkej Moravy. Štúdie o hospodárskom a sociálnom vývine v 9.-13. storočí - Slovakia posle padenija Velikomoravskogo knjažestva (Issledovanija po ekonomičeskomu i socialnomu razvitiju v 9 - 13 vv.). - Die Slowakei nach dem Fall des Grossmährischen Reiches (Studie über die wirtschaftliche und soziale Entwicklung im 9.-13. Jahrhundert). Bratislava.*
- 1984: Hutnictví železa na Slovensku v 10. až 13. stol., in: Dějiny hutnictví železa v Československu 1. Praha, 59-65.
- Kučerovská, T. 1980: Die Zahlungsmittel in Mähren im 9. und 10. Jahrhundert, in: Rapports du III^e Congrès International d'Archéologie Slave, Tome 2. Bratislava, 211 - 223.*
- 1989: Archeologické nálezy k vývoji peněžní směny ve Velkomoravské říši - Archäologische Funde zur Entwicklung des Geltaumtaushes in Grossmähren, Numismatický sborník 18, 19 - 54.
- Leciejewicz, L. 1976: Słowianczyzna zachodnia, Kultura Europy wczesnośredniowiecznej 2. Wrocław - Warszawa - Kraków - Gdańsk.*
- Leciejewicz, L. - Łosiński, W. - Tabaczyńska, E. 1961: Kołobrzeg we wczesnym średniowieczu. Wrocław.*
- Łosiński, W. 1959: Kowalstwo we wczesnośredniowieczym Kołobrzegu, Prace komisji archeologicznej IV, I/1, 9-58.*

- Ludikovský, K. 1961: Staroslovanské železářské pece v Žerotíně u Šternberka - Altslawische Eisenschmelzöfen in Žerotín bei Šternberg, SbČSSA I, 48-57.*
- Ludikovský, K. - Souchopová, V. 1979: Extenzivní hutnické centrum v Sudicích na Malé Hané, Sborník Okresního muzea v Blansku X/1978, 23-46.*
- Magnusson G. 1986: Lagteknisk järnhantering i Jämtlands län - Bloomery Iron Production in the Country of Jämtland, Sweden, Jernkontorets bergshistoriska skriftserie 22. Stockholm.*
- Marešová, K. 1985: Uherské Hradiště - Sady. Staroslovanské sídliště na Dolních Kotvicích - Altslawische Siedlung in Uherské Hradiště-Sady. Uherské Hradiště.*
- Martens, I. 1977: Vor- und frühgeschichtliche Eisenverhüttung in süd-norwegischen Gebirgsgegenden, Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 59, 147-155.*
- Mayrhofer, R. J. 1953: Geologische, mineralogische und technologische Beobachtungen auf den urzeitlichen Preiner Schmelzplätzen und ihrem Assoziationskreis, Archaeologia Austriaca 13, 73-104.*
- Mayrhofer, R. J. - Hampl, F. 1958: Frühgeschichtliche Bauernrennfeuer in südwestlichen Niederösterreich. Wien.*
- Mazur, W. - Nosek, E. 1989: Investigation of the Hoart of Currency Bars from Kraków, in: Archaeometallurgy of Iron 1967-1987. Prague, 429-435.*
- Meyer, W. 1977: Bestandsaufnahme von Pingenfeldern im Bezirk Oberpullendorf, Bgld., Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 59, 25-48.*
- Mihok, L. 1989: Old World Archaeometallurgy. Archaeometallurgical Activity in Czechoslovakia in 1988, Archeomaterials 3/2, 173 - 175.*
- Mihok, L. - Javorský, F. 1989: The Study of Development of Early Iron Metallurgy in Spiš, in: Archaeometallurgy of Iron 1967-1987. Prague, 65-75.*
- Mihok, L. - Majerčák, Š. - Točík, A. 1981: Rozbor materiálů z výroby železa v kovářsko-hutnické osadě v Komjaticích - Materialienanalyse aus der Eisenproduktion in der Schmiede-Hütteniederlassung in Komjatice, AR XXXIII, 557-561.*
- Motyková, K. - Pleiner, R. 1987: Die römische Siedlung mit Eisenhütten in Ořech bei Prag, PA LXXVIII, 371-448.*
- Nikolskaja, T. N. 1954: Archeologičeskije issledovanija orlovskoj oblasti, KSIA 53, 11-104.*
- 1957: Drevnerusskoje selišče Lebedka, SA 1957/3, 176-197.*
- Nováki, G. 1966: Überreste des Eisenhüttenwesens im Westungarn, Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 35, 163-198.*
- 1969: Archäologische Denkmäler des Eisenverhüttung in Nordostungarn aus dem X. - XIII. Jh., AAHung 21, 299-331.*
- Ohrenberger, A. J. - Bielenin, K. 1969: Ur- und frühgeschichtliche Eisenverhüttung auf dem Gebiet Burgenland (informativer Bericht), Burgenländische Forschungen, Sonderheft II (Kunnert Festschrift). Eisenstadt, 79-95.*

- Opravil, E. 1981: Dřevěné uhlí z hutnických pecí v Sudicích okres Blansko - Holzkohle aus der Hüttenöfen von Sudice (Bezirk Blansko), AR XXXIII, 317-319.*
- *1986: Dřevěné uhlí z hutnických dílen na Blanensku, in: Souchopová, V.: Hutnictví železa v 8.-11. století na západní Moravě - Die Eisenverhüttung des 8. - 11. Jh. in Westmähren, Studie AÚ ČSAV v Brně XIII/1. Praha.*
- Pačkova, S. P. 1975: Hospodarstvo schidno - slovjanskych plemen na rubeži našoj ery. Kyjiv.*
- Paňkov, S. V. 1982: O razvitii černoj metallurhii na teritorii Ukrainy v konce I tysjačeletija do n. e. - pervoj poloviny I tysjačeletija n. e., SA 4, 201-213.*
- *1987: Metalurhija zaliza v lisnij i lisostepovij zonach Schidnoj Jevropi v I tys. do n. e., Archeolohija 58, 45-56.*
 - *1992: Metallurgija železa u plemen vostočnoj Volyni (Žitomirščiny) rubeža poloviny I tys. n.e., SA 1/1992, 192-197.*
- Piaskowski, J. 1956: Badania przedmiotów metalowych z grodziska v Zawadzie Lanckeronskiej, pow. Brzesko, Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 1, Nr.2, 375-387.*
- *1970: The Achievements of Research Carried out in Poland on the History of early Technology of Iron, Archaeologia Polone, vol. 12, 187 - 217.*
 - *1986: Wczesnosłowiańska technologie żelaza na terenie Małopolski, AACarp XXV, 149-177.*
 - *1988: Rodzaje rud stosowanych do wytopu żelaza na ziemiach Polski v starożytności i ve wczesnym średniowieczu, in: Surowce mineralne v pradziejach i ve wczesnym średniowieczu Europy środkowej, Prace Komisji Archeologicznej 6. Wrocław-Warsawa-Kraków-Gdańsk-Lódz, 63-80.*
 - *1989: Metallographic Examinations of Ancient and Medieval Iron Implements found on the Territories of Poland, in: Archaeometallurgy of Iron 1967-1987. Prague, 407-427.*
- Pleiner, R. 1955: Výroba železa ve slovanské huti u Želechovic na Uničovsku - Eisengewinnung in einer slawischen Hüttenanlage in Želechovice bei Uničov, Rozpravy ČSAV 65, seš. 6.*
- *1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích - Die Grundlagen der slawischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern. Praha.*
 - *1961a: Experiment v archeologii - Versuche in der Vorgeschichtswissenschaft, PA LII, 616-622.*
 - *1961b: Slovanské sekerovité hřivny - Die slawischen Axtbarren, S1A 9, 404-450.*
 - *1962a: La sidérurgie dans les pays tchéques au moyen age, Revue d'histoire de la sidérurgie 3, 179-195.*
 - *1962b: Staré evropské kovářství - Alteuropäisches Schmiedenhandwerk. Praha.*

- 1965a: Das Eisenhüttenwesen bei den Slawen im frühen Mittelalter, Vita pro Ferro - Festschrift für Robert Dürrer. Schaffhausen, 135-162.
 - 1965b: Die Eisenverhüttung in der "Germania Magna" zur römischen Kaiserzeit, 45. Bericht der römisch-germanischen Kommission. Berlin, 11-86.
 - 1967: Die Technologie des Schmiedes in der grossmährischen Kultur, S1A 15, 77-188.
 - 1969a: Experimental Smelting of Steel in Early Medieval Furnaces, PA LX, 458-487.
 - 1969b: Středověké sídliště s kovárnami u Mutějovic - Eine mittelalterliche Dorfsiedlung mit Schmiedewerkstätten bei Mutějovice, Westböhmen, PA LX, 533-589.
 - 1971a: Archeologický výzkum středověkých železáren u Radětic - Mittelalterliche Eisenverhüttung bei Radětice, Vlastivědný sborník Podbrdská 5, 42 - 63.
 - 1971b: Der Handel mit Eisen im östlichen Mitteleuropa im 4 - 9 Jhd, Early Medieval Studies 3, Antikvariskt arkiv 40, 13 - 21.
 - 1979: Rozbor vzorků železa z doby hradištní z hutí u Olomučan, Sborník Okresního muzea v Blansku X/1978, 16-22.
 - 1983a: Neue Entdeckungen von römerzeitlichen Eisenhütten in den böhmisch-mährischen Siedlungsräumen, Offa 40, 63-68.
 - 1983b: Úvahy nad historiografií vědy a techniky, Dějiny vědy a techniky 16, 97-113.
 - 1984: Hutnictví železa v českých zemích a na Slovensku v době předfeudální a raně feudální, in: Dějiny hutnictví železa v Československu 1 - Istorija černoj metallurgii v Čechoslovakii 1 - Geschichte des Eisenhüttenwesens in der Tschechoslowakei 1. Praha, 11-58.
 - 1987: Die römerzeitliche Siedlung mit Eisenhütten in Ořech bei Prag, PA LXXVIII, 371-448.
 - 1988: Zum Eisenerzbergbau im frühen Europa, in: Surowce mineralne v pradziejach i we wczesnym sredniowieczu Europy środkowej, Prace Komisji Archeologicznej 6. Wrocław-Warszawa-Kraków-Lódz, 53-61.
 - 1989: K otázce funkce a rozšíření sekerovitých hřiven - K voprosu funkcii i rasprostranjenija toporoobraznych železnych griven - Zur Frage der Funktion und Verbreitung der Axtbarren, Slovenská numizmatika 10, 81-88.
 - 1991: Bemerkungen zu einigen Schmelzversuchen in frümittelalterlichen Rennöfen in der Tschechoslowakei, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6. Experimentelle Archäologie - Bilanz 1991, 323-329.
- Pošvár, J. 1963: Velkomoravské železné hřivny jako platidlo - Grossmährische eiserne Markbarren als Zahlungsmittel, Numismatické listy XVIII, 134 - 144.*
- Poulik, J. 1948-1950: Jižní Morava - země dávných Slovanů - Južnaja Moravia - zemlja drevnich Slavjan - South Moravia - the Country of the Ancient Slavs - La Moravie du Sud pays des Slaves anciens. Brno.*

- 1975: Mikulčice-sídlo a pevnost knížat velkomoravských - Mikulčice-rezidencija i krepost' velikomoravskich knjazej - Mikulčice-Sitz und Feste der Grossmährischen Fürsten. Praha.
- Poulik, J. - Chropovský, Boh. a kol. 1985: Velká Morava a počátky československé státnosti. Praha-Bratislava.*
- Procházka, R. 1992: Záchraný výzkum slovanského sídliště v Kuřimi. okr. Brno-venkov - Rettungsgrabung der slawischen Siedlung in Kuřim, Bez. Brno-venkov, Pravěk NR 2, 317 - 341.*
- Quadrat, O. 1953: Základy metalurgie železa. Praha.*
- Rauhut, L. 1956: Sprawozdanie z badań wczesnośredniowiecznego ośrodka metalurgiczno-kowalskiego we wsi Kamionka Nadbużna, pow. Ostrów Mazowiecka - Rannesrednevekovej kuznečno-metallurgičeskij centr v s. Kamionka Nadbużna, povjata Ostrów Mazowiecka - An early Mediaeval metallurgical Centre at Kamionka Nadbużna, the Ostrów Mazowiecka District, WA XXIII, 342-352.*
- Regionální geologie ČSSR, díl I, sv. 2. Praha 1964.*
- Reyman, T. 1952: Na śladach rudnic. Igolomska "fabrica ferri" z okresu rzymskiego, ZOW XXI, 119-128.*
- Roesdahl, E. 1977: Fyrkatt II. Stockholm.*
- Ruttkay, A. 1978: Posledné pracovné výsledky stredovekej archeologie na Slovensku a problematika vývoja osídlenia v 9. až 13. storočí - Zu metodischen Problemen der Siedlungsforschung in der Slowakei für das 9. bis 13. Jahrhundert von der Sicht der Besiedlungskontinuität, Archaeologia historica 3, 269-281.*
- Rybakov, B. A. 1948: Remeslo drevnej Rusi. Moskva-Leningrad.*
- Sáňka, H. V. 1903: Staré železářny Rudické, ČMMZ III, 45-59.*
- Sejbal, J. 1960: K počátkům peněžní směny ve Velkomoravské říši - Zu den Anfängen der Geldwirtschaft in Grossmährischen Reich, ČMM 45, 73-81.*
- 1965: Čím se platilo v době říše Velkomoravské, in: Almanach Velká Morava. Brno, 139-140.
- Skutil, J. 1972: Moravské příspěvky k pravěkému a časně historickému poznání domácí rudní těžby. Tisk Okresního vlastivědného muzea v Blansku, Blansko.*
- Slivka, M. 1978: Stredoveké hutníctvo a kováčstvo na východnom Slovensku - Srednevekovaja metallurgija i kuznečnoje delo vostočnoj Slovakii - Das mittelalterliche Hütten - und Schmiedewesen in der Ostslowakei, Hist Carp 9, 217-263.*
- Smetánka, Z. 1971: Archeologický výzkum středověké vesnice v Čechách v létech 1965-1970 - Archäologische Erforschung mittelalterlicher Dörfer in Böhmen in den Jahren 1965 - 1970, in: Zaniklé středověké vesnice ČSSR ve světle archeologických výzkumů I. Uherské Hradiště, 21-36.*
- Sorokin, S. 1957: Novyj archeologičeskij material po istorii ruskogo železodelatel'nogo proizvodstva, Soobščeniija gosudarstvennogo Ermitaža XI. Leningrad.*

- Sönnecken, M. 1971: Die mittelalterliche Rennfeuerhüttung im märkischen Sauerland, Landeskundliche Karten und Hefte der geographischen Kommission für Westfalen, Reihe Siedlung und Landschaft in Westfalen. Münster.*
- Souhopová, V. 1969: Stopy železářské výroby z rané doby středověké v Olomučanech na Blanensku, Sborník Okresního vlastivědného musea v Blansku I-1969, 41-46.*
- *1970: Výsledky výzkumu hutnické dílny v Padouchově u Josefova, Sborník Okresního vlastivědného musea v Blansku II-1970, 15-26.*
 - *1973: Nález hutnické dílny v Olomučanech na Blanensku, Sborník Okresního vlastivědného musea v Blansku V-1973, 75-84.*
 - *1976: Vesnické osídlení z 10. století v Bořitově, trať Niva - Ein Dorfsiedlung aus 10.Jahrhundert in Bořitov, Feldtrassen Niva, Archaeologia historica I, 153-157.*
 - *1980a: Hutnická dílna z 9. století n. l. u Olomučan (okr. Blansko) - Eine Hüttenanlage des 9. Jh. bei Olomučany (Kreis Blansko), in: Sborník referátů ze symposia Slované 6.-10. století, Břeclav-Pohansko 1978. Brno, 221-225.*
 - *1980b: Objev hutnických dílen z 8. století na Olomučansku (okres Blansko), Sborník Okresního muzea v Blansku XII/1980, 47-52.*
 - *1981: Überblick über die neuen Grabungen in Mähren, Leobener grüne Hefte 2, Eisengewinnung und -verarbeitung in der Frühzeit, 35-46.*
 - *1982: Některé aspekty vývoje železářského hutnictví na Moravě ve starší době hradištní - Einige Entwicklungsaspekte der Eisenhüttenwesen Mährens in der alteren Burgwallzeit - Some aspects of the history of iron metallurgy in Moravia in the period of early Slav forts, Rozpravy Národního technického muzea v Praze, Z dějin hutnictví 11, 7-15.*
 - *1983: Hutnictví železa v době velkomoravské, Věda a život 6/83, 414-417.*
 - *1984: Výsledky komplexního průzkumu metalurgických stařin na Blanensku, Regionální sborník okresu Blansko 84, 19-30.*
 - *1986a: Hutnictví železa v 8.-11. století na západní Moravě - Die Eisenverhüttung des 8. - 11. Jh. in Westmähren, Studie AÚ ČSAV v Brně XIII/1. Praha.*
 - *1986b: K hutnické výrobě na západní Moravě v X. - XI. století - Die Hüttenproduktion in Westmähren im X. - XI. Jahrhundert, SbNM XXXIX, řada A - historie, 138 - 141.*
 - *1989a: Neue Ausgrabungen der frühmittelalterlichen Verhüttungstätten in Westmähren, in: Sborník Archaeometallurgy of Iron 1967-1987. Prague, 333-341.*
 - *1989b: Počátky slovanského hutnictví železa u nás, Regionální sborník okresu Blansko 89, 54-57.*
 - *1992: The main Tendencies of Development of West Slav Iron Metallurgy from its Origin until the 11 th century, in: Medieval Europe 1992, vol. Technology and Innovation. York, 131 - 136.*

- 1993: Cesty vývoje velkomoravského hutnictví železa - Entwicklungswege des Eisenhüttenwesens Grossmährens, Rozpravy Národního technického muzea v Praze, Z dějin hutnictví 21, 6 - 11.
- Souchopová, V. - Hypr, D.* 1993: Suroviny a jejich těžba, in: Moravský kras, labyrinty poznání. GEO program Adamov, 196 - 217.
- Souchopová, V. - Král, J. - Čípek, K. - Stránský, K.* 1985: Experimentální tavby v rekonstrukcích vestavěných dýmaček z období Velké Moravy, Regionální sborník okresu Blansko 85, 24-37.
- Souchopová, V. - Stránský, K.* 1982: Rekonstrukce technologických pochodů přímé výroby železa z rud pokusnými tavbami v malých šachtových pecích, Sborník Okresního muzea v Blansku XIII - XIV/1981-1982, 18-24.
- 1983: Poznatky z experimentálních taveb železa v rekonstrukcích nadzemních šachtových pecí z Blanenska - Erkenntnisse aus den Versuchsmelzen in Wiederherstellungen von Schachtrennöfen aus der Umgebung von Blansko - Rezultaty eksperimentov syrodutnogo processa v modeljach šachtnych železoplavitel'nych gornov iz regiona Blansko, PA LXXIV, 527-544.
- 1989: Experimental Iron Smelting in the Blansko Region, Czechoslovakia, Archaeomaterials 3/2, 149-161.
- 1991: Versuchsmelzen in Rekonstruktionen von Rennöfen aus der Umgebung von Blansko, in: Experimentation en archéologie. Bilan et perspectives. Paris, 149 - 155.
- Stránský, K. - Souchopová, V.* 1990a: Dny dávného hutnictví železa v Boskovicích, Slévárenství XXXVIII/6, 261-263.
- 1990b: K rekonstrukci procesů přímé výroby železa z rud v dýmačkách, Sborník Okresního muzea Blansko '90, 73-76.
- Stránský, K. - Souchopová, V. - Ludikovský, K.* 1978: Pokusné tavby na přímou výrobu železa z rud v šachtových pecích na Blanensku - Versuchsschmelzen mit direkter Eisengewinnung aus Erzen in Schachtöfen in der Umgebung von Blansko - Opytnyje plavki s prjamym proizvodstvom čuguna iz rud v šachtnych pečach v okresnostjach goroda Blansko - Fusions d'essai a la production directe du fer du mineral aux fours a cuve aux environs de Blansko - Experimental Melts with Direct Iron Production from Ores in Shaft Furnaces in the Surroundings of Blansko, Slévárenství XXVI/11, 464-467.
- Straube, H. - Tarman, B. - Plöckinger, R.* 1964: Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart, Kärntner Museumschriften 35. Klagenfurt.
- Stur, J.* 1914: Die slawischen Sprachenelemente in den Ortsnamen der Deutsche-österreichischen Alpenländern zwischen Donau und Drau, Sitzungsberichte der Kaiserische Academie in Wien, P.-H. Klasse 176/6, Wien.
- Sunčugašev, Ja. I.* 1979: Drevňaja metallurgija Chakasii (epocha železa). Novosibirsk.
- Šramko, B. A.* 1962: Drevnosti Severnogo Donca. Charkov.
- 1969: Orudija skifskoj epochi dlja obrabotki železa, SA 1969/3, 53-70.

- Šramko, B. A. - Michejev, V. K. 1969:* Do pitannja pro vyrobnyctvo zaliza u bolgarno-alanskykh plemen saltivskoj kultury, Visnyk charkivskogo universitetu 3, 74-81.
- Thalân-Bergman, L. 1979, in: Clarke, H. ed.:* Iron and Man in Prehistoric Sweden. Stockholm, 99-133.
- Tholander, E. 1986:* Experimental stud. Kuglish, 334.
- Thomsen, R. 1971:* Essestein und Ausheizschlacken aus Haithabu, Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu 5, Untersuchungen zur Geschichte des Eisens. Neumünster, 100-109.
- Tichanova, M. A. 1974:* K voprosu o razvitii černoj metallurgii v čern-jachovskoj kulture, KSIA 140, 11-181.
- Tirpáková, A. - Bialeková, D. - Vlkolinská, A. 1989:* The Application of Some Mathematic-statistical Methods in Solving the Possibility of Exploitation of Roman Measures in Manufacturing of Slavic Axe-Shaped Currency Bars and Pottery, SIA XXXVII-2, 427-450.
- Točík, A. 1975:* Prieskum zaniknutých banských diel v Slovinkách - Suche nach untergegangenen Gruben in Slovinky, AVANS 1974, 105-107.
- 1983 : Velkomoravský železný depot z Čebovic - Großmährischer Eisendepotfund von Čebovce - Velikomoravskij železnyj klad iz s. Čebovce, ŠZ 20, 207-230.
- Točík, A. - Bublová, H. 1985:* Príspevok k výskumu zaniknutej ťažby medi na Slovensku - Beitrag zur Geschichte des Stillgelegten Kupferabbaues in der Slowakei - Vklad v izučeníje ostavlenoj dobyči medi v Slovakkii, ŠZ 21, 47-128.
- Trgina, G. 1986:* Další kamenný mlat zo Španej Doliny - Ein weiterer steinerner Rillenschlägel aus Špania Dolina - Novaja nachodka kamennogo molota iz Španej-Doliny, AVANS 1985, 227-228.
- Tripsa, J. 1983:* Din istoria metalurgici Romanesti. Bucuresti.
- Tylecote, R. F. 1962:* Metallurgy in Archaeology. London.
- Tylecote, R. F. - Austin, A. E. - Wraith, A. E. 1971:* The Mechanism of the Bloomery Process, Journal of the Iron and Steel Institute 209, 342-363.
- Vastagh, G. 1972:* Metallurgische Folgerungen aus den Ausgrabungsfunden der Eisenverhüttung des XI - XII Jhs., AAHung 24, 241-260.
- Vendtová, V. 1969:* Slovanské osídlenie Pobedima a okolia - Die slawische Besiedlung von Pobedim und der Umgebung, SIA XVII, 119-232.
- Vlačíha, K.:* Pece na tavení železa z doby praehistorické a historické v Praze a okolí, Časopis Společnosti přátel starožitností českých, příloha Obzoru praehistorického 1, 13 sq.
- Vozár, J. 1976:* Železnorudná základňa Slovenska a její využívanie, in: Prehľad vývoja železiarstva na Slovensku do r. 1918. Košice, 1-8.
- Weiershausen, P. 1939:* Vorgeschichtliche Eisenhütten Deutschlands, Mannus-Bibliothek No 65. Leipzig.
- 1941: Die Bauernrennfeuer des Westerwald und Dillgebietes, Mannus, Zeitschrift für deutsche Vorgeschichte No 33. Leipzig, 154-200.

Wurmbrandt, G. 1877: Correspondenzblatt Beiträge zur Frage über die Gewinnung des Eisens und die Bearbeitung von Bronzen, Correspondenzblatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 6, 150-154.

Zaitz, E. 1980: Żelazne grzywny siekieropodobne z ul. Kanoniczej 13 w Krakowie - Iron Axe-like Grivens from Kanonicza 13 Street in Cracow, Wiadomości Numizmatyczne 24/1, 24-28.

- 1981: Wstępne wyniki badań archeologicznych skarbu grzywien siekieropodobnych z ul. Kanoniczej 13 w Krakowie, Materiały Archeologiczne 21, 97-124.
- 1988: Frühmittelalterliche axtförmige Eisenbarren aus Kleinpolen, SIA 36/2, 261-276

SEZNAM ZKRATEK POUŽITÉ LITERATURY

- AACarp - Acta Archaeologica Carpathica, Kraków
- AAHung - Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae, Budapest
- AR - Archeologické rozhledy, Praha
- AVANS - Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku, Nitra
- ČMM (ČMMZ) - Časopis Moravského musea (zemského), Brno
- ČsČH - Československý časopis historický, Praha
- Hist Carp - Historica Carpathica, Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach, Košice
- KSIA - Kratkije soobščenija o dokladach i polevyh issledovanijach Instituta Archeologii AN SSSR, Moskva
- MIA - Materialy i issledovanija po archeologii SSSR, Moskva
- PA - Památky archeologické, Praha
- Pravěk - Pravěk, Nová řada, Brno
- PV - Přehled výzkumů, Brno
- Rozpravy ČSAV - Rozpravy Československé akademie věd, Řada společenských věd, Praha
- SA - Sovetskaja archeologija AN SSSR, Moskva
- SbČSSA - Sborník Československé společnosti archeologické, Brno
- SbNM - Sborník Národního musea v Praze, Řada A-Historie, Praha
- SIA - Slovenská archeológia, Bratislava
- Slévárenství - Slévárenství. Časopis pro slévárenský průmysl, Brno
- SPFFBU - Sborník prací filosofické fakulty brněnské university. Řada archeologicko-klasická (E), Brno
- ŠZ - Študijné zvesti Archeologického ústavu SAV, Nitra
- WA - Wiadomości archaeologiczne, Warszawa
- ZOW - Z otchłani wieków. Dwumiesięcznik poświęcony pradziejom Polski, Poznań

The Beginnings of the Metallurgy of Iron among Western Slavs in the Light of Sources from Moravia

SUMMARY

The present study is based on data having been collected during recent years; they concern the Slavic metallurgy of iron and enable to compare metallurgical installations discovered and to trace their development and geographical interrelations. In order to eliminate or minimize erroneous classifications of individual types of features, the author tried to discuss merely well documented sources. Therefore, finds which appear as charged with uncertainties were omitted in general reflections.

The starting point was a complex of data having been achieved during archaeological excavations of fourteen ironworks in the central part of the Moravian Karst region being known intimately from the author's own investigation experience. In the area mentioned (western Moravia) there was possible to evaluate the production of iron during several centuries, from the 8th to the 11th AD. Moreover, the region was connected with the history of the Great Moravian Realm (9th century); signals of economical surprises and declines reflected in archaeological remains, might have been expected in this production district.

I

The metallurgy of iron in western and central Ukraine before Slavs

The continuous development of the iron metallurgy among western Slavs has to be considered in relation to finds discovered in the geographical scene which involved the suggested ethnogenesis of Slavs, chronologically in rough outlines from the mid-first millennium BC up to the mid-first millennium AD. The more or less admitted theory places the cradle of Slavs in the Ukraine: south of the Pripyat' river, northeast of the Carpathian mountain chain and north of the Dnester river. The knowledge of the Slavic iron smelting might

have been influenced by technical achievements of several important ethnical families; simultaneously, the activities of the early Slavic metalworkers might have acted in the reverse direction. It is possible to recognize, to certain extent, these interactions in the case of bloomery furnace models; on the territory of Ukraine they may be classified into three groups.

First, the free-standing shaft furnaces are represented by the installations of the Chernaykhov culture (sites like Lopatna, Braneshty, Ivankovtsy, Sinica, Luka Vrublevskaya), as by the furnaces of the Lyutesh production centre as well (*Pachkova 1955*), and, presumably by the case of Velikaya Pokrovka (*Brychevskaya 1956*). Possibly, this type resembles the Cimmerian and Scythian technical tradition (*Paňkov 1982, 202*). However, it belongs to the most usual and wide spread model in the entire history of iron; contemporary counterparts from central and western Europe show it very clearly.

The same may be said about furnaces set into banks of working pits, e.g. at Remezovtsy (*Pachkova 1975*); they also have their analogies in central Europe: sunken-floored bloomery works of the Romano-Barbarian period (Ořech near Prague and other sites in Bohemia, see *Motýková and Pleiner 1987*).

The third group involves the slag-pit furnaces, cumulated in the so-called fields of abandoned hearths (Novoklinove, Umań, Kurgany, Kikhti). Well known examples of this extensive style of production may be brought forward, especially in Poland and Germany; in Moravia, one site of this type is to be mentioned, namely that of Sudice (*Ludíkovský and Souchopová 1979*), not very far from the Moravian Karst region.

The first evolution phase of such ironworks was linked up with the spread of Celtic or Celtized civilization towards Carpathian mountains and with the formation of a Transcarpathian variant of the La Tène culture, which involves also the existence of slag-pit furnaces operated in systems leaving entire fields of remaining hearths (slag-pits), e.g. at Novoklinove (*Bidzilya 1970, 177-178*). There are, moreover, other symptoms resembling the La Tène culture, above all fortified settlements of the oppidum type: the site of Galich-Lovachka must have been explicitly involved in the iron-working activity relied on the smelting operations in its vicinity (*Bidzilya 1971, 177-178*). After the fall of the La Tène civilization this production disappeared as well, evidently as consequence of destroyed trade networks with the adjacent Danube regions.

A renaissance of the extensive production of iron in the central Ukraine was influenced by the impact of the Przeworsk culture and its iron smelting as known from Poland (*Paňkov 1982, 209; 1992*).

None of the above mentioned bloomery furnace types can be considered, from the point of view of the general development of smelting installations, as a direct predecessor of apparatus used by western Slavs. However, certain relations may be recognized but they made their appearance later, at the beginning of the second half of the 1st millennium AD.

II

Sources to the metallurgy of iron among western Slavs

This chapter deals with the finds of bloomery furnaces and ironworks uncovered on the territory of western Slavic tribes in the light of comparisons in the east (up to the 12th century AD).

1: Underground bloomery furnaces

This term denotes apparatus set into banks of virgin soil, equipped with a longer tunnel-shaped gate in the front. The furnaces were bellows-blown. The incorporating of the whole working space in the soil ensured a perfect insulation for keeping stable temperatures during the smelt.

The underground furnace found its application in an expressive type found in Moravia, as it will be shown below, but there are some details which indicate relationships to the metallurgy of iron in the Ukraine. Archaeological excavations revealed a bloomery works situated on a sandy island in the Bug river, near the village of Gayvoron (*Bidzilya 1963*). The works dates from the 6th - 7th centuries AD and consists of 21 reduction furnaces and other features related to the iron production. The director of excavations classified them as free-standing shaft furnaces. However, it seems that the remains represent in fact denuded internal burnt-red and slagged linings of furnaces having been set into the sandy subsoil. Longitudinal sections reveal oblique air-inlets, situated relatively high above the surface excavated (*Pl. 6 : 1-3*). This links the features with *the subterranean furnaces of the Želechovice type* (Moravia, 8th century AD). Geographically, the Gayvoron bloomery works was situated in a polyethnic area at that time. Nevertheless, other underground furnaces were widely used in the Ukrainian plains, on the territory of the Saltovo-Mayack culture (9th century AD) in the upper Donec river valley (Yutanovka, *see Afanasyev and Nikolayenko 1982*). This apparatus was provided with two oblique, laterally positioned air-ducts pointing down to the hearth of an embanked shaft (*Pl. 6:5*).

In central Europe, having been colonized by Slavs during the 6th century AD, the archaeological evidence of iron smelting appears as relatively late - first bloomeries emerge in the 8th century, seemingly suddenly in a technologically ripe and developed shape. Initially, they distinguish themselves by a single type of furnace: an underground device, which resembles, in principle and by its tectonics the Gayvoron model. In addition, behind the low tunnelshaped shaft and an oblique air-duct (40°) there was a particular cavity or chamber in the rear. This cavity was observed up to date solely in the case of Moravian sites. As mentioned, the air-inlet used to be

inclined obliquely and placed between the shaft and the rear chamber (*Pl. 6 : 4; Pl. 7*). Such a furnace was a sophisticated installation, because the iron bloom or sponge, having been shifted into the rear chamber, could be reheated under maintaining temperature and, moreover, protected against the decarburization of iron. This possibility has been confirmed during experimental smelts (*Pleiner 1969a, 475-476*). The tunnel-shaped gate acted, as it seems, merely during the initial phase of the operation when the furnace was preheated; apparently it was blocked before the blowing started. The furnaces were built in alignments or batteries which made an efficient operating quite easy (*Pl. 5*). Three sites revealing identical furnace type were stated up to the present day: Želechovice (in the north of Moravia), two so far isolated furnaces from Dolní Sukolom, in a distance of 2 km from Želechovice, and two bloomery works at Olomučany in the Moravian Karst (7 and 8 units in the forest section 98/2 and 98/3). A fourth site with four identical units has been discovered at Senička near Prostějov, northern Moravia. Whilst the other finds are definitely dated to the 8th century, the latter prepares some troubles: the rescue dig revealed some sherds of the period around 1200 AD (*Dohnal 1982*) which seems to be irrelevant as to the type of installation (tunnel, rear chamber, oblique tuyere, alignment), no more met with in the high medieval period in Moravia, although some underground or embanked furnace alignments appear some centuries later in Lower Austria (Payerbach 1 and Hirschwang 1 and 3, the chronological position of which seems to fit with the 10th - 11th centuries AD; *Mayrhofer and Hampl 1958*).

Then, there is an old find on the territory of Silesia: Moczydlnica Klasztorna, formerly Mönchmotschelnitz (*Weiershausen 1939, 109-110, after Wedding 1896*). The preserved sketch and photograph show a free-standing feature with a shaft, an air inlet high in one side and a tunnel-shaped gate; a question arises whether the whole installation has not been denuded during the excavation in the sandy soil as in the case of Gayvoron. The furnace could have been, therefore, a sunken, embanked bloomery. The dating is not fixed; it was said to be medieval.

All the furnaces mentioned indicate, in general, a horizontal lay-out which seems to be typical for the early metallurgy of iron among Slavs (*Pleiner 1983b, 102*). According to scarce evidence, the roots of the type may be seen somewhere in the Ukraine (Gayvoron, 6th - 7th centuries AD); a fully-fledged variant is typical for the western Slavic territory of the Great Moravian Realm (8th-9th centuries AD) - this is equipped with the rear reheating and bloom-protecting chamber which does not occur elsewhere so far. The sunken bloomery furnace might survive until the 11th century in the periphery of early Slavic settlement (*Hirschwang in Austria*). It seems that the western Slavic metallurgy of iron reached a compact technological level, having not been influenced by other cultural streamings, e.g. those from Hungary, the territory of which is recently being investigated and well documented. There, bloomery works equipped with free-standing furnaces and embanked devices of other type were in operation (*Gömöri 1989, 128*).

2: Embanked furnaces with thin frontal wall

The Great Moravia was the first primeval state organization developed by western Slavs. Its floruit was in the 9th century AD, accompanied with a considerable economical progress. This is reflected also as to the archaeological evidence, concerned with the metallurgy of iron. Two new types of bloomery furnaces appear in smelting works operating in an intensive style of production.

The first is an embanked furnace distinguished itself from those with long manipulation tunnels; they had, on the contrary, a thin clay wall in the front. This was made of refractory material, while the shaft was set into a bank of virgin soil. In the lower part of the front there was a large oval gate. The smelters dug out, in the bank, a hollow constituting the shaft and lined its interior with refractory clay; this lining bridged the empty space and formed the frontal wall, about 12 cm thick. The interior narrowed upwards and transited to the shaft, slightly inclined back to the slope, leaving a narrow throat (*Pl. 16*).

Also this furnace excelled by its perfect thermic insulation, as observed during experimental smelts. The lining could be easily refitted, thanks to the large oval manipulation gate, and this counts for advantage, as well as to the possibility of tapping slag. The latter is proved by slag finds in the debris and by experimental practice. The slag tapping apparently saved the internal refractory lining. The slagging penetrated the lining's outer layers but was not so deep as in the non-tapped free-standing furnaces of the subsequent period (*Souchopová 1986a, 41*).

In the Olomučany iron smelting district in the central part of the Moravian Karst the bloomeries with the thin frontal walls have been discovered in two sites: at a place called "Nad Vyškůvkou" there was an ironworks with two furnaces of that type, and in the forest section 98/1 there was an ironworks equipped with five units of this Great-Moravian type and five units of the free-standing shaft furnace of the Nemeskér type (*Souchopová 1986a, 23*). The question is, whether the furnaces of both types, although dating from the 9th century AD and apparently within the same workshop, were in operation at the same moment or whether a slight sequence in terms of horizontal stratigraphy may be considered. Whilst the Nemeskér model can be held for an allusion of metallurgical influence from the Carpathian basin, the Great Moravian embanked furnaces are apparently of Slavic origin.

As to the geographical distribution of the thin-walled embanked furnace there is necessary to point the attention to a find from Sopron, the ancient Scarabantia (*Nováki 1966, 191*, the site of the First-of-May street). Chronologically, this example appears as isolated (3rd century AD as post quem, against the 9th century Moravian finds). In Hungary, this type was later widely used during the 10th to 13th centuries and nowadays is called Imola (*Vastagh 1972, 245; Pl. 2*), according a site in the Bükk mountains (northern Hungary). What concerns the western Hungarian sites the Imola furnaces were

spread also in the adjacent regions in Austria (Burgenland: Unterpullendorf-Sportplatz, see *Bielenin 1977a*; Lutzmannsburg, see *Kaus 1984, 538; 1986, 40-43*). The furnaces known from the Bükk area (Imola, Trisz etc) occur on the Slovakian side of the border: two complete ironworks with identical furnaces were excavated by Fűrjová (*1984; 1985; 1987; Fűrjová et al. 1991*). Embanked furnaces of the 10th century are also known from Ukraine (Grigorovka: *Artamonov 1955, 110*) but they may be considered rather as thick-walled. A workshop with 7 embanked units has been discovered about 1900 in Bohemia, at Prague-Košíře, site Kotlářka (*Vlačíha 1910, 13-14*); however, the dating is not well fixed.

Gömöri (*1989, 130*) classified the embanked furnaces with thin frontal walls as an installation serving to a "royal iron producing organization". Curiously enough, such a furnace appears on the territory of emerging early states, like in the Great Moravia of the 9th century, and later in Bohemia and Hungary. The origins of the type are presumably in the Slavic domaine.

3: Free-standing shaft furnaces with shallow hearth and manipulation panel

Shafts of this type were erected in a slightly conical shape; the hearths are bowl-shaped depressions in the subsoil and may have different variants. Free-standing bloomery shaft furnaces are widespread but the type in question distinguishes itself by a large clay panel which was used for blocking an oval furnace gate. It was perforated to receive the tuyere mouth of a bellows (*Pl. 10*). Among western Slavs this model appears in the 9th century; it has been recognized in the Great Moravian bloomery at Olomučany 98/1 where, as already mentioned, two different models of smelting furnaces came to light.

The free-standing examples correspond fully with *the Hungarian finds*. There, it was widely used and is being denoted, according to a west Hungarian locality, as the Nemeskér type (*Gömöri and Kisházi 1985, 337*). It used to be dated to the 9th - 10th centuries. As its predecessor is considered the semi-embanked furnaces from Tarjánpuszta and Zámardí, the thermoluminescence measurements of which indicate the 7th - 8th centuries. These are declared as Avarian (*Gömöri 1989, 128, 130*). The dating inspired Gömöri to his hypothesis of the Turko-Tatar provenience, far in the cradle of Avar tribes on the Yenisey river (*ibidem 128*). Nonetheless, in his paper from 1988 (which appeared later in 1991) this idea is modified in the sense that just the embanked and subterranean furnace types derived from Far Eastern models.

The problem is to be left as open. Returning to the Great Moravian bloomery 98/1 at Olomučany it should be taken into account the origin of both types of smelting apparatus: the embanked, thin-walled model, being there certainly earlier than the Imola type in Hungary, and the free-standing Nemeskér furnace. In the author's view there was a penetrating of different technical influences which found expression in the building of works:

a domestic one, Slavic or Moravian on one hand, and an imported Hungarian or, better, transferred from the Hungarian area, on the other.

The existence of the two types of furnace within one site is illustrated by the use of the above mentioned large oval panels for blocking the furnace arcs. These are being held for a typical detail of the Nemeskér type. Identical panels were found at Olomučany among the smelting debris on the slope; presumably each panel served during one single smelt. What is striking is that the same panel fits exactly with the gate of the embanked Slavic furnace, both as to its shape and dimensions (*Pl. 15:1,2*).

The Nemeskér furnaces are being supposed to be used also in the adjacent Austrian sites (Dörfl, Drassmarkt) where fragments of tuyere panels have been found (*Bielenin 1957a*) but no furnaces as such.

The free-standing shaft furnace with gate panel is the last type which elucidates the Great Moravian smelting technology.

It should be stressed that all three types - the earlier underground Želechovice furnaces, the subsequent embanked thin-walled installations as well as the free-standing shaft furnaces of the Nemeskér type - represent *an intensive metallurgy*, using units suitable for refits and reuse as the estimative figures of the production indicate; also the experimental smelts in reconstructed models admit this idea.

4: Renaissance of the slag-pit furnace in Moravia

The finds dating from the period after the fall of Great Moravia are very scarce, both in western Moravia and Bohemia. It is unavoidable to keep in mind the historical and political situation of Moravia. The country was no more in the focus of development but on its periphery. The local metallurgy of iron suffered from the general decline of economy. As to the Olomučany producing district, there appears a gap for more than half century. Archaeologically proved bloomery works started their production not earlier as in the end of the 10th and at the beginning of the 11th centuries AD. Their equipment and technology does not show any Great Moravian tradition. The furnaces were simple bellows-blown shaft models with more or less sunken hearths. At Olomučany-Růžová street were uncovered deep furnace hearths (*951/2-3, see Souchopová 1986a, fig. III top*). Another example, more shallow in shape comes from a works in the Habrůvka forest district (*ibidem 46, fig. VIII top*). There was in no case possible the tapping of slag, as it was usual during the Great Moravian times. All slag produced in the later furnaces flew down into the hearth like in the Romano-Barbarian period. This was a retarding moment since it was accompanied with lower outputs, as it is reflected in the amount of slag waste.

In the works of the 8th - 9th centuries the working area has been kept clean and the slag heaps were situated on the periphery, or the slag used to be thrown down the slope of the working terrace. In the bloomeries of the 10th - 11th

centuries the slag covers the working area and occurs in far lower amount accumulated directly nearby the furnaces.

Simultaneously, the late bloomery works, smaller than the earlier ones, reflect a typical feature of the period, characterized by *feudal deconcentration*. The production of iron was secured by a larger number of minute workshops which have supplied, apparently, *smaller consumption areas*. On the contrary, Hungary went at that time through a period of building-up the Arpad state. Economical growth can be illustrated, among other crafts, also by an intensive production of iron, carried out in the embanked and tapped shaft furnaces. These were represented by the types of Imola, and Nemeskér, and by the gradually introduced type of Vasvár (*Gömöri 1986, 132-4*). In Bohemia, the situation is much less transparent. The Prague-Košíře bloomery, although not precisely dated, might be taken into account. The numerous finds, made about 1900, on the territory of modern Prague are unfortunately, no reliably dated, but some situations of the 12th century (Prague-Bethlehem chapel, Prague-St. Agnes monastery) reveal vivid iron working activities including the reheating of blooms (*Pleiner 1953*).

There are considerable gaps in our knowledge which hinder general conclusions concerning both the genesis of individual furnace types (and processes of the exchange of technological know how) and the economical aspect of early iron making in Central Europe. Some regions are very poor in smelting sites investigated, like the early medieval Bohemia and Poland, which could be of crucial importance in elucidating of many problems. For instance, there is lack of evidence on smelting activities in Poland but, nevertheless, the large hoard of about 4 t of iron from Kraków (9th century) makes an allusion on developed iron production somewhere in the surrounding environment.

III

Bloomery ironworks and the organization of labour. Problems of social interrelations

Problems connected with the organization of labour in individual workshops and estimations of small or large scale operations, or manning of the works may be studied when the results of archaeological excavations would be taken into account in detail. Ethnological data may provide us with certain guidance, at least in some cases, although critical approach is necessary.

The ironworks of the 6th - 7th centuries AD on the river island of the Bug near Gayvoron (Ukraine) may be considered as a *specialized complex*, depending from the shipping of fuel and bog iron ore exploited somewhere in the river valley, and not being engaged in other kind of economical activity.

Organized smelting operations indicate, as well, the ironworks of the 8th century AD in Moravia, especially during the period of the formation of the Great Moravian Realm. Planned disposition and setting the smelting furnaces (7 to 25 in number) into alignments or batteries required a system in maintaining, operating and repairing of units which were adapted for multiple use and, therefore, *an intensive style of work*. Teams with considerable numbers of members or smelting clans have to be presupposed in operating such workshops which have had to use further services connected with the ore gathering (presumably opencast mining) and dressing and charcoal burning, having been yielded by members of the same clans (e.g. in various seasonal actions) or by other cooperating groups. Moreover, the distribution of smelted iron must have been organized to certain extent.

On the other hand, *small bloomeries* with 2 - 3 furnaces, substituting the earlier Great Moravian manufactures, dating from the 10th - 11th centuries, were based on different principles. The production was carried out on much smaller scale by limited groups of specialists. Patronymic smelting families of serves come into question since those are explicitly mentioned by names in Bohemian written documents (donations) of the 11th - 13th centuries (Pleiner 1984, 45). Worthily unknown remains the production of iron during the period following the Slavic colonization of central European countries. Sporadic finds of iron slag in rural settlements (Bialeková 1965, 82), not identified with the smelting or smithing processes, provide little information on scale of organization.

Some information may be obtained from *the estimation of some production parameters* which are, unfortunately, charged by understandable errors. The starting point is the fact, based on many experiments carried out in Europe, that 100 kg of bloomery slag means about 6 to 30 kg of iron smelted; metallurgical trials in embanked furnaces with the thin front wall have shown that rather upper limits may be expected. Successful experimental smelts may give a yield of 30-40 % (Součopová et al. 1985, 29). Estimations concerning the ironworks at Želechovice make a production of 6 to 18 t of iron per year under consumption of 50 to 100 t of charcoal (Pleiner 1955, 21; 1958, 216, 223). The bloomery works at Olomučany (98/1) could produce 0.54 to 2.7 t of iron in total (considering the amount of slag in debris); here, again, the upper limit is more probable, as successful trials in relevant furnace models brought more than 7 kg of iron from about 30 kg high grade iron ore. Similar computations published Pankov (1982, 210-211), taking into account the internal volumes of Ukrainian furnaces and supposing the fuel/ore ration as 55 to 45 %.

In the literature often appear reflections on *distribution systems* of iron smelted. This is connected integrally with problems concerning the social status of smelters and their dependence upon controlling centers. In western Slavic territories there is lack of data for elucidating such questions.

Contemporary hillforts use to be taken into account; the intensive production might have been directed to their inhabitants, or the upper class. As to the iron smelting district of Olomučany in the Moravian Karst, there

is to be mentioned the Great Moravian hillfort of Staré Zámky near Líšeň, in a distance of 13 km SSE, situated on the margin of the settled area.

Written sources of the later period (11th - 12th centuries) mention smelters of iron (*ferrarii*) who were obliged, as people in soccage, to deliver prescribed amounts of iron to ecclesiastic or lay feudals. Different systems ruled in the southeast, on the territory of Hungary and adjacent regions - south Slovakia and Burgenland in eastern Austria; within the administrative of the early Hungarian state there were established the so-called iron castles (*vasvár* in Hungarian), the centres of collecting taxes in iron from the inhabitants (*tributum ferri*, see Heckenast 1967, 60).

IV

Iron ore mining, dressing and preparation of other raw materials

1: Iron ore resources

The bloomeries were situated close to the ore fields. This required transportation on short distance (carrying by men, animals or even carts etc.). Another factor for the foundation of an ironworks must be considered, too: local water source and an abundance of wood for charcoal burning in the immediate vicinity. An example of a well placed bloomery works is that in the Habrůvka-Padouchov forest district (10th - 11th century). This smelting place has been established some 160 m from an opencast bell-pit field on an iron ore deposit (*Pl. 22:2*), close to the good, plastic red clay which has been definitely used for building purposes (erecting of furnaces and manufacture of tuyere nozzles). A stream covered the need of water. Forested grounds offered abundant supplies of wood for charcoal production the bottom part of a charcoal pile was stated, in fact, between the mining place and the bloomery; unfortunately, the date could not be fixed (see Souchopová 1986a, 46, fig. 21).

The ores, having been found in the environment of early bloomery wastes were weathered siderites or oxides: limonites and hematites (Moravian Karst). Magnetitic-hematitic high-grade ores were consumed by the Želechovice ironworks (northern Moravia). The ores of the Olomučany district are calcined, although no roasters could be uncovered in the smelting areas until now. May be that the roasting process was practised at mining places but the experience from other European iron producing regions speaks against it.

In Bohemia, important ore deposits exploited by early smelters are situated between Pilsen and Prague (The Silurian/Ordovician system including

hematites and limonites, both rich in phosphorus). In Slovakia, there is suggested the potential use of ore bodies in the Slovakian Ore Mountains and in the outlets of Carpathians close to the Danube river. Although the Slovakian Ore Mountains are being held for a traditional mining and smelting region, no direct evidence concerning the iron ore exploitation is at disposal so far.

The Hungarian iron ore deposits were classified geologically by K. Papp into six groups: early metallurgy is attested in all of them (*Gömöri and Kisházi 1985, 321-327*). For western Slavs played an important role the region on both sides of the Hungarian/Slovakian border (Bükk, Gemer) as well as the west Hungarian ore-bearing regions including the adjacent Austrian Burgenland. In the central part of Burgenland there were geodetically documented bell-pit fields (*Pingenfelder*), traces of medieval, not precisely dated mining (Oberpullendorf, Zerwald I-III, Herrschaftswald I-II, Podvornica I-II, Biederfeld etc., see *Meyer 1977, 25-38*). The fields in question comprise up to 200 pits. As to the bell-pit systems, the already mentioned mining area in the Moravian Olomučany district is not well datable (*Souchopová 1986a, fig. II*), but in the neighbouring region of Kunštát some 20 km to the south, there are many traces of iron ore mining activity (as well as smelting sites) which were not excavated; nevertheless pottery sherds of 11th - 12th centuries could be collected (*Pleiner 1958, 261-263*).

The eastern promontories of the Alps, at the southern foot of the Rax, brought to light evidence of medieval iron-making, using the iron ores of the region (Grillenbergl), supposedly collected on the surface of the vein outcrops (*Mayrhofer and Hampl 1958*).

The territory of Poland lacks, as well, in any direct evidence of early medieval mining. Chemical analyses of hundreds of early medieval iron objects indicate there a wide use of phosphorus-rich bog iron ores, abundant in all lowlands and easily accessible for opencast exploiting (*Piaskowski 1988, 80*).

The Slavic word for ore is *ruda*; therefore, indicators for iron ore mining carried out by the Slavs are toponomastic sources. There are 29 place names in Hungary which are of Slavic origin and allude to the ore mining of Slavic inhabitants before 900 AD: names of the Rednek-Rudnok type (*Gömöri-Kisházi 1985, 333, map 3*). Similar names occur in the originally Slavic countries on the territory of modern Austria (*Rudnichen, Ruden, Raiding, Selesna - after zhelezo-iron, see Kos 1906, 229, 282, 378; Stur 1914, 34, 37, 65, 76, 98-7*). Naturally, names like Rudniki or Jamniki (pit-miners) appear in the Slavic countries, Slovenia, Silesia, Poland and Bohemian lands.

2: Ore dressing

The ore mined has been submitted to several dressing processes in order to concentrate the iron content by elimination of non-metallic components

of the gangue. Close to the mining pits *the crushing and sorting out*, or even *washing and drying* may be suggested.

As mentioned above, the calcination or *roasting* might have been practiced out of the bloomery areas; curiously enough, at Olomučany stores of roasted ore have been found but no roasting hearths or places (however, simple roasting in heaps and piles of burning wood must not have left any traces in the soil). Heaps or layers of quartz sand, mixed with fines of ore were found just in the subsoil level or in shallow depressions; the fractions are magnetic. As trials with ore roasting show, the process was quite simple and was evidently applied in the Moravian Karst.

The calcination must not have been drastic or homogeneous but the roasting in piles with free access of oxygen was quite sufficient, as to some trial work (*Pleiner 1969a, fig. 9*). This style survived up to the 19th century (*Kreps 1977, 7-8*).

3: Charcoal

Charcoal was *the only reductant and fuel* for early bloomery furnaces. Some palaeobotanic analyses indicate very often that hard wood used to be preferred in many regions. Usually, there was consumed the wood from the immediate vicinity of workshops. In the milieu of the western Slavs the strict use of certain sorts was not obligatory (as it was, for instance, in Catalaunia where oak was prescribed for steel-making and other woods for smelting wrought iron). Many a time the clearing of forests was drastic and could lead to changes and devastation of the original vegetation. For instance, in the Moravian Karst the Slavic and medieval exploitation of forest caused the disappearance of beech (*Fagus silvatica*) and an unnatural reproduction of fir.

The slow burning of wood in a pit is considered to be *the earliest method* of charcoal-making. Central European regions yielded up evidence of charcoal pits since the La Tène and Romano-Barbarian (and medieval) periods (*Pleiner 1958, 68*). Unfortunately, no charcoal pits were found during excavations in the Olomučany smelting district. Some pits were simply store-places of ready-made fuel. In the ironworks 98/1 (Great Moravian period) such a storage pit was situated just behind the rear walls of free-standing furnaces VI and VII (*Souchopová 1986a, 30*). In the Austrian Rax district fuel stores were kept on the surface (*Mayrhofer and Hampl 1958, fig. 3*).

As a matter of fact, in the close vicinity of Moravian bloomeries there were observed bottom parts of standing charcoal piles; they are not dated at all.

4: Structure materials: clay, sand, stone

For construction of most of early bloomery furnaces as well as for the manufacture of tuyeres, gate panels and the like, good clays were necessary

to have at disposal in larger quantities. In certain regions, in addition, stone found its use (some of the Nemeskér type furnaces, *see Gömöri 1979, 64, 84*).

In the iron ore bearing central zone of the Moravian Karst there were used local kaolinitic clays, relatively accessible and of a very good quality. They constitute a part of the so-called multi-coloured measures of the Cenomanian, where clay and sand layers alternate (*Regionální geologie ČSSR 1964, 272*). Clay of yellow, pink and red colours are of an excellent plasticity; they used to be found directly in areas of early ironworks. Their refractoriness exceeding 1400°C was more than sufficient for early smelters (*Součopová 1986a, 68*). The same clay has served as a material for the manufacture of protecting shields of a blacksmith's forge. Such a piece was horseshoe-shaped and decorated with simple grooving. On its warm side slagged islands are adhering (*Pl. 23:2*). In addition, tuyere nozzles were made of that clay and apparently applied in the dried state; the firing took place only at the mouth and the part, sticking in the furnace wall (*Pl. 22:1*).

The furnace linings of the Želechovice furnaces have been submitted to detailed investigation. Three kinds of semi-acidic lining of the furnace interior, filled with siliceous sand, were identified. The one being in touch with the smelt resisted high temperatures of 1730°C; the other layers were less refractory but more plastic and had a better bond strength (*Bartuška and Pleiner 1965, 32-37*).

V

The bloomery process and experimental smelts

Experimental smelting in *Slavic types of bloomery furnaces* commenced in 1964; three smelts in the underground Želechovice type furnaces have been carried out at that time (*1964, see Pleiner 1969*). The trials were successful since the bloom obtained was homogeneous and steely which supports the hypothesis of possibility to make steel in a furnace with the rear protecting or anti-reoxidizing shelter. It was unavoidable to block the long frontal tunnel during the smelt. The same measure was indicated by the two seals in the furnace aperture at Hirschwang 3 (*Mayrhofer and Hampl 1958, 25, fig. 22*) and, later, in the Olomučany ironworks 98/3 (burnt-red clay and stone in the tunnel of furnace 4; *Pl. 7:2*). This detail deserves an attention, because it could be applied also to other furnace models and show the hypothesis of a running tap hole or open hearth, inspired by some early blast furnaces, as hardly maintainable.

In Moravia, first trials in reconstructed bloomery furnaces were organized in the late seventies; as first there was used the free-standing shaft furnace with slag-pit, according to the find at Olomučany 591/2-3, dating from

the 10th -11th centuries (*Souchopová and Stránský 1989, 150 ff.*). Another set of trials was using a slag-pit furnace of the Romano-Barbarian period found at Sudice near Boskovice (*o.c. 153 ff.*). Although the latter was not of Slavic origin, the experimental smelts are worth of mentioning, because the furnace type and design were similar. In both variants a heterogeneously carburized, solid iron sponges were produced.

Recently, a series of trials is being realised, using *the embanked furnace with the thin frontal wall*, according to the find of Olomučany 98/1 (*Pl. 14:1, 15:2, 16, 17:1*). From the metallurgical point of view it seems that the scene of the iron ore reduction shifted down to the furnace hearth relatively quickly; a good yield could be achieved when the residence of the iron sponge in the hearth was prolonged as possible under keeping high temperature and charcoal charging.

The chronological and territorial distribution of this furnace model caused the development of variants. The problem survives in the opinions of various authors, whether the smelts in this furnace type used to be carried out with *closed (blocked) or open hearths*. Especially for solving this question, experimental smelts organized with closed hearth in Moravia and with open hearth in Hungary brought important contributions. The yield of the most successful smelt in Moravia was 44 %, i.e. an iron sponge of 8.8 kg from 20 kg of iron ore (smelt 7, *see Souchopová and Stránský 1991, 153*) or 29 % (smelt 6, 8.7 kg from 30 kg of ore, *see Pleiner 1991*); Hungarian smelts were carried out in the Imola type furnace during which the gate has been left open. The best result was 310 g of iron particles from 10.5 kg of ore (*Heckenast and al. 1968, 195-232*). In both cases the furnaces have been blown by ventilators. In the Moravian case the air-inlet was situated in the front-wall panel, in Hungary the tuyere was positioned in the lower part of the open manipulation aperture. In the light of practical trials the closing of the hearth seems to be evident. However, the field circumstances do not allow unambiguous conclusions. Therefore, Hungarian scholars persist in taking the hypothesis of an open hearth into question (*Gömöri and Kisházi 1985, 344*).

The above mentioned closing panels, being typical for the Nemeskér type of furnace, were found, within the debris, in one single site in Moravia (Olomučany 98/1). To have the problem more complicated, the furnaces found there belong to two models: the free-standing Nemeskér type, and the Great Moravian embanked furnace with thin frontal wall. The panels fit to both of them. The dimensions and shape are absolutely identical with the gate of the latter mentioned type, i.e. of the embanked variant (*Pl. 15*).

Beside experimental smelting which proved to be very useful in terms of physical metallurgy, there are annually organized metallurgical shows in the Moravian Karst, in order to popularize the research results. They brought some confirmation of results achieved during the scientifically treated trials.

VI

Smelters and blacksmiths

In times of the bloomery production there is necessary to see two basic stages concerned with the blacksmith's work: the primary working of the spongy iron smelted and shaping it to a compact bloom, and the subsequent production of final artefacts. The first has been carried out usually (but not in all cases) just in the bloomery ironworks. The other stage took place outside the smelting places, in villages and hillforts.

1: Working of blooms

The present finds do not offer to much evidence about the forging of blooms at the smelting furnaces. The ironworks at Gayvoron, Ukraine, which constitute a well enclosed entity have not yielded up any traces of smithing (*Bidzilya 1963*).

As a positive evidence may serve finds of iron blooms, significant quantities of smithing slags, smith's hearths and protecting hearth shields directly within the smelting areas. Iron blooms have been found at Olomučany in Moravia (the Great Moravian bloomery 98/1) and in Hungary, site of Somogyfajsz. In both cases the blooms were loaf-shaped (weight of ca 2.5 kg, see *Pl. 20:1*). The Olomučany find deserves attention, because there were find two blooms buried in front of furnace VI; the soil around them was reddened by heat which makes evidence that both blooms were interred when still hot. The explanation is difficult (sacrifice?). A later bloom, dating from the 10th - 11th centuries, was uncovered, again, in Olomučany (the bloomery 591/2/3, Růžová street). This was shaped in a different manner and its weight is 3.15 kg (*Pl. 23:1*).

Another kind of evidence is a *clay shield* adapted for protection of a bellows at a smithing hearth; such an object has been found at a bloomery ironworks, dating from the end of the 10th century/beginning 11th century at Habrůvka, in the central part of the Moravian Karst (*Pl. 23:2*).

2: Iron-working in rural and urban smithies

This chapter presents notes on some *smithies and their equipment*. There is a well excavated smithy of the Great Moravian period, found in the bailey of Mikulčice, southern Moravia (at the NW main gate) and published by *Klíma jr. (1985)*. The site is one of the leading centers of Great Moravia, distant from any iron producing region. The work in the smithy

covered a broad field of activities - from repairs up to specialized manufacture of swords or their components (hilts, guards). Chronologically contemporary was a rural smithy uncovered near Bořitov (W Moravia). This workshop was separated from the common village part by a gully. The feature was sunken-floored, with numerous plano-convex cakes of smithing slag in its filling. These were found both in the centre of the hut and outside as waste (*Souchopová 1976a, 153-155; 1981, 35-36*). Hundreds of the plano-convex hearth bottoms were found in the two sunken-floored 13th century village smithies at Mutějovice, Bohemia; there, iron scrap, repair work and some ready-made artefacts and traces of hearths and tuyeres were uncovered (*Pleiner 1969b*).

At the present time there are published sunken parts of two smithies in settlement agglomeration of one of the leading centre of Great Moravian Realm, Staré Město, in the part U Víta (*1/76 and 5/76*). The feature 1/75 was equipped with hearth and non metalurgical domed kiln, in the feature 5/76 there were two hearths and a hoard of 22 miniatury axe-shaped iron bars and their fragments (length of 7 - 9 cm). Within the framework of the Staré Město - Uherské Hradiště Great Moravian settlement agglomeration, 8 forging shops have been known till today (*Galuška 1992*).

A lot of interesting features brought to light excavations of *early smithies in Russia and Ukraine*. Worth of mention is that from Lebedka (region of Orel, see *Nikolskaya 1954; 1957*). There, a special sunken working post of the master has been stated, similarly as in Mutějovice or in some traditional workshops in the Middle East. Another sunken-floored smithy at Belaya Vezha revealed a rich set of interior elements: e.g. a wooden block with an anvil, a wooden water trough, leathern and wooden residues of a bellows, pointing through an oblique tuyere into the hearth depression (*Sorokin 1957, 24*). There is mentioned a heap of iron blooms in the interior but they were not analyzed. A confusion with well known PCB-cakes is not out the question (*Pleiner 1983b, 110*). Real iron blooms of 2.7 to 3 kg of weight come from the 14th century layers of Novgorod Veliky (*Rožanova and Khomutova 1991*).

The hillfort of Yekimausy near Kishinev, Moldavia, was destroyed during a raid of the Pechenegi tribes in the 11th century; archaeological excavations revealed a burnt-down smithy with a large assemblage of blacksmith's tools and iron artefacts (*Fedorov 1953, 117-122; 1954, 18*).

VII

The products of Slavic bloomeries

The product of primitive smelting furnaces was solid, porous iron, heavily penetrated with slag and charcoal fragments. The term iron sponge (Eisenschwamm in German, gubchatoye zhelezo in Russian) justifies its outer

appearance when removed from the furnace hearth. Its final shape was a more compact lump of metal, having been submitted to reheating and forging, suitable for distribution and transport.

1: Iron blooms

The basic form of an iron billet was, among early Slavic smelters, a *loaf-shaped bloom*. There are numerous finds published from Slavic settlements in the east (Bolgary, Vyshgorod, Gorodsk, Knyazha Gora, Novgorod, Rayki, Staraya Ryazan, for references see Pleiner 1962 and Souchopová 1986a, 74-75). As mentioned above, during the excavations of last years there were uncovered iron blooms directly within the ironworks. In Hungary, two loaf-shaped were found at Somogyfajsz, laying on the subsoil bank at the throat of a bloomery furnace (*Gömöri*, personal communication). Very similar, but semi-split blooms come from the Olomučany ironworks 98/1. Still glowing, they were buried into small depressions in front of one of the free-standing shaft furnaces (*no VI; Pl. 14:2*), so that the surrounding soil was burnt-red. Not regarding the reason of this mode of deposit which may evoke reflections on different interpretations (votive act, hiding etc.) one circumstance is apparent, namely that in this case the blooms have been not only reheated and refined on spot, but also preliminarily forged and notched. Such a pieces of standardized weight (*about 2.5 kg*) must have been distributed to hillforts, settlements, or for market. The term market iron survived both in Norwegian and Russian languages (*Martens 1979; Efimova 1958, 299*).

Another practice was to distribute *unrefined blooms*. Unconsolidated iron lumps were discovered in hillforts, far from producing centers (Mikulčice: *R. Pleiner*, personal communication; Novgorod and Knyazha Gora: *Kolchin 1953a, 44*); they had to be reheated and reformed in the town smithies.

2: Iron bars

Axe-shaped bars, so typical for the material culture of Great Moravia, were secondary products of Slavic ironworks: they were apparently shaped in smithies of some economical centres. They have been analysed and discussed (*Pleiner 1961; 1989; Pošvár 1963*).

They might have been used both as a semi-product and pre-monetary mean of exchange on the territory of Great Moravia (Moravia, SW Slovakia) at the decline of the 8th and during the 9th century. In Povedim (Slovakia), in a fortified settlement in the Váh valley, they were found in several hoards, some two thousand pieces in total (*Vendtová 1969, 218; Bialeková 1978b, 162; 1981a, 12*). There are several tens of sites having yielded axe-shaped currency bars: hillforts, settlements, hoards and, sporadically, finds in graves. During the second half of the 9th century the amount of these bars decreases.

In neighbouring Poland the axe-shaped bars circulated during a shorter period, nonetheless also within the 9th century (Zaitz 1988, 264-5). A question arises, whether this could be in connection with a possible annexation of the so-called Little Poland (southern part of the country) to Great Moravia, according to some allusions in the written sources. A huge hoard of axe-shaped bars was discovered in Kraków, in the bailey of the princely site of Wawel. This discovery raked up the problem of the early medieval production in Poland after the cease of the Holy-Cross-Mountains centre before 500 AD. The hoard consisted of 4212 axe-shaped bars (3630 kg in total). It is very uneasy to look for the origin of that iron. Chemical and metallographic analyses have shown a phosphoric iron with low germanium and arsenic contents. There are preserved some smithing slags from near of the early Wawel which contain heterogeneously distributed phosphorus content and, similarly as the bars, the presence of germanium in samples investigated. Therefore, the local production of iron on the territory of Little Poland is being considered (Mazur and Nosek 1987, 435); moreover, the shape of the Polish axe-shaped bars, known also from Zawada Lanckrońska and Nowa Huta (Piaskowski 1956, 375-387; Hachulska-Ledwos 1971) and from Čabovo and Veľká Lomnica in central Slovakia (Točík 1983, 214-223; Pleiner 1989, 85), differ in detail from those found in Moravia (stressed by Zaitz 1988, 275). They have a special neck-plate behind the well formed shaft-hole, whilst in Moravia most of the bars are fluently shaped and simply pierced to make a hole, in no case suitable to accept any shaft. The question is, where are the bloomery slags buried which could be dated to the 9th century. The four tons of iron, representing solely the hoard of Kraków would be equal to some 13 to 22 t of bloomery slag; possibly, small iron-making workshops scattered on the wide territory have to be presupposed.

By the way, mathematical and statistical studies, carried out on the Moravian and Slovakian axe-shaped bars have shown that an ancient Roman metrological system, using fractions of the Roman pound, was still in use on the territory of the early Great Moravia (Tirpáková, Bialeková and Vlkolinská 1989, 443).

In general, just two territorial occurrences of axe-shaped bars come into question in Europe. In Scandinavia circulated, in addition, more kinds of pre-monetary bars in shape of stylized tools like scythes, spades, ploughshares, spits. In spite of an external similarity, the Norse and Moravian axe-shaped currency bars have no historical relations (Pleiner 1958, 224-6). The date of the Norwegian finds cannot be precised within the Viking period (Svane 1991).

3: Other types of billets

Loaf-shaped bloomes and axe-shaped bars were not the only forms of iron having been produced by Slavic smelters. They appear *discoid plates or rods*,

especially in the east. Discs are known from the Kyyevtchitsa hillfort, rods from Novgorod Velikiy (*Kolchin 1953, 39; 1959, 13*). Rod-shaped bars come from Poland as well (Piekary near Kraków, 13th century, *see Pleiner 1962a, 138; Biskupin, see Kapitanczyk 1953, 136*).

Recently, an idea has been presented which takes into account that the so-called *Silesian flat iron bowls or plates* might have served as pre-monetary currency bars (*Bubenik 1972, 525-526; 1980, 49*). However, a detailed comparison with a find from Novgorod makes its use as a part of kitchen equipment more probable (*Dostál 1975, 232-233*).

VIII

Tools and implements of bloomery ironworks

Smelting places were regularly abandoned and evacuated in peace and all kinds of metallic objects like tools appear scarcely. Relatively frequent are chisels, the role of which was rather in wood-working operations, e.g. when peeling the bark from trees. They were discovered in three smelting sites: at Trisz in Hungary (Nemzeti Múzeum, Budapest), and twice in the Olomučany smelting area (8th century works 98/1), and at a later site Pod Máchovým pomníkem (10th - 11th centuries, *see Souchopová 1986a, 35, fig. IX: 4*).

As a specialized smelter's tool might be interpreted a *narrow spoon-shaped object with a bent blade* from the area between an iron ore store place and a smelting furnace at Olomučany 591/2-3, a bloomery works of the 10th - 11th centuries. One has an impression of an implement having been used in raking off heated fuel or so, because of the total length of 55 cm, the 50 cm for the long handle (*Souchopová 1986a, 43, fig. IX: 1*).

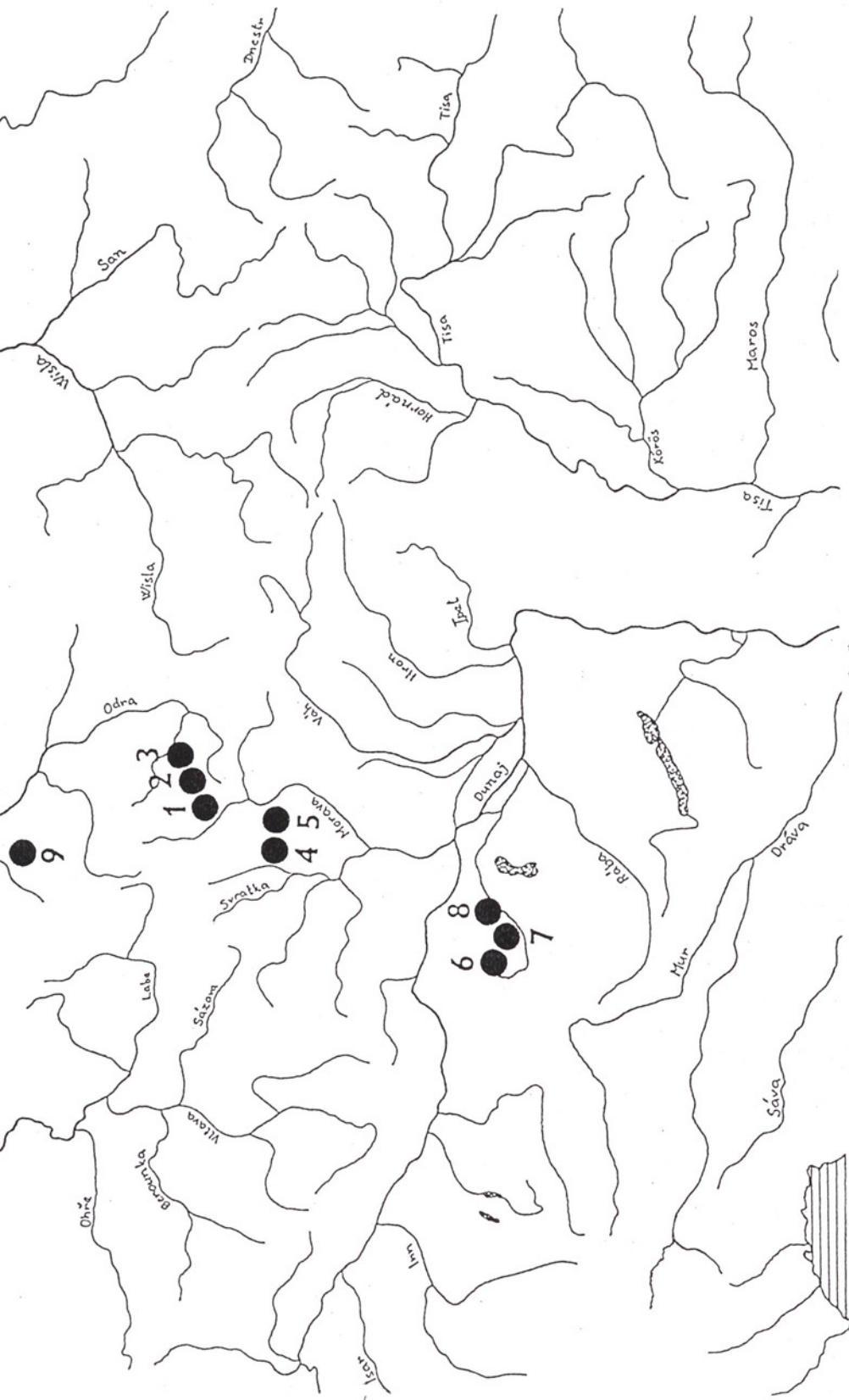
In SE Lower Austria, in the smelting place at Hirschwang 1, there was uncovered a small *anvil* (field anvil) and at Payerbach an *arched lever or crowbar* 37.5 cm long (*Mayrhofer and Hampl 1958, fig. 63*). Instead of a usual blacksmith's hammer a wooden mallet might have been used in the ironworks as known from Agricola (*see also Losiński 1959, 24*). Stone anvils might have played role in operations of reforging iron blooms; there are many examples of that from the Roman period in central Europe (*Pleiner 1965 b, 67-70*) and, moreover, ethnological parallels, e.g. from Asia; in Siberia, stone anvils were in use up to the historical period (*Shramko 1969, 53*). In Africa, as well, both stone hammers and stone anvils were used for working the heated spongy iron up to the 1950 (Matakam tribe, *see Gardi 1954, 20*).

Curiously enough, in the smelting sites of Olomučany there came to light numerous whetstones, evidencing the sharpening of iron blades on spot (*Souchopová 1986a, 76-79*). Perhaps no ready-made artefacts were sharpened

in the ironworks but woodworking tools used for many purposes, any be in connection with the preparation of wood for burning charcoal.

The lack of iron object finds was evidently connected with the value of iron as it was in rural settlements which were abandoned in peace. Moreover, damaged objects and scrap were submitted to recycling. There are hoards of damaged tools known in archaeology. An example from the 15th century may illustrate this fact: during the excavations of an abandoned Hussite settlement of Kravín in southern Bohemia, there was found a heap of various iron artefacts in one of the huts, "as it was prepared for evacuation" (*Smetánka 1971, 26*).

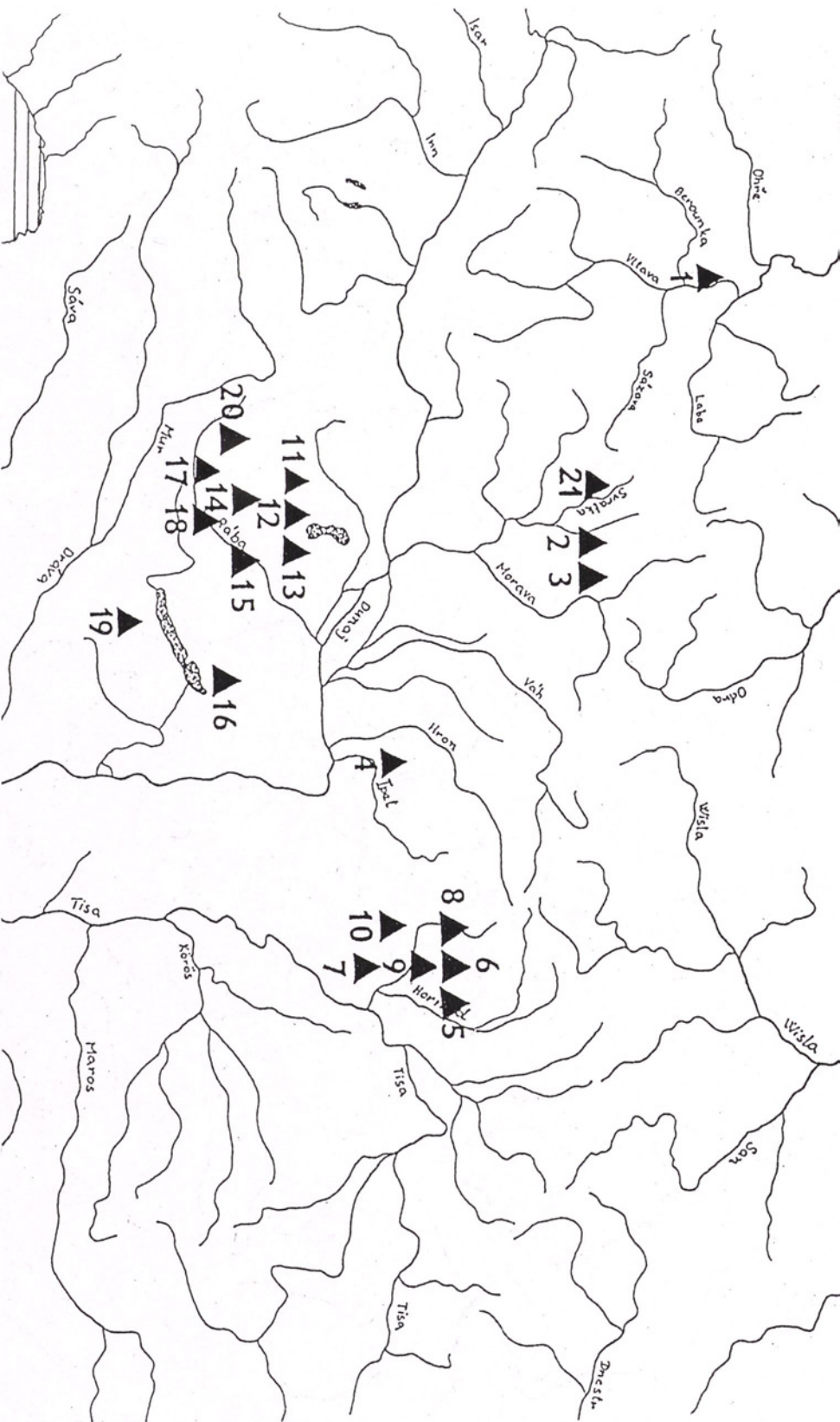
Translated by R. Pleiner



Tab. 1. Mapa hutnických dílen s pecemi vtesanými do terénu (8.-12. století).

Pl. 1. Distribution map of ironworks with underground bloomy furnaces (from 8th till 12th centuries).

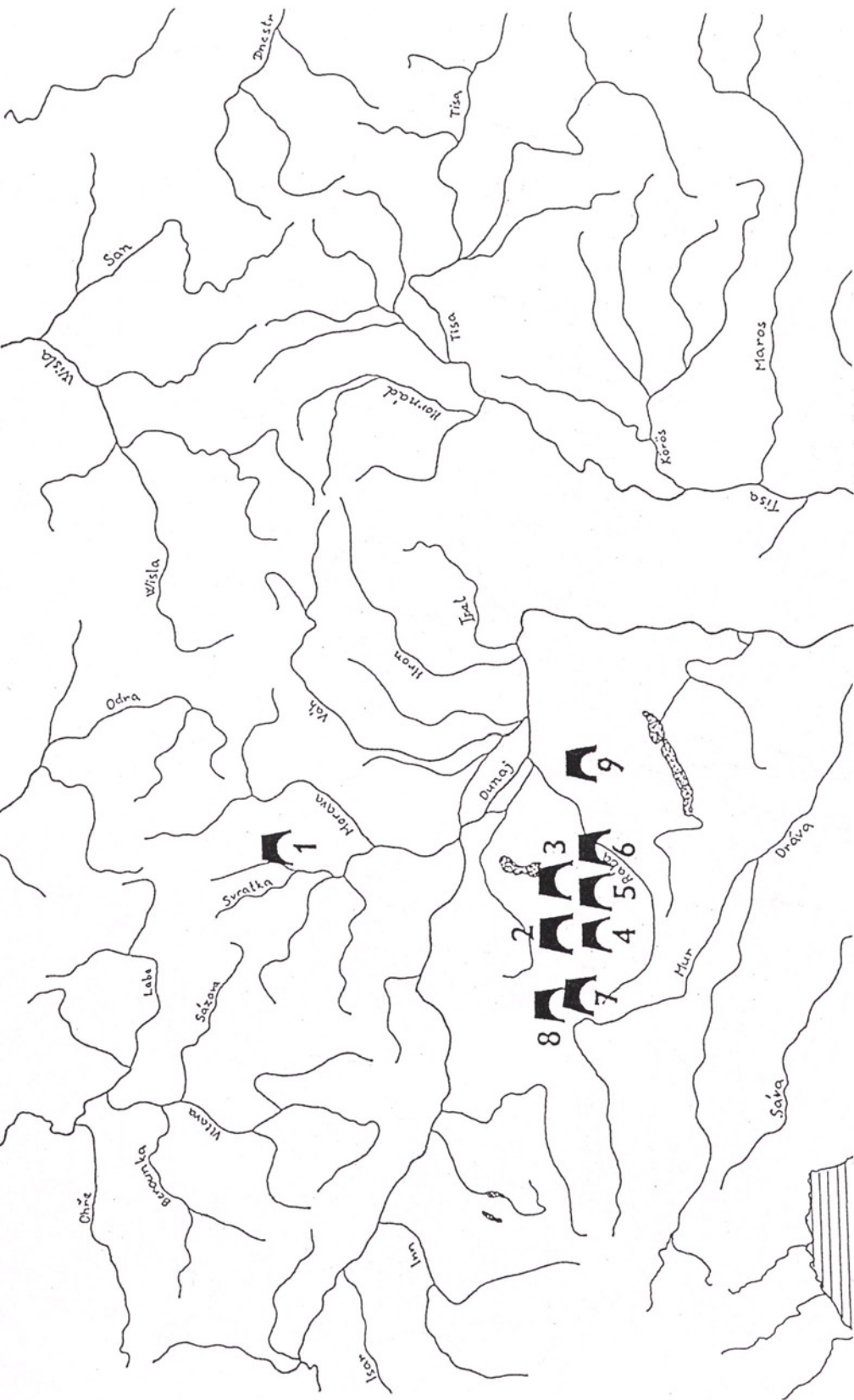
- 1 - Želechovice; 2 - Dolní Suckolom; 3 - Senička; 4 - Olomučany 98/2; 5 - Olomučany 98/3; 6 - Hirschwang 1; 7 - Hirschwang 2; 8 - Payerbach 1; 9 - Moczydlina Klasztorna.



Tab. 2. Mapa hutníckých dielen s vestavěnými pecemi s tenkou hrudí (8.-12. stoloť).

Pl. 2. Distribution map of bloomery ironworks with embanked furnaces with thin frontal wall (from 8th till 12th centuries).

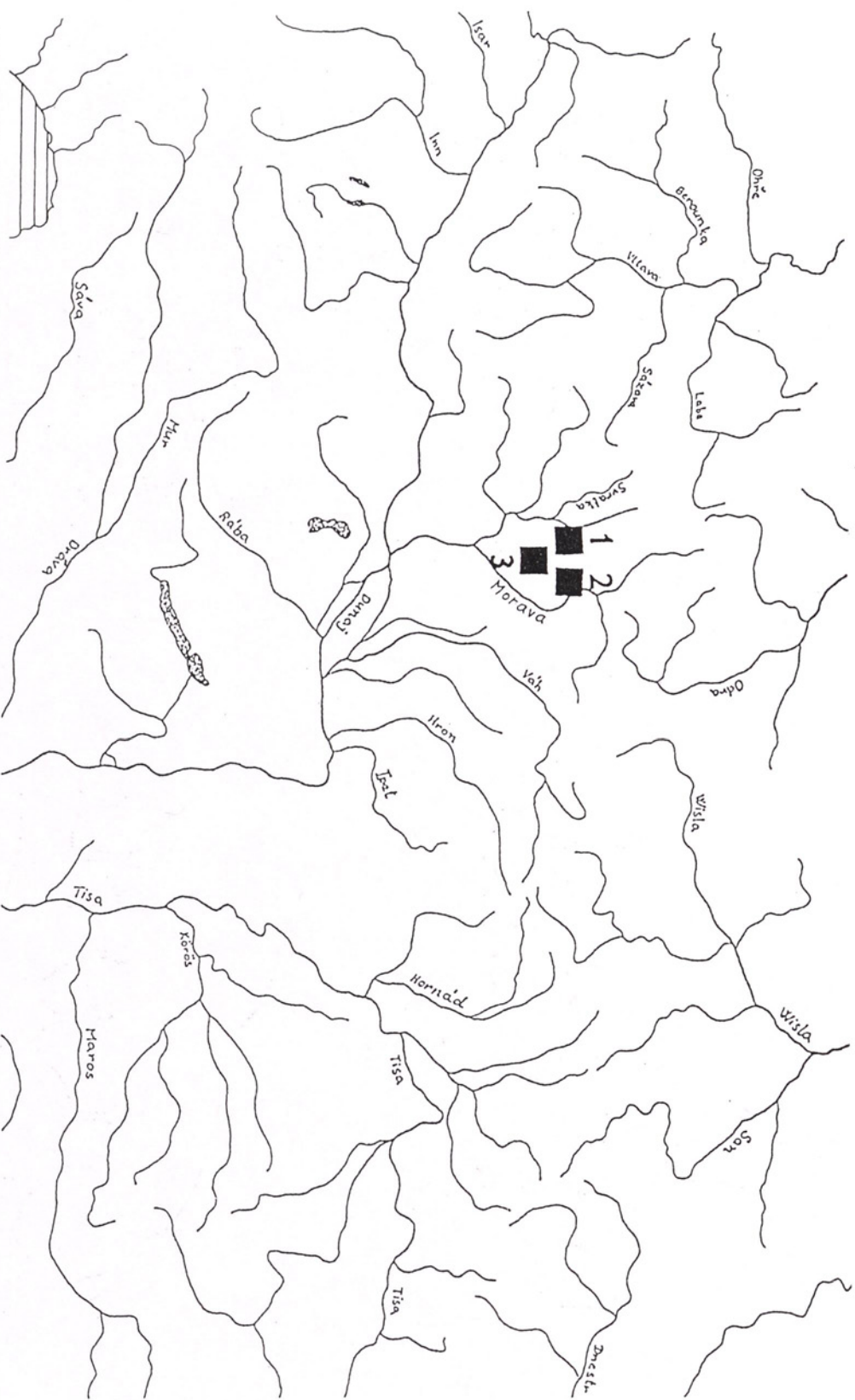
- 1 - Práha - Kőstebánya; 2 - Olomučany 98/1; 3 - Olomučany - Nad Vyskúvkou; 4 - Gemerský Sad; 5 - Alsótelekes; 6 - Imola; 7 - Kazincbarcika; 8 - Tisz, 9 - Felcsételecsény; 10 - Úppony; 11 - Sopron-Krautacker; 12 - Sopron-Május 1. tér; 13 - Sopron-Bánfai; 14 - Kőpháza; 15 - Rőjtökmező; 16 - Veszprém; 17 - Székony; 18 - Répcevár; 19 - Somogyfás; 20 - Unterpullendorf; 21 - Kúřim.



Tab. 3. Mapa hutnických dielen s nadzemnými šachtovými pecemi s mŕlkou nistŕji (8.-12. stoletŕ).

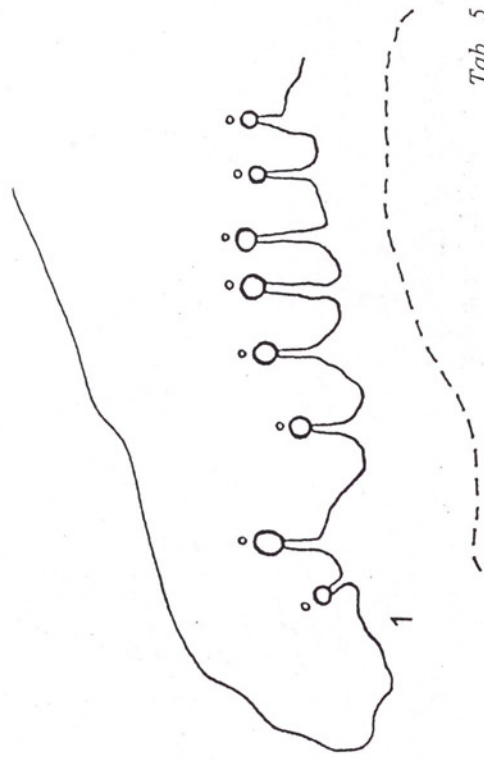
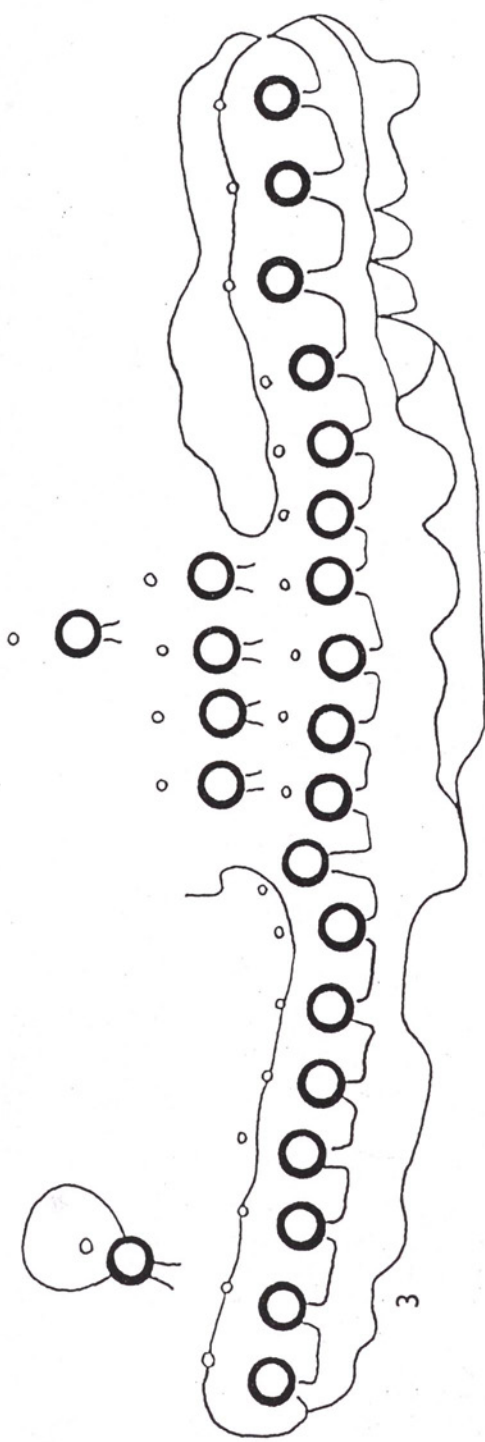
Pl. 3 Distribution map of bloomery works with free standing shaft furnaces with shallow hearth (from 8th till 12th centuries).

1 - Olomučany 981/; 2 - Magyarfalva-Kányaszurdok; 3 - Sopron-Magashíd; 4 - Tömörd; 5 - Nemesker; 6 - Iván; 7 - Dörf; 8 - Drassmarkt; 9 - Tarjánpuszta.



Tab. 4. Mapa hutnických dílen s nadzemními šachtovými pecemi s hlubší nistějí (8-12. století).
 Pl. 4 Distribution map of bloomery works with slag-pit furnaces (from 8th till 12th centuries).

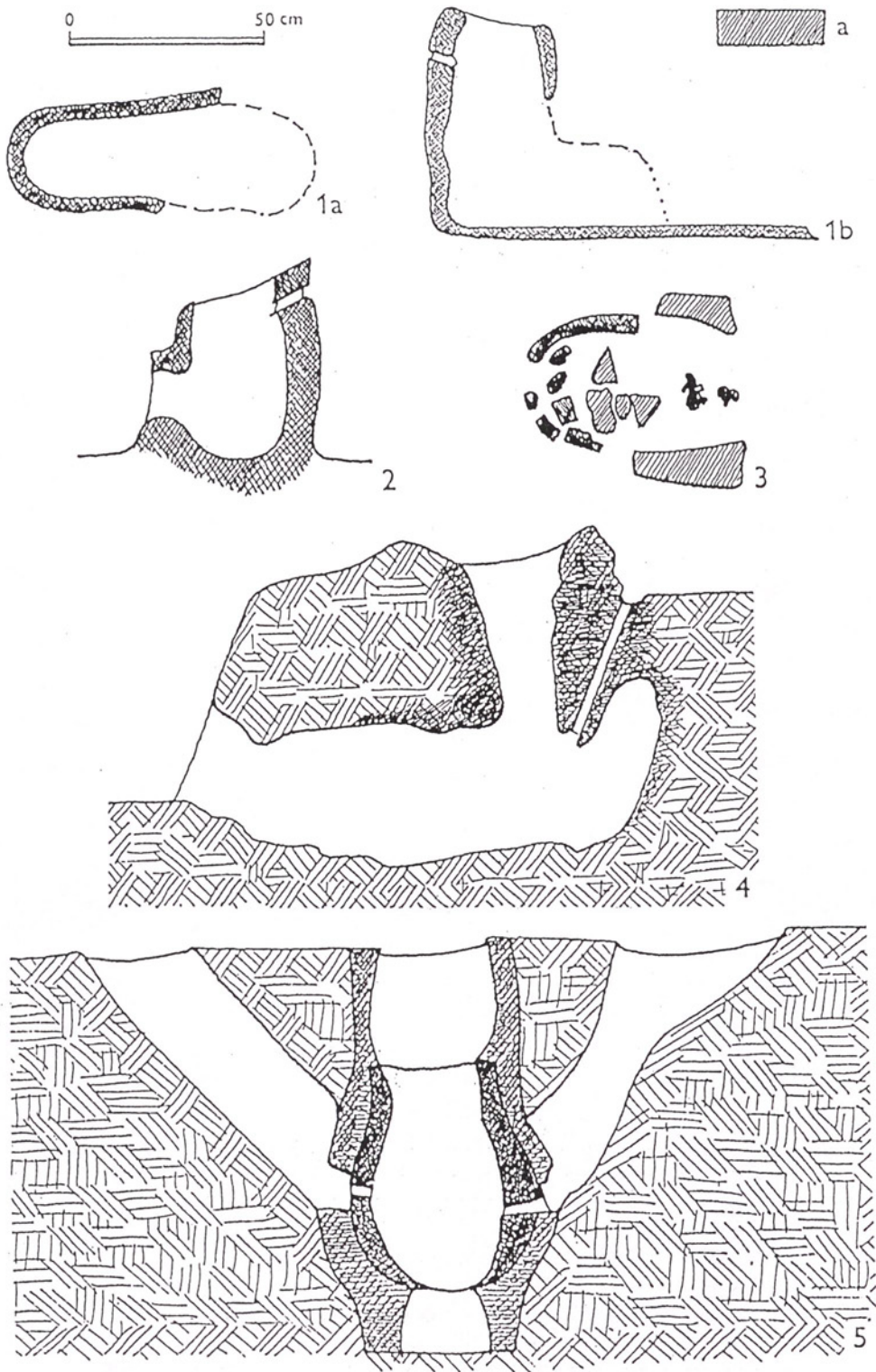
1 - Olomučany 951/2/3; 2 - Olomučany - U Máchova pomníku; 3 - Habruvka - Padouchov.



0 5m

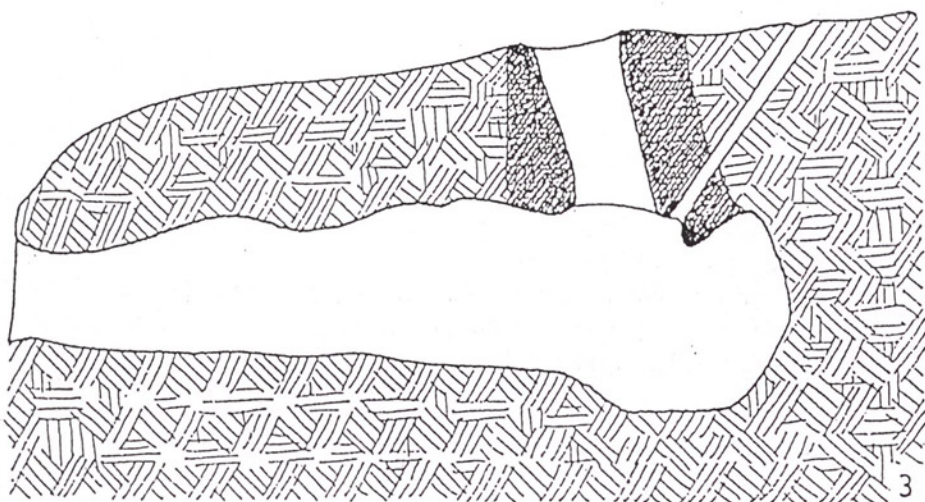
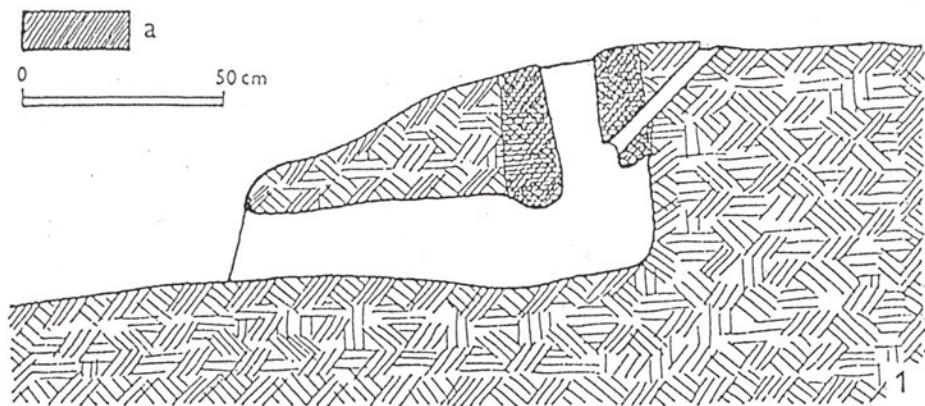
Tab. 5

- Tab. 5.* Schématické uspořádání areálu hutí s vtesanými zemními pecemi.
a - pece, *b* - dmýchací kanálky, *c* - hranice odpadových hald, *d* - navršená zemina. 1 - Olomučany - lesní odd. 98/3 (podle Souchopové 1986a, obr. 6); 2 - Hirschwang 1 (podle Mayrhofera-Hampla 1958, obr. 14); 3 - Želechovice u Uničova (podle Pleinera 1984, obr. 8).
- Pl. 5* Schematic disposition of iron-smelting workshops with underground bloomery furnaces with a long frontal tunnel.
a - furnaces, *b* - air-ducts, *c* - border of slag heaps, *d* - piled up soil. 1 - Olomučany - forest section 98/3 (after Souchopová 1986a, fig. 6); 2 - Hirschwang 1 (after Mayrhofer-Hampl 1958, fig. 14); 3 - Želechovice u Uničova (after Pleiner 1984, fig. 8).



Tab. 6

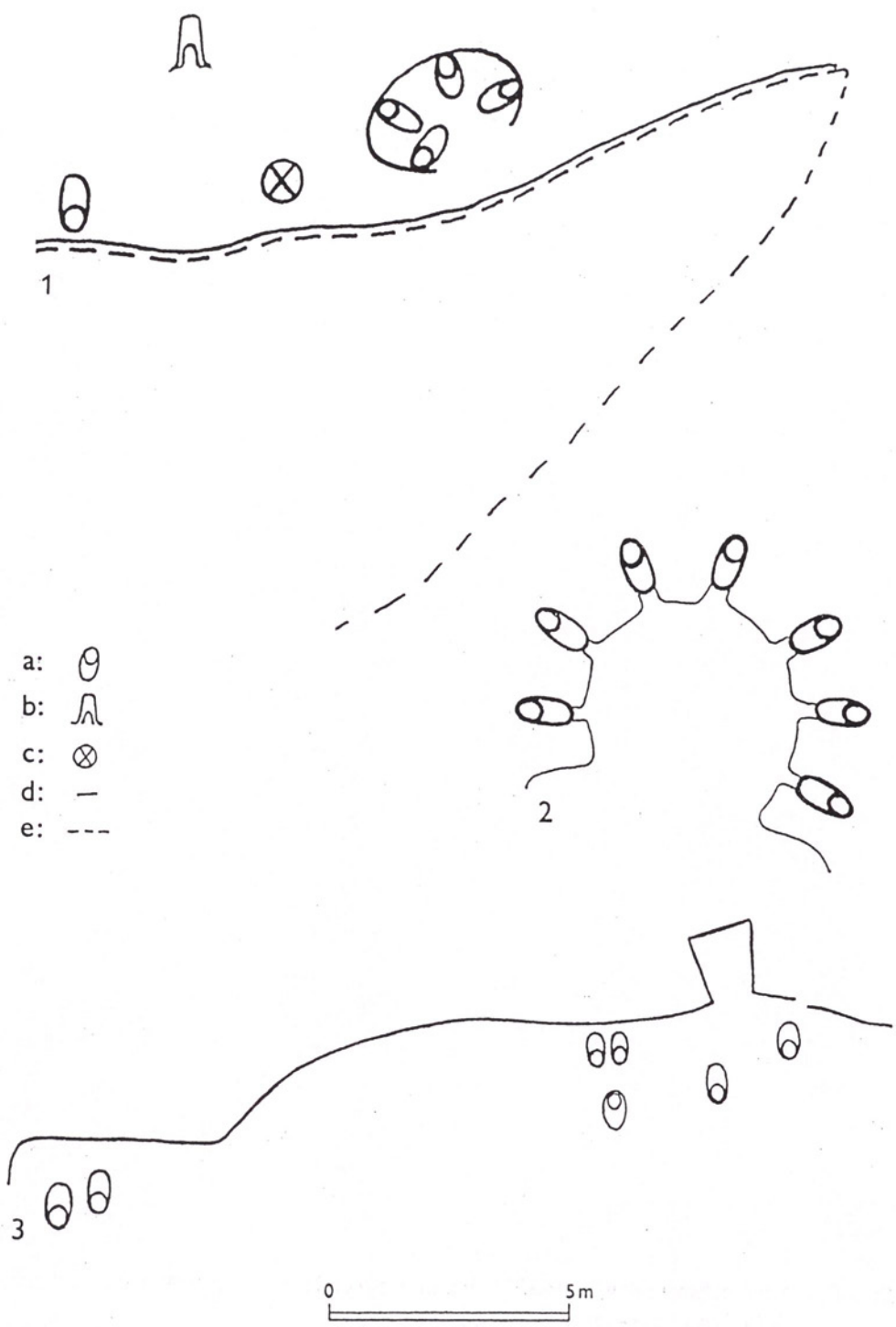
- Tab. 6.* Schématické půdorysy a řezy vtesanými zemními pecemi s hrudním tunelem z různých lokalit. *a* - kámen
1-3 Hajvoron (podle Bidzilji 1963, obr. I - pec 2, obr. II - pece 17 a 18);
4 Želechovice (podle Pleinera 1984, obr. 7B); 5 Jutanovka, (podle Afanasjeva - Nikolajenka 1982, obr. 3).
- Pl. 6* Schematic groundplans and cross-sections of the underground furnaces from various sites. *a* - stone.
1-3 Hajvoron (after Bidzilja 1963, fig. I - furnace 2, fig. II - furnaces 17 and 18); 4 Želechovice (after Pleiner 1984, fig. 7B); 5 Jutanovka, (after Afanasjev-Nikolajenko 1982, fig. 3).



Tab. 7

Tab. 7. Schematické řezy vtesanými zemními pecemi s hrudním tunelem. *a* - kámen
1-3 Olomučany - lesní oddělení 98/2, pece 3,4,1.

Pl. 7 Schematic cross-sections of the underground bloomery furnaces with a long
frontal tunnel. *a* - stone.
1-3 Olomučany - forest section 98/2, furnaces 3,4,1.



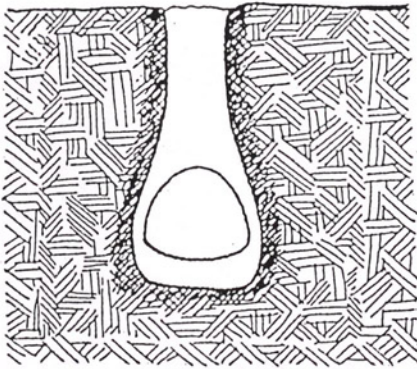
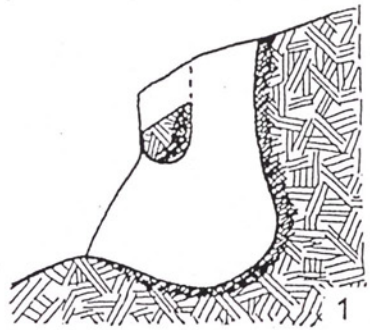
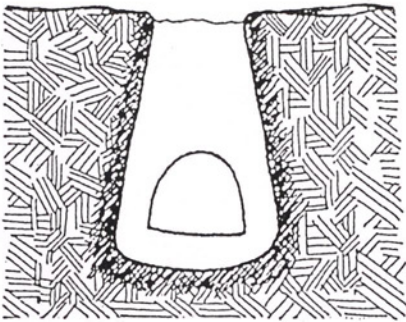
Tab. 8

Tab. 8. Schématické uspořádání areálů hutí s vestavěnými pecemi s tenkou hrudí. *a* - vestavěné pece s tenkou hrudí, *b* - nadzemní šachtové pece s mělce zahloubenou nístějí, *c* - vyhříváčka, *d* - hranice terasy dílny, *e* - hranice odpadových hald.

1 Olomučany - lesní odd. 98/1 (podle Souchopové 1986a, obr. 10); *2* Praha - Košíře Kotlářka (podle Pleinera 1984, obr. 8); *3* Trisz (podle Novákiho 1969, obr. 17).

Pl. 8 Schematic disposition of bloomery works with embanked furnaces with thin frontal wall. *a* - embanked furnaces with thin frontal wall, *b* - free standing shaft furnaces with shallow hearth, *c* - reheating hearth, *d* - border of work terrace, *e* - border of slag heaps.

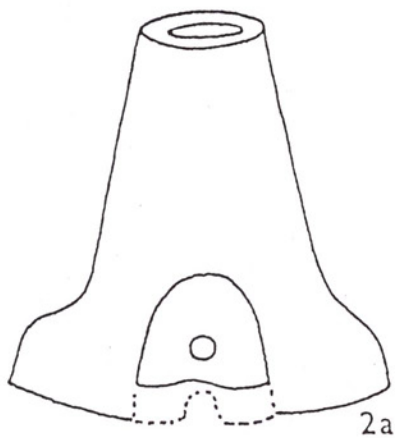
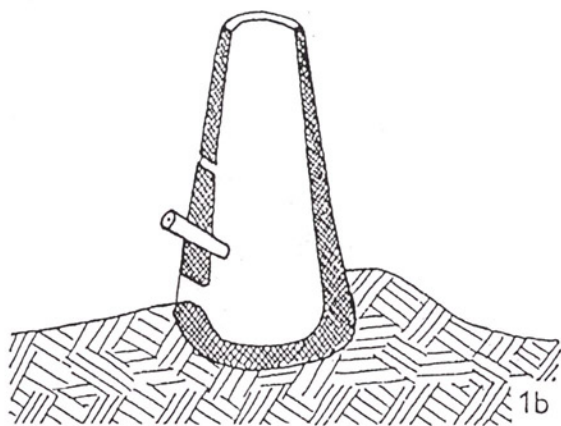
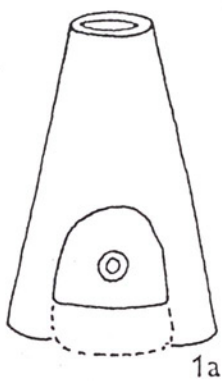
1 Olomučany - forest section 98/1 (after Souchopová 1986a, fig. 10); *2* Praha - Košíře Kotlářka (after Pleiner 1984, fig. 8); *3* Trisz (after Nováki 1969, fig. 17).



0 50 cm

Tab. 9

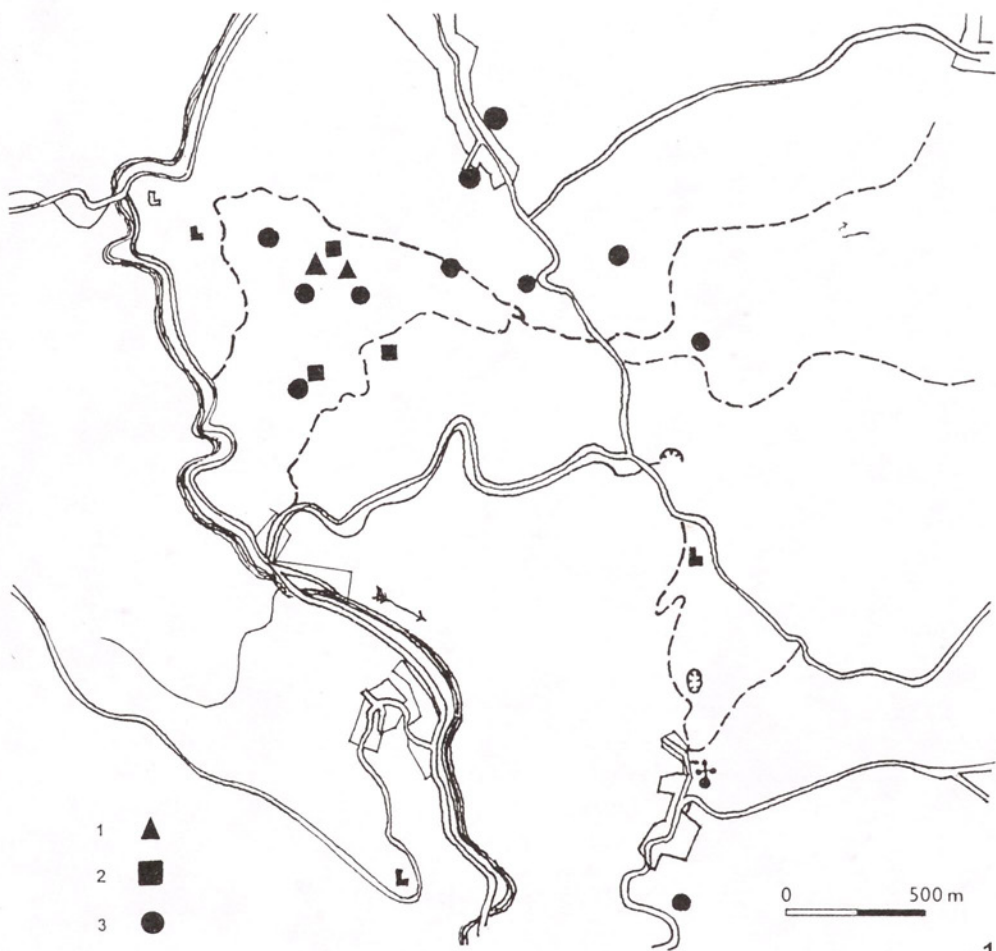
- Tab. 9.* Vestavěné pece s tenkou hrudí - čelní pohledy a řezy.
1 Olomučany - lesní odd. 98/1, pec 1 (podle Souchopové 1986a, obr. 28:4);
2 - 3 Imola, pece 2 a 3 (podle Heckenasta-Novákiho-Vastagha-Zoltaye 1968,
obr. 4:2, obr. 10:1).
- Pl. 9* Embanked furnaces with thin frontal wall - frontal views and cross-sections.
1 Olomučany - forest section 98/1 (after Souchopová 1986a, fig. 28:4);
2 - 3 Imola, furnaces 2 and 3 (after Heckenast-Nováki-Vastagh- Zoltay 1968,
fig. 4:2, fig. 10:1).



Tab. 10

Tab. 10. Rekonstrukce vzhledu nadzemních šachtových pecí s mělkou nístějí.
1a-b Nemeskér (podle Gömöriho 1975, tab. 2:II); *2a-b* Olomučany - lesní
odd. 98/1 (podle Souchopové 1986a, obr. 13:3, 3a).

Pl. 10 Reconstruction of free standing shaft furnaces with shallow hearth.
1a-b Nemeskér (after Gömöri 1975, pl. 2:II); *2a-b* Olomučany - forest
section 98/1 (after Souchopová 1986a, fig. 13:3, 3a).



Tab. 11

Tab. 11. 1. Mapka hutnických dílen ve střední části Moravského krasu, o. Blansko. 1 - 8 století, 2 - 9. století, 3 - 10.-11. století n.l.
2. Čelní pohled na část baterie pecí (8. století). Olomučany - lesní odd. 98/3, o. Blansko.

Pl. 11 1. Distribution map of bloomery works in the central part of the Moravian Karst. 1 - 8th century, 2 - 9th century, 3 - 10th - 11th centuries.
2. The frontal view of the part of furnaces battery (8th century). Olomučany, forest section 98/3, district Blansko.



Tab. 12

Tab. 12. Olomučany - lesní odd. 98/3, o. Blansko. Dílna s vtesanými zemními pecemi s hrudním tunelem (8. století).

1 pece 1-3; *2* pece 4-7.

Pl. 12 Olomučany - forest section 98/3, discript Blansko. The workshop with underground bloomery furnaces with long frontal tunnel (8th century).

1 Furnaces 1-3; *2* Furnaces 4-7.



1

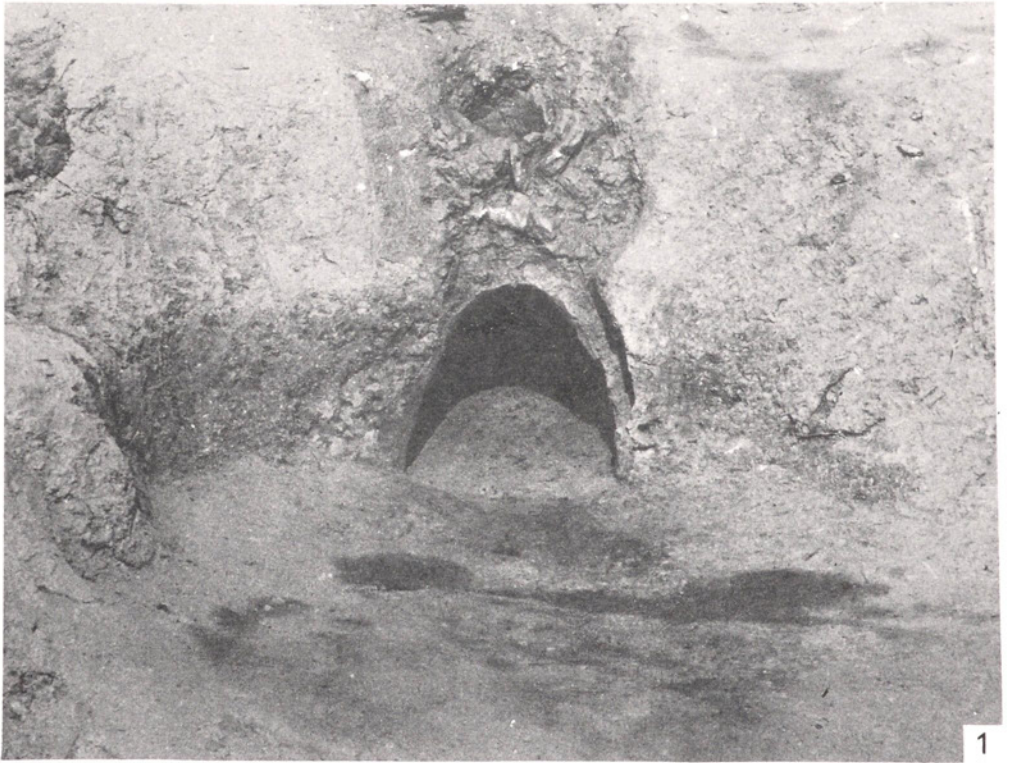


2

Tab. 13

Tab. 13. 1 Hutnická dílna v les. odd. 98/3, Olomučany, o. Blansko. Část konstrukce vtesané zemní pece 8 s šikmým vzduchovodem v zadní stěně šachty. 2 Hutnická dílna v les. odd. 98/1, Olomučany, o. Blansko. Pozůstatky nadzemní šachtové pece VIII.

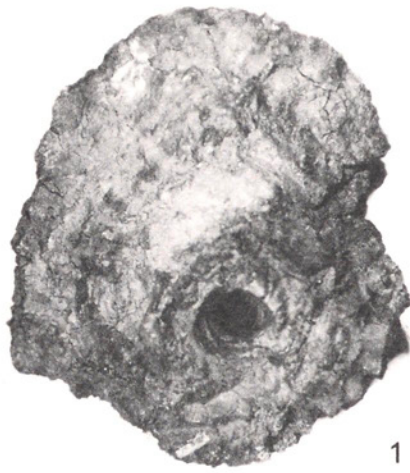
Pl. 13 1 Bloomery works in the forest section 98/3, Olomučany, district Blansko. Part of construction of the underground bloomery furnace 8 with oblique air inlet in the rear shaft side. 2 Bloomery works in the forest section 98/1, Olomučany, district Blansko. Remains of free standing shaft furnace VIII with shallow hearth.



Tab. 14

Tab. 14. Hutnická dílna v polesí Olomučany, les. odd. 98/1, o. Blansko.
1 Vestavěná pec s tenkou hrudí IX; 2 Pozůstatky nístější nadzemních šachtových pecí VI a VII.

Pl. 14 Bloomery works in the forest section 98/1, Olomučany, district Blansko.
1 Embanked furnace with thin frontal wall IX; 2 Remains of hearths of free standing shaft furnaces VI and VII.



1



2

Tab. 15

Tab. 15. Hutnická dílna v polesí Olomučany, les. odd. 98/1, okres Blansko.
1 Pozůstatek dyznového panelu; *2* Týž dyznový panel vložený do formového otvoru vestavěné pece s tenkou hrudí.

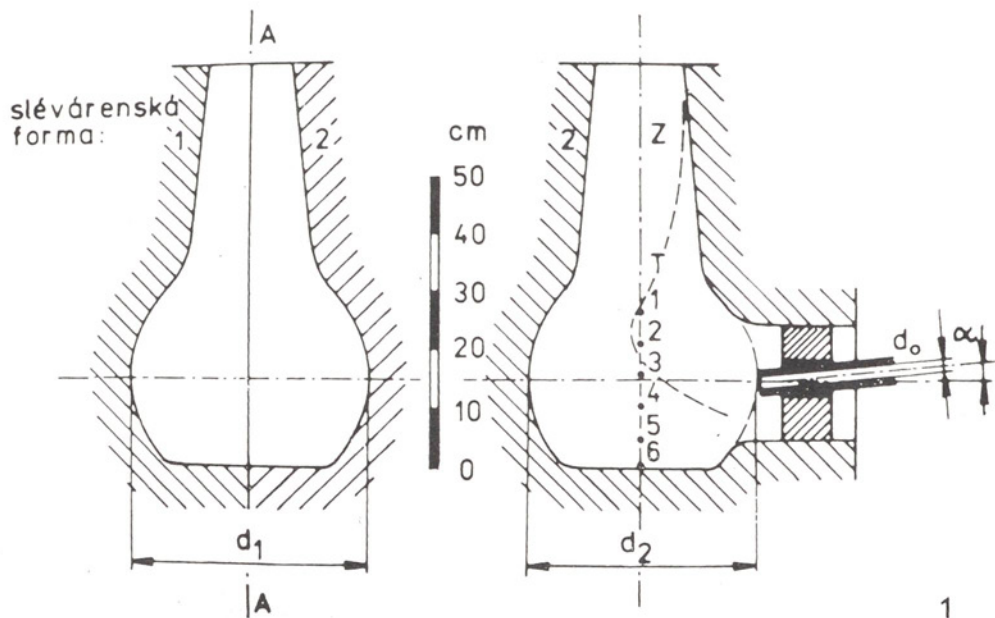
Pl. 15 Bloomery works in the forest section 98/1, Olomučany, district Blansko.
1 Remains of the closing front-wall panel; *2* The same one into the gate of embanked furnace with thin frontal wall.



Tab. 16

Tab. 16. Hutnická dílna v polesí Olomučany, lesní odd. 98/1, okres Blansko. Středový vertikální řez vestavěnou pecí s tenkou hrudí č. I s vyznačeným obrysem vnitřní konstrukce pece a dochované části hruďní stěny.

Pl. 16 Bloomery works in the forest section 98/1, Olomučany, district Blansko. Cross-section of embanked furnace I with thin frontal wall. The inner construction drawn by contour.



Tab. 17

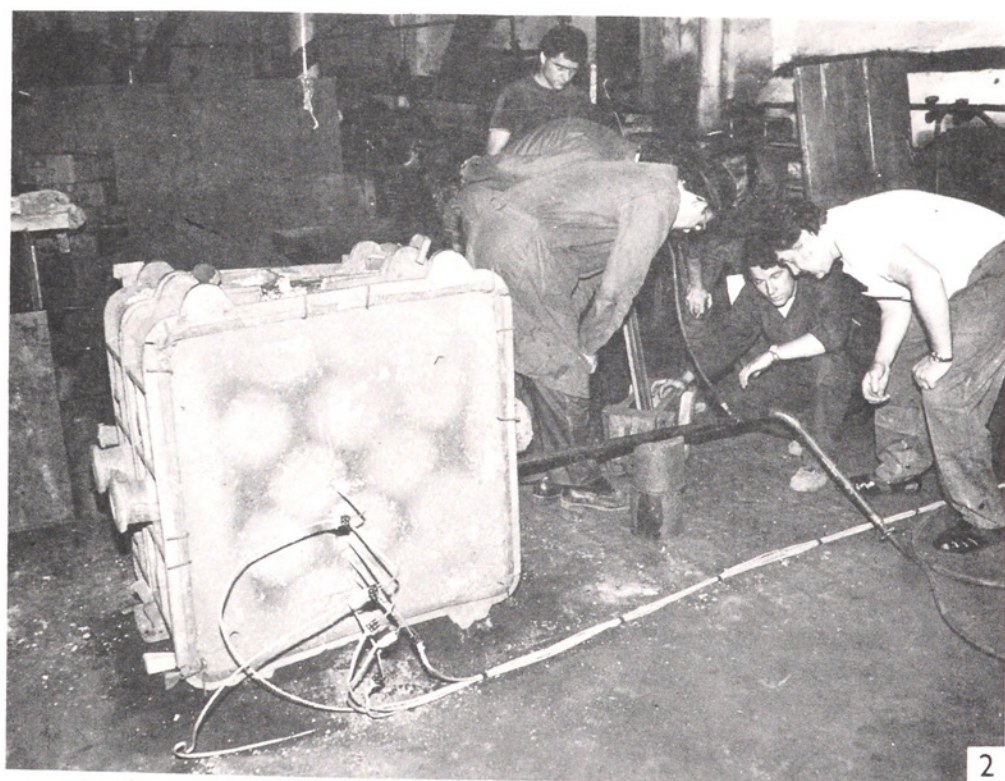
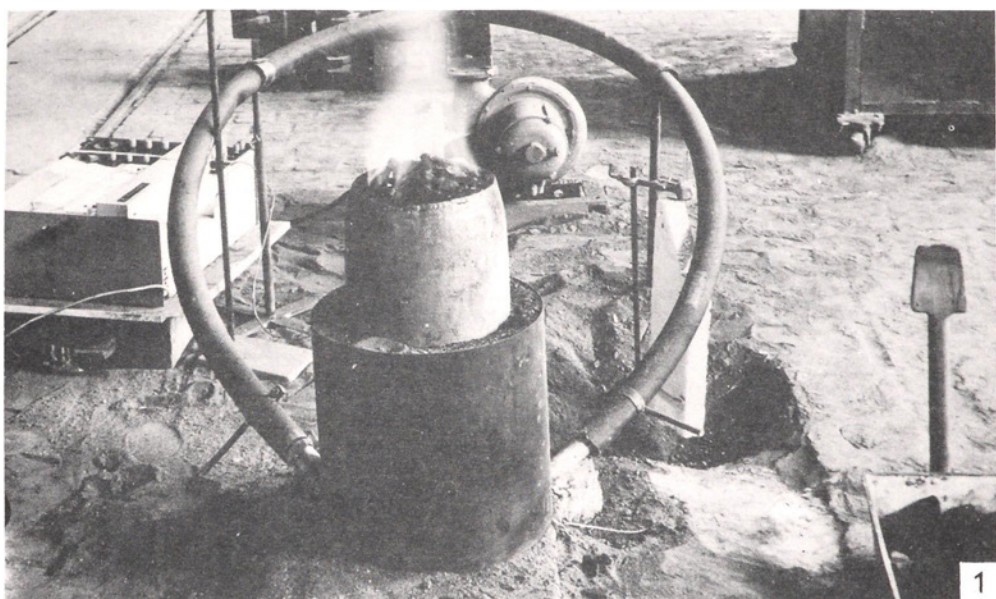
Tab. 17. 1 Základní tvar vestavěné dýmačky s tenkou hrudí použitý pro výrobu experimentálních pecí.

Vysvětlivky: d_1 d_2 - délka os eliptického průřezu nístěje v úrovni ústí dyzny, d_0 - vnitřní průměr dyzny, α - úhel odklonu osy dyzny od vodorovné roviny.

2 Hutnická dílna v polesí Olomučany, lesní trať "Nad Vyškůvkou," okres Blansko. Pozůstatky vestavěné pece s tenkou hrudí I.

Pl. 17 1 The basic shape of the embanked furnace with thin frontal wall used to the experimental smeltings. *The symbols:* d_1 d_2 - the axes of the internal cut of the furnace; d_0 - the diameter of the tube; α - the angle between the horizontal direction of the air blowing.

2 Bloomery works near Olomučany, at a place called "Nad Vyškůvkou." Remains of the embanked furnace with thin frontal wall I.



Tab. 18

- Tab. 18.* 1 Experimentální redukční pec - laboratorní rekonstrukce nadzemní šachtové pece s hlubší nístějí. Rekonstrukce provedena na základě nálezů z mladohradištní hutnické dílny v Olomučanech, Růžové ulici, o. Blansko.
2 Rekonstrukce vestavěné velkomoravské dýmačky s tenkou hrudí dle nálezů z hutě v polesí obce Olomučany, lesní odd. 98/1, o. Blansko.
- Pl. 18* 1 Experimental iron-smelting furnace - lab reconstruction of slag-pit furnace. According to the find of Růžová street 591/2-3, district Blansko.
2 Reconstruction of embanked furnace with thin front wall. According to the find of Olomučany, forest section 98/1, district Blansko.



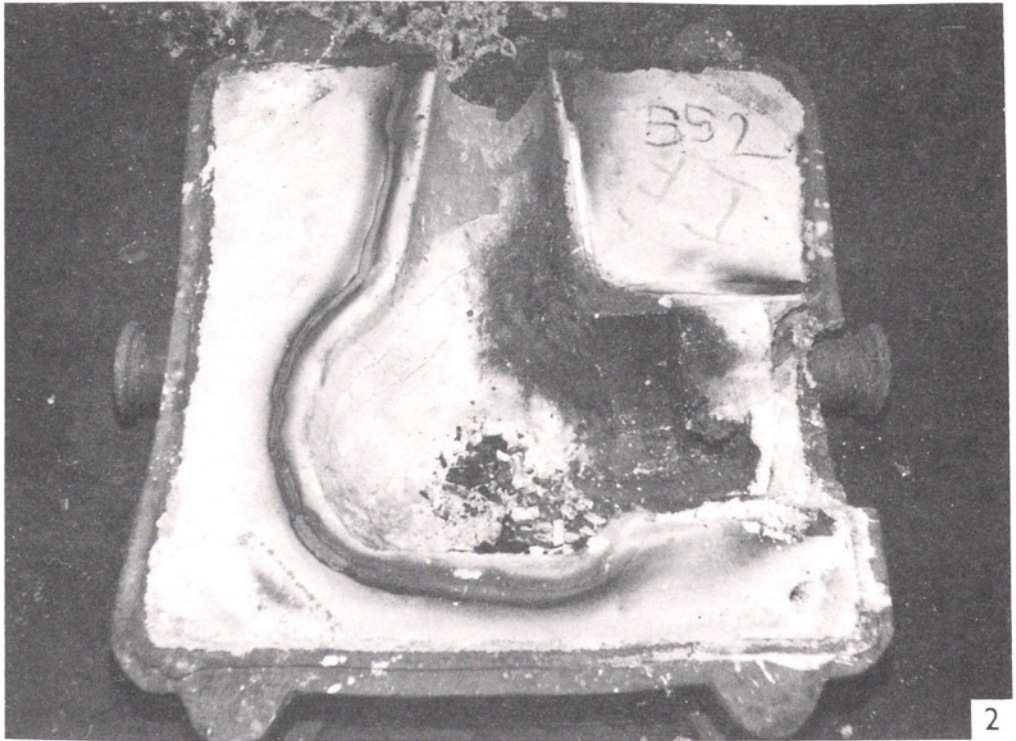
Tab. 19

- Tab. 19.* 1 Olomučany, les. odd “U Máchova pomníku”, o. Blansko. Nístěj nadzemní šachtové pece I, 10. - 11. století.
2 Olomučany, Růžová ulice 591/2-3, okres Blansko. Nístěj nadzemní šachtové pece II, 10. - 11. století.

- Pl. 19* 1 Olomučany, at forest place called “U Máchova pomníku”, district Blansko. Hearth of free-standing furnace I, 10th - 11th centuries.
2 Olomučany, Růžová street 591/ 2-3, district Blansko. Hearth of slag-pit furnace II, 10th - 11th centuries.



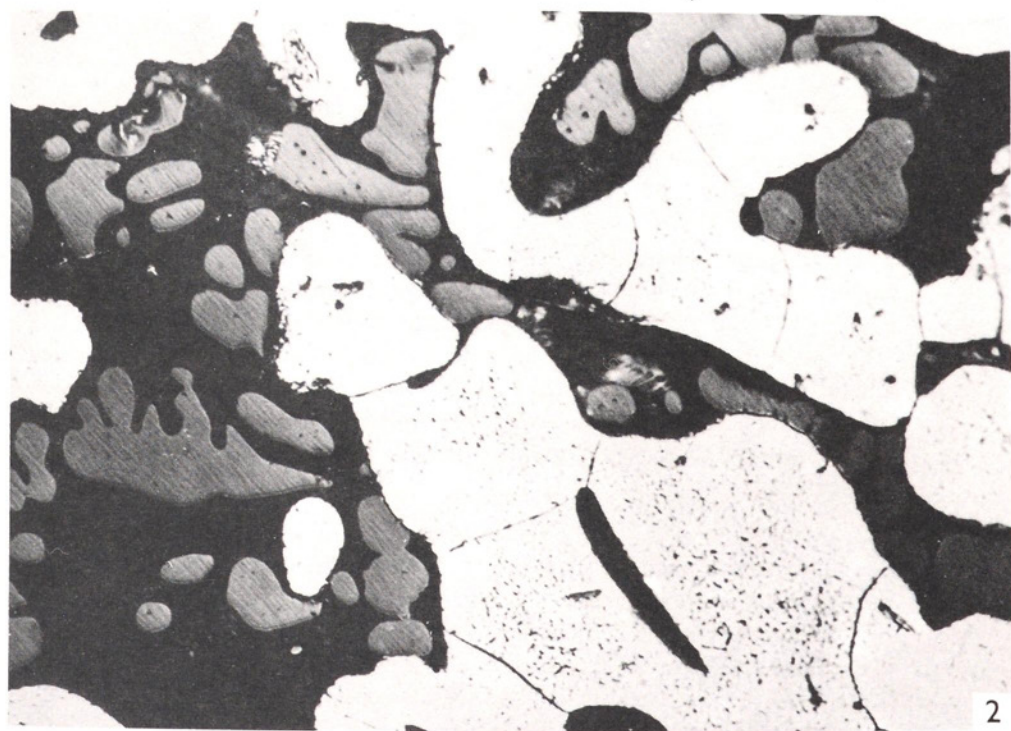
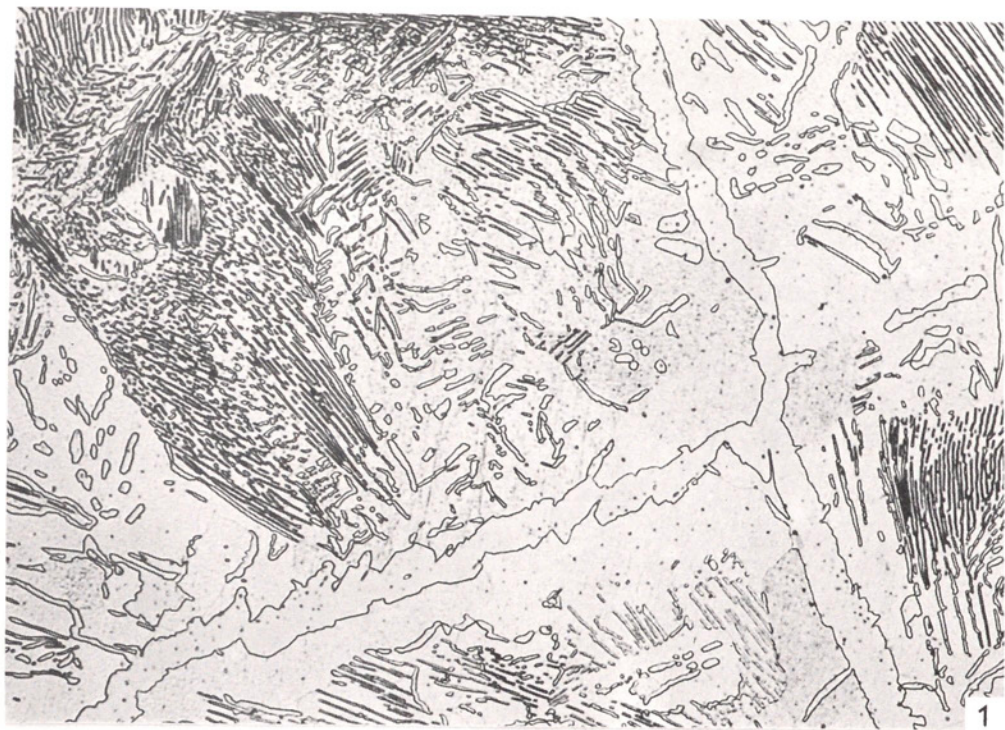
1



2

Tab. 20

- Tab. 20.* 1 Bochníkovitá železná lupa se zásekem, připraveno pro metalografické šetření. Nalezena ve velkomoravské huti v polesí Olomučany, les. odd. 98/1, o. Blansko. Průměr 110 mm, váha 2 452 g.
2 Polovina experimentální pece - vestavěná dýmačka s tenkou hrdí, tavba BS 2 (Souchopová - Král - Čípek - Stránský 1985).
- Pl. 20* 1 Loaf-shaped bloom, ready for metallographic analysis. Great Moravian bloomery works at Olomučany, forest section 98/1, district Blansko. Average 110 mm, weight 2 452 g.
2 A half of experimental furnace - embanked furnace with thin frontal wall. Smelt BS 2 (Souchopová - Král - Čípek - Stránský 1985).



Tab. 21

Tab. 21. Mikrostruktura železného houbovitého produktu vyrobeného při experimentálních tavbách v nadzemní šachtové peci rekonstruované na základě nálezů z mladohradištní dílny v Olomučanech, Růžové ulici, o. Blansko.

1 Lamelární perlit s jehlicemi cementitu, uloženo v bílé se zobrazující feritické hmotě. Experiment č. IV, leptáno Nitalem, zvětšeno 600x; *2* Granule čistého železa (světlé útvary) vyloučené jako důsledek částečné redukce chudších limonických rud na způsob nespojitého skeletu. Experiment č. I, leptáno Nitalem, zvětšeno 530x.

Pl. 21 The microstructure of the iron product from the experimental furnace. The iron furnace was reconstructed on the base of the discovery at Olomučany, Růžová street, district Blansko.

1 The lamellar pearlite and the needle of the cementite. Etching solution: nital. Magnification: 600x; *2* The dendrite of the pure iron (white) and the slag. The structure of the slag consists with the wüstite (gray) and fayalite (dark). Etching solution: nital. Magnification 530x.

Nital = the etching solution consists with 3 ccm HNO₃ and 100 ccm ethyl alcohol.



1



2

Tab. 22

Tab. 22. 1 Olomučany, lesní trať "U Máchova pomníku", o. Blansko. Ukázka typické dyzny z lokality (skutečná délka 130 mm, 10.-11. století n. l.)
2 Habrůvka, lesní trať Padouchov, o. Blansko. Pohled na část kutacího pole poblíž mladohradištní hutnické dílny.

Pl. 22 1 Olomučany, at forest place called "U Máchova pomníku", district Blansko. Fragment of typical tuyere (real length 130 mm, 10th - 11th centuries).
2 Habrůvka, forest section called "Padouchov", district Blansko. A part of opencast bell-pit field near of the bloomery works from 10th - 11th centuries.



1



2

Tab. 23

- Tab. 23.* 1 Železná lupa z hutnické dílny v Olomučanech, Růžové ulici 591/ 2-3, o. Blansko. Váha 3 150g, 150 x 100 mm, výška 70 mm, 10. - 11. století.
2 Kovářský štítek. Huť v Habrůvce, lesní trať Padouchov, o. Blansko, 10. - 11. století. Skutečná výška 200 mm.
- Pl. 23* 1 The bloom from bloomery works at Olomučany, Růžová street 591/ 2-3, district Blansko. Weight 3 150 g, 150 x 100 mm, height 70 mm, 10th - 11th centuries.
2 Protecting hearth shield. The bloomery works at Habrůvka, forest place "Padouchov", district Blansko, 10th - 11th centuries. Real height 200 mm.

OBSAH

Předmluva.....	3
I. Hutnictví železa na západní a centrální Ukrajině v době před historickým vystoupením Slovanů.....	6
II. Prameny k hutnictví železa u západních Slovanů.....	12
1. Pece vtesané do terénu.....	13
2. Vestavěné pece s tenkou hrudí.....	20
3. Nadzemní šachtové pece s mělkou nístějí a velkým formovým panelem.....	26
4. Renesance šachtových pecí se zahloubenou nístějí na Moravě.....	30
III. Hutnické dílny a organizace práce. Společenské otázky.....	35
IV. Těžba, úprava a příprava surovin.....	40
1. Zdroje železné rudy.....	40
2. Obohacování rudy před tavnou.....	45
3. Dřevěné uhlí.....	46
4. Stavební materiály - jíly, písek, kámen.....	48
V. Hutnický proces a přínos experimentu v jeho poznání.....	50
VI. Vztah hutnické a kovářské práce.....	61
1. Prvotní zpracování houbovitého železa v hutích.....	61
2. Zpracování železa mimo hutě - kovářny.....	63
VII. Produkty slovanských hutí.....	68
1. Železné lupy.....	68
2. Polotovary a směnné prostředky - hřivny.....	70
3. Jiné formy polotovaru.....	72
VIII. Nástroje a nářadí hutnických dílen.....	74
IX. Závěr.....	77
Seznam literatury.....	85
Seznam zkratk použitých literatury.....	99
The Beginnings of the Metallurgy of Iron among Western Slavs in the Light of Sources from Moravia (Summary).....	100

PhDr. Věra Souchopová, CSc.

Počátky západoslovanského hutnictví železa ve světle pramenů z Moravy

STUDIE ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU
AKADEMIE VĚD ČR V BRNĚ
ROČNÍK XV, SVAZEK 1

Vydal Archeologický ústav AV ČR v Brně
Brno 1995

Návrh obálky Alice Del Maschio

Redaktorka publikace PhDr. Dagmar Jelínková, CSc.

Techničtí redaktoři Alice Del Maschio, Bohumil Prudký

Vydání 1. - 124 str., 23 tab.

Vytiskl Archeologický ústav AV ČR v Brně, tiskárna Arch Brno

Náklad 400 výtisků

NABÍDKA PRODEJNÝCH PUBLIKACÍ ARCHEOLOGICKÉHO ÚSTAVU AV ČR V BRNĚ

Studie Archeologického ústavu Československé akademie věd v Brně

- I 4. Marie Kostelíková: Velkomoravský textil v archeologických nálezech na Moravě. 1972 (54 s., 12 tab., něm. rės.)
5. Jiří Řihovský: Význam moravských bronzových nožů pro chronologii mladší a pozdní doby bronzové. 1972 (84 s., 14 tab., něm. rės.)
- II 5. Jiří Pavelčík: Eneolitická sídliště Uherský Brod/Kyčkov a Havřice/cihelna. 1974 (78 s., 15 tab., něm. rės.)
- III 3. Zdeněk Smrž: Enkláva lužického osídlení v oblasti Boskovské brázdy. 1975 (69 s., 20 tab., něm. rės.)
4. Emanuel Opravil: Archeobotanické nálezy z městského jádra Uherského Brodu. 1976 (60 s., 8 tab., něm. rės.)
- IV 3. Blanka Kavánová: Slovanské ostruhy na území Československa. 1976 (103s., 20 tab., něm. rės.)
- V 1. Václav Čupr - Ladislav Págo: Záchranné úpravy kovových archeologických nálezů. 1977 (87 s., něm. rės.)
2. Jaroslav Malina: System of Analytical Archaeography. 1977 (141s., 18 tab.)
- VII 1. Pavel Košťufík: Neolitické sídliště s malovanou keramikou u Jaroměřic n. R.. 1979 (76 s., 9 obr., 24 tab., něm. rės.)
- VIII 1. Jaroslav Malina: Metody experimentu v archeologii. 1980 (175 s., 32 obr., angl. rės.)
2. Josef Unger a kol.: Pohofelice-Klásterka. Pravěké sídliště, slovanská osada a zaniklá středověká ves. 1980 (114 s., 8 tab., 33 obr., něm. rės.)
3. Bohuslav Klíma: Zámečnická práce staromoravských kovářů v Mikulčicích. 1980 (105 s., 43 obr., něm. rės.)
- IX 1. Jiří Svoboda: Křemencová industrie z Ondratíc. 1980 (109 s., 40 obr., 4 tab., angl. rės.)
2. Stanislav Stuchlík: Osídlení jeskyň ve starší a střední době bronzové na Moravě. 1981 (60 s., 18 obr., 8 tab., něm. rės.)
3. Zdeněk Kratochvíl: Tierknochenfunde aus der grossmährischen Siedlung Mikulčice 1. Das Hausschwein. 1981 (147 s., 56 tab.)
- X 1. Jiří Řihovský: Základy středodunajských popelnicových polí na Moravě. 1982 (185 s., 70 tab., něm. rės.)
2. Bořivoj Dostál: K časné slovanskému osídlení Břeclavi-Pohanska. 1982 (82 s., 24 obr., 8 tab., něm. rės.)

Sborníky Archeologického ústavu Československé akademie věd v Brně

II. Františku Vildomcovi k pětáosmdesátinám. Brno 1963 (131 s., 29 tab.)

III. Karlu Tihelkovi k pětádesátinám. Brno 1963-1964 (275 s., 52 tab.)

IV. Za Luborem Niederlem po dvaceti letech. Brno 1965 (35 s.)

Josefu Poulíkovi k šedesátinám. Brno 1970 (152 s., obr.)

Sborník k 80. narozeninám Josefa Poulíka. Pravěké a slovanské osídlení Moravy. Brno, 1990 (430 s., obr.)

Monografie

Pavel Kouřil: Slovanské osídlení českého Slezska. Brno, Archeologický ústav 1994 (220 s., 86 obr., 15 tab.)

Přehled výzkumů

1962, Brno 1963, 77 s., 30 tab.	1976, Brno 1978, 140 s., 35 tab., 75 obr.
1966, Brno 1967, 134 s., 58 tab.	1977, Brno 1980, 123 s., 45 obr.
1968, Brno 1970, 147 s., 67 tab.	1978, Brno 1980, 76 s., 12 tab., 30 obr.
1969, Brno 1971, 86 s., 42 tab.	1979, Brno 1981, 83 s., 13 tab., 32 obr.
1970, Brno 1971, 148 s., 64 tab.	1980, Brno 1982, 66 s., 8 tab., 35 obr.
1971, Brno 1972, 266 s., 118 tab.	1984, Brno 1987, 100 s., 11 tab., 32 obr.
1872, Brno 1973, 184 s., 76 tab.	1985, Brno 1987, 114 s., 20 tab., 26 obr.
1973, Brno 1974, 251 s., 122 tab.	1987, Brno 1990, 142 s., 15 tab., 40 obr.
1974, Brno 1975, 100 s., 83 tab.	1990, Brno 1993, 147 s., 35 tab.
1975, Brno 1977, 110 s., 35 tab., 51 obr.	1991, Brno 1993, 134 s., 24 tab.

Spisy Archeologického ústavu Akademie věd České republiky v Brně

- I. Markomannenkriege - Ursache und Wirkungen. Brno, Archeologický ústav 1994 (514 s., obr., tab.)
- II. Studien zum Burgwall von Mikulčice 1. Brno, Archeologický ústav 1995 (469 s., obr., tab.)
- III. Kelten, Germanen, Römer in Mitteldonauegebiet vom Ausklang der Latène-Zivilisation bis zum 2. Jahrhundert. Brno, Archeologický ústav 1995 (280 s., obr., mp.)
- IV. Slawische Keramik in Mitteleuropa vom 8. bis zum 11. Jahrhundert. Terminologie und Beschreibung. In: Internationale Tagungen in Mikulčice 2. Brno, Archeologický ústav 1995 (230 s., obr.)

Internationale Tagungen in Mikulčice

- I. Slawische Keramik in Mitteleuropa vom 8. bis zum 11. Jahrhundert. Forschungsprobleme des frühen Mittelalters. Brno, Archeologický ústav 1994 (294 s., obr., mp.)

Dolnověstonické studie

- I. Jiří Svoboda a kol.: Paleolit Moravy a Slezska. Brno, Archeologický ústav 1994 (209 s., 89 obr., 56 tab.)

Fontes Archaeologiae Moravicae

- III. Milan Stloukal: Mikulčice. Antropologický materiál z 1. pohřebiště - Anthropologisches Material aus der 1. Begräbnisstätte. Brno 1962 (100 s., 36 tab.)
- VIII. Karel Absolon - Bohuslav Klíma: Předmostí ein Mammutjägerplatz in Mähren. Praha 1977 (216 s., 210 tab.)
- X. Vít Dohnal: Kultura lužických popelnicových polí na východní Moravě. Brno 1977 (85 s., 75 obr., 5 tab.)
- XI. Jiří Meduna: Die latènezeitlichen Siedlungen und Gräberfelder in Mähren (Katalog). Brno 1980 (358 s., 96 tab.)
- XII. Jindra Nekvasil: Horákovské sídliště v Brně-Králově Poli. Brno 1979 (49 s., 69 tab.)
- XIV. Jindra Nekvasil: Pohřebiště lužické kultury v Moravičanech. Brno 1982, I. a II. díl (493 s., 364 tab.)
- XV. Jiří Řihovský: Das Urnengräberfeld von Podolí. Brno 1982 (81 s., 33 tab.)
- XIX. Anna Medunová-Benešová: Křepice, Bez. Znojmo. Äneolithische Höhensiedlung „Hradisko“. Katalog der Funde. Brno 1986 (70 s., 70 tab.)
- XX. Martin Geisler: Holubice. Pohřebiště z mladohradištního období. Brno 1986 (60 s., 35 tab., něm rés.)
- XXI. Karel Ludíkovský: Mistřín. Katalog nálezů z výzkumu v letech 1966-68. Brno 1986 (111 s., 20 tab.)
- XXII. Anna Medunová-Benešová - Petr Vituša: Siedlung der Jeví Lískovec (Bez. Brno-město). Brno 1994 (91 s., 32 tab.)

Objednávky vyřizuje Archeologický ústav AV ČR v Brně, 612 00 Brno,

Orders should be addressed to the Institute of Archaeology AS CR in Brno, 612 00 Brno